

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Агромеханический факультет

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПРОИЗВОДСТВЕ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

Сборник научных статей
Международной научно-практической конференции

(Минск, 2-3 июня 2015 года)

Минск
БГАТУ
2015

Инновационные технологии в производстве сельскохозяйственной продукции : сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Минск, 2-3 июня 2015 г. / под ред. В. Б. Ловкиса. – Минск : БГАТУ, 2015. – 628 с. – ISBN 978-985-519-706-6.

Издание включает научные статьи белорусских и зарубежных ученых, посвященные актуальным проблемам повышения эффективности разработки и применения сельскохозяйственной техники в АПК.

Под редакцией кандидата технических наук, доцента *В. Б. Ловкиса*

Редакционная коллегия:

Ловкис В. Б., канд. тех. н., доц., декан агромеханического факультета (гл. редактор);

Гедроить Г. И., канд. тех. н., доц., и.о. заведующего кафедрой тракторов и автомобилей;

Кольга Д. Ф., канд. тех. н., доц., заведующий кафедрой технологий и механизации животноводства;

Новиков А. В., канд. тех. н., доц., заведующий кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка;

Непарко Т. А., канд. тех. н., доц., доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

- 1 **О КОНЦЕПЦИИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА** (П.А. Амелеченко¹, д.т.н., И.Н. Жуковский¹, к.т.н., А.И. Жуковский², А.В. Ключников², А.В. Вацула³, к.т.н., ¹ОИМ НАН Беларуси, ²ОАО МТЗ, ³БелМИС, г. Минск, РБ) 17
- 2 **ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ-ИНЖЕНЕРОВ В АПК** (Н.Н. Романюк к.т.н., доцент, В.Б. Ловкис к.т.н., доцент, А.А. Шупилов, к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, РБ) 19
- 3 **ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТИЦ ЛИСТОСТЕБЕЛЬЧАТОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ ЗАГОТОВКЕ СИЛЮСА** (А.М. Лапотко, к.с.-х.н., доцент, СП «Унибокс» ООО, г. Минск, РБ) 25

Секция 1
МОБИЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
В ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

1	ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПОЧВЫ ПОД ПОСЕВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР (И.С. Крук, к.т.н., доцент, Ф.И. Назаров, аспирант, БГАТУ, г. Минск, РБ)	29
2	ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ (Г.И. Гедроить к.т.н., доцент, В.В. Михалков, ассистент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	33
3	ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОФИЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН (Г.И. Гедроить, к.т.н., доцент, А.Ф. Безручко, к.т.н., доцент, А.В. Захаров, к.т.н., доцент, Т.А. Варфоломеева, ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск, РБ)	38
4	УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС» (А.И. Бобровник ¹ , д.т.н., профессор, Т.А. Варфоломеева ² , ст. преподаватель, Г.И. Гедроить ² , к.т.н., доцент, А.В. Захаров ² , к.т.н., доцент, ¹ БНТУ, ² БГАТУ, г. Минск, РБ)	42
5	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНАЦИИ СИЛОВЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИИ В ОЧИСТНОМ ЦИКЛОННОМ АППАРАТЕ (А.В. Крутов, к.т.н., доцент, М.А. Бойко, ст. преподаватель, БГАТУ г. Минск, РБ)	47
6	ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ AVR В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА (И.А. Матвеев, к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	53
7	ИЗМЕНЕНИЕ КИНЕМАТИКИ НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА В ПОПЕРЕЧНОЙ ПЛОСКОСТИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ТРАКТОРА ОДНИМ БОРТОМ В БОРОЗДЕ (А.В. Захаров ¹ , к.т.н., доцент, А.В. Вацула ² , к.т.н., Т.А. Варфоломеева ¹ , ст. преподаватель, И.О. Захарова ¹ , ассистент, ¹ БГАТУ, г. Минск, ² Белорусская МИС, РБ)	58
8	ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПЛОТНОСТЬ ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫХ ПРИСАДОК (А.И. Петрашев, д.т.н., с.н.с., В.В. Клепиков, аспирант, М.А. Петрашева, аспирант, Ф.Д. Таха, аспирант, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, РФ)	62
9	ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЭФФЕКТА АКВАПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН (С.В. Занемонский, ассистент, И.О. Захарова, ассистент, И.И. Бондаренко, ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск, РБ)	68

10	ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРООТБОР МОЩНОСТИ – НОВОЕ В ТЕОРИИ И КОНСТРУКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА (П.А. Амелъченко, д.т.н., И.Н. Жуковский, к.т.н., ОИМ НАН Беларуси, А.В. Вацула, к.т.н., БелМИС, А.В. Ключников, ОАО МТЗ, А.В. Захаров, к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	74
11	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА (А.В. Захаров ¹ , к.т.н., А.В. Вацула ² , к.т.н., Г.И. Гедро-ить ¹ , к.т.н., доцент, И.О. Захарова ¹ , ассистент, ¹ БГАТУ, г. Минск, ² Белорусская МИС, РБ)	77
12	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАКТОРА (В.Е. Тарасенко, к.т.н., доцент, А.М. Губич, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	82
13	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА РАБОТУ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ (В.Е. Тарасенко, к.т.н., доцент, А.М. Губич, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	87
14	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ (А.Н. Карташевич, д.т.н., профессор, П.Ю. Малышкин, ассистент, БГСХА, Горки, РБ)	94
15	ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ НАГРЕВАТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОДЫ (А.А. Гончаров, к.т.н., доцент, М.С. Макарова, к.т.н., доцент, С.А. Леонов, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДонГАУ, г. Зерноград, РФ)	100
16	ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ (В.Е. Тарасенко, к.т.н., доцент, Н.Г. Шабуня, к.т.н., доцент, А.Ю. Раковец, магистрант, Т.А. Варфоломеева, ст. преподаватель, А.М. Губич, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	106
17	КИНЕМАТИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО АГРЕГАТА НА БАЗЕ ПОЛНОПРИВОДНОГО ТРАКТОРА (В.М. Головач, ассистент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	112
18	ВАЛ ОТБОРА МОЩНОСТИ ТРАКТОРА С БЕССТУПЕНЧАТЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ (Д.А. Жданко, к.т.н., доцент, А.В. Новиков, к.т.н., доцент, А.А. Зенько, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	118
19	О НЕОБХОДИМОСТИ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ОТБОРА МОЩНОСТИ ТРАКТОРА (Д.А. Жданко, к.т.н., доцент, В.Я. Тимошенко, к.т.н., доцент, А.В. Новиков, к.т.н., доцент, А.А. Зенько, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	121

20	ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ (Ю.И. Томкунас, к.т.н., доцент, Т.М. Чумак, ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск, РБ)	124
21	ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ПУСКОВЫЕ СВОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (А.П. Ляхов, к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	127
22	АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН (О.Л. Сапун, к.пед.н., доцент, Н.А. Сырокваш, ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск, РБ)	133

Секция 2

СОВРЕМЕННЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ: РАСЧЕТ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО

1	КОМБИНИРОВАННАЯ СЕЯЛКА ДЛЯ СОВМЕЩЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ВНУТРИПОЧВЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ (И.Н. Шило ¹ , д.т.н., профессор, Н.Н. Романюк ¹ , к.т.н., доцент, С.О. Нукешев ² , д.т.н., профессор, В.А. Агейчик ¹ , к.т.н., доцент, ¹ БГАТУ, РБ, ² Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Республика Казахстан)	140
2	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ СЕМЯН ЛУКА ПО УДЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ (В.М. Поздняков, к.т.н., доцент, С.А. Зеленко, аспирант, БГАТУ, Минск, РБ)	145
3	ОБОСНОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ ОБЪЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ (И.С. Крук ¹ , Т.П. Кот ¹ , О.В. Гордеенко ² , А. Марчук ³ , В. Романюк ⁴ , ¹ БГАТУ, г. Минск, РБ, ² БГСХА, г. Горки, РБ, ³ Университет природоведческий в Люблине, Республика Польша, ⁴ Институт технологических и естественных наук, отдел в Варшаве, Республика Польша)	151
4	ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО ВЕТРОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА К ОБОРУДОВАНИЮ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ (И.С. Крук ¹ , к.т.н., доцент, О.В. Гордеенко ² , к.т.н., доцент, Т.П. Кот ¹ , к.т.н., доцент, А. Марчук ³ , д.т.н., Я. Каминьский ⁴ , д.т.н., ¹ БГАТУ, г. Минск, РБ, ² БГСХА, г. Горки, РБ, ³ Университет природоведческий в Люблине, Республика Польша, ⁴ Варшавский университет естественных наук, Республика Польша)	158

- 5 **РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ** (С.Н. Герук¹, к.т.н., доцент, И.С. Крук², к.т.н., доцент, Г.Ф. Назарова², ст. преподаватель, ¹ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины, п. Глеваха, Украина, ²БГАТУ, г. Минск, РБ,) 165
- 6 **КОНЦЕПЦИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ЗНАКОВ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ РАЗМЕЩЕНИЮ НА ПРОЕКТИРУЕМЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ** (А.А. Шупилов¹, к.т.н., доцент, В.А. Шупилов², магистр техн. наук, ¹БГАТУ, ²«Алевкурп» ОАО, г. Минск, РБ) 171
- 7 **ОРИГИНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ УДОБРЕНИЙ** (С.О. Нукешев, д.т.н., доцент, А.Е. Жунусова, А.А. Шамганова, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Республика Казахстан) 178
- 8 **ОРИГИНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАССЕИВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ** (С.О. Нукешев¹, д.т.н., доцент, А.Е. Жунусова¹, А.А. Шамганова¹, Н.Н. Романюк², к.т.н., доцент, В.А. Агейчик², к.т.н., доцент, ¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Республика Казахстан; ²БГАТУ, г. Минск, РБ) 183
- 9 **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗЕРНА ИЗ СЛОЯ СОЛОМЫ РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РЕЖИМОВ ВСТРЯХИВАНИЯ** (А.В. Клочков, д.т.н., профессор, В.Ф. Ковалевский, магистр технических наук, аспирант, БГСХА, Горки, РБ) 186
- 10 **ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛОТИЛЬНОГО АППАРАТА С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ ПОДБАРАБАНЫЕМ** (В.В. Гусаров, ст. преподаватель, инженер, БГСХА, г. Горки, РБ) 191
- 11 **ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПОСЕВНОЙ ТЕХНИКИ** (Т.В. Бойко, к.т.н., доцент, Н.Л. Ракова, к.т.н., доцент, А.С. Яцкив, студент, В.С. Пуль, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ) 197
- 12 **АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ БОТВЫ КАРТОФЕЛЯ РОТОРНЫМ БОТВОДРОБИТЕЛЕМ** (С.Р. Белый, ст. преподаватель, Г.А. Радишевский, к.т.н., доцент, В.Н. Еднач, ст. преподаватель, А.А. Гончарко, ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск, РБ) 204
- 13 **К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ТИПА ДВИЖИТЕЛЕЙ КОРМОУБОРОЧНЫХ МАШИН ДЛЯ ПОЧВ С НИЗКОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ** (А.Д. Чететкин, к.т.н., доцент, Г.И. Гедроитш, к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, РБ) 210
- 14 **КАТУШЕЧНО-ЯЧЕИСТЫЙ ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ ДЛЯ ПОСЕВА СВЕКЛЫ** (Н.П. Гурнович, к.т.н., доцент, Г.Н. Портянко, к.т.н., доцент, М.Н. Гурнович, ст. преподаватель, А.И. Сазон, студент, А.В. Леонович, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ) 215

15	ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕПАРАЦИИ ПОЧВЫ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРИЕМНОЙ ЧАСТИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ (Г.А. Радишевский ¹ , к.т.н., доцент, С.Р. Белый ¹ , ст. преподаватель, В.В. Стуканов ² , В.В. Маркевич ¹ , студент, ¹ БГАТУ, г. Минск, РБ, ² ГТАУ, г. Гродно, РБ)	221
16	АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ОЧЕСЫВАЮЩИХ АППАРАТОВ ЛЬНУБОРОЧНЫХ МАШИН И ПУТИ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ (Г.А. Радишевский, к.т.н., доцент, С.Р. Белый, ст. преподаватель, А.В. Перевозников, аспирант, А.В. Мицевич, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	226
17	ЗАВИСИМОСТЬ ГЛУБИНЫ СЛЕДА ОТ ДАВЛЕНИЯ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ НА ПОЧВУ (А.Н. Орда ¹ , д.т.н, профессор, В.А. Шкляревич ¹ , ст. преподаватель, А.С. Воробей ² , С.А. Касько ¹ , Я.Р. Каминский ³ , ¹ БГАТУ, г. Минск, РБ, ² РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, РБ, ³ Варшавский аграрный университет, г. Варшава, Республика Польша)	231
18	ВЕРТИКАЛЬНОЕ РЫХЛЕНИЕ ПОЧВЫ - ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР (А.А. Зенов, ассистент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	237
19	ПРЯМОЙ ПОСЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ – БЛИЖАЙШАЯ РЕАЛЬНОСТЬ (Н.Д. Лепешкин, к.т.н., доцент, А.А. Точицкий, к.т.н., доцент, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, РБ)	242
20	АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРАБЛЕЙ-ВОРОШИЛКИ ГВЦ-3 (№7-61-83) И ВОРОШИЛКИ-ВСПУШИВАТЕЛЯ ВВР-7,5 (№077Б1/4-2008) (С.В. Крылов, к.т.н., доцент, В.Б. Ловкис, к.т.н., доцент, А.В. Иванов, магистрант, БГАТУ, г. Минск, РБ)	247
21	ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН (Ю.Т. Антонишин, к.т.н., доцент, А.В. Сокол, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	250
22	НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ САПР SOLID-WORKS ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН (А.Г. Вабищевич, к.т.н., доцент, Н.Н. Стасюкевич, ст. преподаватель, В.В. Маркевич, ст. преподаватель, Д.С. Пращеник, ассистент, А.Н. Стасюкевич, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	257
23	ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ САЕ-СИСТЕМЫ АРМ WIN_MACHINE (Н.Н. Стасюкевич, ст. преподаватель, Е.В. Плискевич, ст. преподаватель, Д.С. Шахрай, ассистент, А.Н. Стасюкевич, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	263

- 24 **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ИЗ ЛИСТОВОГО СОРТАМЕНТА В САПР «КОМПАС-3Д»** (Н.Н. Стасюкевич, ст. преподаватель, В.В. Носко, ст. преподаватель, Д.С. Шахрай, ассистент, А.Н. Стасюкевич, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ) 269
- 25 **ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЕВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР** (В.Б. Ловкис, к.т.н., доцент, Н.Н. Стасюкевич, ст. преподаватель, Е.В. Плискевич, ст. преподаватель, А.Н. Стасюкевич, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ) 274
- 26 **ГИДРОПРИВОД КОМБИНИРОВАННЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ-ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ С АКТИВНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ** (Е.В. Плискевич, ст. преподаватель, Н.Н. Стасюкевич, ст. преподаватель, А.Н. Стасюкевич, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ) 279
- 27 **ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПРИЦЕПОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ** (С.В. Крылов, к.т.н., доцент, В.В. Носко, ст. преподаватель, Л.А. Абрамчик, ст. преподаватель, А.К. Бутько, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ) 285
- 28 **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОСЕВНЫХ МАШИН В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ** (С.В. Крылов, к.т.н., доцент, В.В. Носко, ст. преподаватель, В.В. Маркевич, ст. преподаватель, Ю.Н. Бабак, аспирант, БГАТУ, г. Минск, РБ) 290
- 29 **К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЛЬНОТРЕСТЫ** (М.Н. Трибуналов, к.т.н., доцент, С.И. Оскирко, к.т.н., доцент, Н.Д. Янцов, к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск) 293
- 30 **ЛИНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ КАССЕТ СУБСТРАТОМ И ВЫСЕВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР** (А.А. Аутко, д.с.-х.н., А.А. Шупилов, к.т.н., доцент, М.Б. Гарба, аспирант, БГАТУ, г. Минск, РБ) 297
- 31 **КЛАССИФИКАЦИЯ ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ ДЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В КАССЕТЫ** (А.А. Шупилов, к.т.н., доцент, М.Б. Гарба, аспирант, БГАТУ, г. Минск, РБ) 300
- 32 **ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЕМЕХОВ НАВЕСНЫХ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН** (Г.Н. Портянко, к.т.н., доцент, Н.П. Гурнович, к.т.н., доцент, Е.Г. Гронская, А.И. Артюшевский, Ю.Н. Рогальская, Е.М. Гаврилик, БГАТУ, г. Минск, РБ) 305
- 33 **К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ РОЛИКОВЫХ СОРТИРОВАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ** (Ю.М. Урамовский, к.т.н., В.Н. Еонач, ст. преподаватель, Д.Н. Бондаренко, ст. преподаватель, С.Р. Белый, ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск, РБ) 311
- 34 **ПРИБОРНОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХИМЗАЩИТНЫХ РАБОТ** (Л.Я. Степук¹, д.т.н., профессор, А.А. Жешко¹, к.т.н., А.А. Шупилов², к.т.н., доцент, ¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ²БГАТУ, г. Минск, РБ) 315

35	АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ РЕАКЦИИ НА БАШИМАКЕ АДАПТЕРА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА (В.Б. Попов, к.т.н., доцент, УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, РБ)	322
36	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ (А.А. Тиунчик, к.ф.-м.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	328
37	РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ СПЛОШНОЙ ОБРАБОТКИ СТЕРНИ (Е.В. Сливинский, д.т.н., профессор, С.Ю. Радин, к.т.н., доцент, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, г. Елец, РФ)	334
38	ОРИГИНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО МАШИНЫ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ (И.Н. Шило ¹ , д.т.н., профессор, Н. Н. Романюк ¹ , к.т.н., доцент, С.О. Нукешев ² , д.т.н., профессор, В.А. Агейчик ¹ , к.т.н., доцент, К.В. Сашко ¹ , к.т.н., доцент, ¹ БГАТУ, РБ, ² Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Республика Казахстан)	339
39	ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ (Р.И. Фурунжиев, к.т.н., профессор, БГАТУ, г. Минск, РБ)	344
40	ИССЛЕДОВАНИЕ ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ (С.Н. Герук ¹ , к.т.н., доцент, И.С.Крук ² , к.т.н., доцент, ¹ ННЦ «ИМЭСХ» НААН Украины, Украина, ² БГАТУ, Минск, РБ)	348
41	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КАНАЛООЧИСТИТЕЛЕЙ С РОТАЦИОННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПА (А.Н. Басаревский, к.т.н., доцент, К.А. Кравченко, аспирант, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, РБ)	354
42	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЕМПФИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПАРАМЕТРОВ ИХ УСТАНОВКИ НА ПРОЦЕСС ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ШТАНГИ ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ (Биза Ю.С. ¹ , к.ф.-м.н., доцент, Крук И.С. ¹ , к.т.н., доцент, Чигарев Ю.В. ^{1,2} , д.ф.-м.н., профессор, ¹ БГАТУ, г. Минск, РБ, ² Западно-Поморский технологический университет, г. Щецин, Республика Польша)	361

Секция 3

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ
РАСТЕНИЕВОДСТВА**

- 1 **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН
КУКУРУЗЫ** (Н.Н. Романюк¹, к.т.н., доцент, Б.М. Астрахан², к.т.н.,
доцент, Т.М. Шмат³, ассистент, ¹БГАТУ, РБ, ²БНТУ, РБ, ³Мозырский
государственный педагогический университет им. И.П. Шамякина,
РБ) 368
- 2 **ВЛИЯНИЕ ВАЛОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА НА ВЫБОР
ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ** (А.В. Нови-
ков¹, к.т.н., доцент, Т.А. Непарко¹, к.т.н., доцент, В.П. Чеботарев²,
к.т.н., доцент, ¹БГАТУ, ²РУП «НПЦ НАН Беларуси по меха-
низации сельского хозяйства», г. Минск, РБ) 371
- 3 **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОТДЕЛЕНИЙ ЗЕРНООЧИ-
СТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ** (Т.А. Непарко¹,
к.т.н., доцент, А.В. Новиков, к.т.н., доцент¹, В.П. Чеботарев²,
к.т.н., доцент ¹БГАТУ, ²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства», г. Минск, РБ) 377
- 4 **ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА МАШИННО-
ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ** (Т.А. Непарко, к.т.н., доцент, БГА-
ТУ, г. Минск, РБ) 383
- 5 **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРАК-
ТОРНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ БЕЗДО-
РОЖЬЯ** (В. Я. Тимошенко, к.т.н., доцент, А.В. Новиков, к.т.н., до-
цент, Д. А. Жданко, к.т.н., доцент, В.Н. Кецо, ст. преподаватель,
В.С. Шимчук, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ) 389
- 6 **ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО
АГРЕГАТА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ** (Ю.И.
Томкунас, к.т.н., доцент, В.Н. Кецо, ст. преподаватель, А.А. Гон-
чарко, ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск, РБ) 394
- 7 **РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ
НА ЗАГОТОВКЕ СЕНАЖА** (В.Д. Лабодаев, к.т.н., доцент, Т.М.
Чумак, ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск, РБ) 400
- 8 **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕРВИСНОЙ СХЕМЫ
РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕ-
МОНТУ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ** (Н.Д. Янцов,
к.т.н., доцент, М.Н. Трибуналов, к.т.н., доцент, А.Г. Вабищевич,
к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, РБ) 404
- 9 **СОВРЕМЕННЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛО-
ГИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ПУТИ ИХ СОВЕРШЕНСТВО-
ВАНИЯ** (Н.Д. Янцов, к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, РБ) 407

10	ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НА СЕМЕНА ПШЕНИЦЫ (П.В. Кардашов, к.т.н., доцент, И.Б. Дубодел, к.т.н., доцент, Ю.И. Высоцкая, магистрант, М.В. Кардашов, аспирант, БГАТУ, г. Минск, РБ)	411
11	ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ (И.Б. Дубодел, к.т.н., доцент, П.В. Кардашов, к.т.н., доцент, Е.А. Городецкая, к.т.н., доцент, Т.М. Чумак, ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск, РБ)	415
12	РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ (В.А. Павловский, ст. преподаватель, В.В. Михайлов, ассистент, С.В. Куль, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	418
13	ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ И ВРЕМЕНИ ОТЛЕЖКИ НА СПОСОБНОСТЬ ПРОРАСТАНИЯ ЯЧМЕНЯ (В.А. Пашинский ¹ , к.т.н., доцент, О.В. Бондарчук ² , ассистент, М.А. Сай ² , студент, ¹ УО «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», ² БГАТУ, г. Минск, РБ)	421
14	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ПРОДУКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА (Л.Г. Шейко, к.с.-х.н., доцент, А.Ф. Станкевич, мастер ПО, магистрант, БГАТУ, г. Минск, РБ)	424
15	ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЛИСТОВОГО САЛАТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТАХ (И.П. Козловская, д.с.-х.н., профессор, Е.А. Сакова, соискатель, БГАТУ, г. Минск, РБ)	429
16	ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЕВОДЧЕСКИХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ (С.Н. Сазонова, д.т.н., профессор, Д.Д. Сазонова, к.э.н., доцент, О.Н. Попова, к.т.н., доцент, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, РФ)	432
17	ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМБАЙНОВ «ПОЛЕСЬЕ 1218» В УСЛОВИЯХ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ (Г.Н. Ерохин к.т.н., В.В. Коновский, инж., Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (ФГБНУ ВНИИТиН), г. Тамбов, РФ)	438
18	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УДОБРИТЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПОЛИВОЧНЫМИ МАШИНАМИ (В.Б. Ловкис, к.т.н., доцент, А.Н. Басаревский, к.т.н., доцент, Цымбалюк П.А., магистрант, БГАТУ, г. Минск, РБ)	443

- 19 **ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ СМЫТОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НА КАЧЕСТВО И СТОИМОСТЬ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ООО «СОГЛАСИЕ» ИЗМАЛКОВСКОГО РАЙОНА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ** (В.Л. Захаров, А.Ю. Цельковских, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, г. Елец, РФ) 449
- 20 **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ НИЗКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ** (Г.В. Макарова, к.т.н., М.С. Титенкова, ФГБОУ ВПО «Великолукская ГСХА», г. Великие Луки, РФ) 457
- 21 **К ВОПРОСУ ЗАГОТОВКИ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО РУЛОННОГО СЕНАЖА** (И.В. Кокунова, к.т.н., доцент, Е.В. Смирнов, студент, ФГБОУ ВПО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», г. Великие Луки, РФ) 462
- 22 **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ** (В.А. Смелик¹, д.т.н., профессор, А.И. Иванов², д.с.-х.н., Н.А. Цыганова¹, д.с.-х.н., ¹СПбГАУ, ²ГНУ АФИ РАСХН, Санкт-Петербург, Пушкин, РФ) 466
- 23 **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСЕРВАНТА «ЛАК-СИЛЬ» ПРИ ЗАГОТОВКЕ СИЛОСА ИЗ ТОПИНАМБУРА** (А.В. Горный, к.с/х.н., доцент, П.В. Авраменко, к.т.н., доцент, А.Л. Ничипоренко, студентка, БГАТУ, г. Минск, РБ) 471
- 24 **ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ** (С.В. Крылов¹, к.т.н., доцент, И.И. Гируцкий¹, д.т.н., В.В. Носко¹, ст. преподаватель, А.А. Жур¹, ст. преподаватель, В.В. Маркевич¹, ст. преподаватель, Л.А. Абрамчик¹, ст. преподаватель, О.А. Кислый² О.А., н.с., В.Ф. Марышев², ¹БГАТУ, г. Минск, РБ, ²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, РБ) 476
- 25 **К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ И ЭНЕРГОЕМКОСТИ СОВМЕЩЕННОГО ПОСЕВА** (Б.Х. Ахалая¹, к.т.н., В.А. Колос¹, к.т.н., В.Б. Ловкис², к.т.н., доцент, Н.Д. Лепешкин³, к.т.н., доцент, ¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства», г. Москва, Россия, ²БГАТУ, г. Минск, РБ, ³РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, РБ) 480

Секция 4
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

1	УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК (Д.Ф. Кольга, к.т.н., доцент, Ф.Д. Сапожников, к.т.н., доцент, Г.Г. Тычина, к.т.н., В.М. Колончук, ст. преподаватель, Э.В. Колодько, ассистент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	485
2	ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРМОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕПАРАТОРА К ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЮ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПА (А.В. Китун, д.т.н., профессор, Н.В. Мишота, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	490
3	ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОРМОСМЕСИ В СМЕСИТЕЛЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПА (А.В. Китун, д.т.н., профессор, П.А. Шило, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	496
4	СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ НА ТРАНСПОРТИРОВКУ КОРМА (А.В. Китун, д.т.н., профессор, М.Ю. Юдичев, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	501
5	СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СВЯЗАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ФЕРМЫ КРС (Е.С. Якубовская, ст. преподаватель, Г.Ю. Ротко, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	506
6	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИКОРМОВ С МИКРОДОБАВКАМИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА НА МЯСО (В.А. Люндышев ¹ , к.с.-х.н., доцент, В.Ф. Радчиков ² , д.с.-х.н., профессор, В.К. Гурин ² , к.б.н., доцент, ¹ БГАТУ, г. Минск, РБ, ² РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», г. Жодино, РБ)	509
7	СТАБИЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ МОЛОКА ПРИ ДОЕНИИ КОРОВ (С.А. Костюкевич, к.с.-х.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	513
8	ХАРАКТЕР СОЧЕТАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА И ИХ ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ НА СКОРОСТЬ МОЛОКООТДАЧИ КОРОВ (П.П. Ракецкий, к.с.-х.н., доцент, И.Н. Казаровец, ст. преподаватель, О.В. Гайдук, О.С. Кухлевская, П.Д. Гвазава - студенты, БГАТУ, г. Минск, РБ)	518
9	ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ОСТАТОЧНОГО МОЛОКА (П.П. Ракецкий, к.с.-х.н., доцент, И.Н. Казаровец, ст. преподаватель, А.И. Стефаньян, А.С. Артюшевская – студенты, БГАТУ, г. Минск, РБ)	523
10	«МРАМОРНОЕ МЯСО»: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ И ПРОИЗВОДСТВО В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ (А.В. Мелешеня ¹ , к.э.н., С.А. Гордынец ¹ , к.с.-х.н., Н.А. Прокопьев ² , к.т.н., ¹ РУП «Институт мясомолочной промышленности», г. Минск, РБ, ² БГАТУ, г. Минск, РБ)	528

- 11 **ОСОБЕННОСТИ ВАКУУМНОГО НАСОСА ДЛЯ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК СО СДВОЕННЫМ, СОСТАВНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ** (В.Н. Дашиков¹, д.т.н., профессор, В.В. Захаров², ассистент, И.Н. Ковалевич², студент, ¹РНПУП «Институт энергетики НАН Беларуси», г. Минск, РБ, ²БГАТУ, г. Минск, РБ) 534
- 12 **ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЛКОВЫХ КОРМОВ ИЗ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПТИЦЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ** (В.В. Чумаков, к.т.н., И.А. Пунько¹, к.т.н., Г.Г. Тычина, к.т.н., Ф.Д. Сапожников², к.т.н., доцент, ¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ²БГАТУ, г. Минск, РБ) 540
- 13 **ВЫБОР ТИПА ВИНТОВОЙ МЕШАЛКИ МИКСЕРА ДЛЯ НАВОЗА** (И.И. Скорб, ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск, РБ) 544
- 14 **ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОЛОКО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ДОИЛЬНОМ АППАРАТЕ** (Ю.А. Линник, ст. преподаватель, Днепрпетровский государственный агроэкономический университет, г. Днепрпетровск, Украина) 548
- 15 **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ КАРТОФЕЛЕКРАХМАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В СОСТАВЕ КОРМОВ** (З.В. Ловкис¹, член-корр. НАН Беларуси, д.т.н., профессор, Е.В. Евтушевская¹, Н.А. Проконьев², к.т.н., доцент, ¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию», ²БГАТУ, г. Минск, РБ) 553
- 16 **ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ЦЕЗИЯ-137 В МЫШЕЧНУЮ ТКАНЬ ЛОШАДЕЙ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ** (Н.В. Телицына¹, научный сотрудник, Г.З. Гуцева², старший научный сотрудник ¹РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, РБ, ²ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», г. Гомель, РБ) 559
- 17 **УТИЛИЗАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД И МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ** (С.В. Медведев¹, д.т.н., А.М. Кравцов², к.т.н., доцент; Д.С. Шахрай², ассистент, ¹ГНУ «Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси», ²БГАТУ, г. Минск, РБ) 561
- 18 **ОБОСНОВАНИЕ ДИАПАЗОНА ДАВЛЕНИЯ В РАБОЧЕМ ВАКУУМНОМ КОНТУРЕ ДЛЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ПРАВИЛЬНОГО ПРОЦЕССА МАШИННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ** (А.Н. Леонов¹, д.т.н., профессор, В.О. Китиков², к.т.н., доцент, А.А. Дударенко¹, студент, ¹БГАТУ, ²НАН Беларуси, г. Минск, РБ) 564
- 19 **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЦЕНТРОБЕЖНО-ПОГРУЖНОГО НАСОСА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА** (В.О. Китиков¹, к.т.н., доцент, Д.С. Праженик², ассистент, Н.А. Деменок², ст. преподаватель, ¹НАН Беларуси, ²БГАТУ, г. Минск, РБ) 572

20	ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ПОЕДАЕМОСТИ КОРМОВ КРС (Е.В. Тернов, ассистент, Н.М. Матвейчук, к.ф.-м.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	576
21	ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОРМОРАЗДАТОЧНОЙ УСТАНОВКИ (И.И. Гируцкий, д.т.н., доцент, А.А. Жур, ст. преподаватель, Н.М. Матвейчук, к.ф.-м.н., доцент, А.Г. Сеньков, к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	580
22	РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ СМЕСИТЕЛЯ-АЭРАТОРА КОМПОСТОВ (С.И. Павлеко, к.т.н., доцент, А.А. Ляшенко, инженер, Запорожский научно-исследовательский центр механизации животноводства, г. Запорожье, Украина)	587
23	СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОЛОЧНЫМ ЖИВОТНОВОДСТВОМ (Э.Б. Алиев, к.т.н., Институт масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины, г. Запорожье, Украина)	593
24	ВЛИЯНИЕ МИКРОКЛИМАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ (В.Н. Тимошенко ¹ , д.с.-х.н., профессор, А.А. Музыка ¹ , к.с.-х.н., А.А. Москалев ¹ , к.т.н., Д.Ф. Кольга ² , к.т.н., доцент, ¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», г. Жодино, РБ, ² БГАТУ, г. Минск, РБ)	598
25	УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГЛУБИНЫ ВАКУУМА ПОДСОСКОВОГО ПРОСТРАНСТВА ДОИЛЬНОГО СТАКАНА (О.Б. Забродина, к.т.н., доцент, А.А. Машлякевич, аспирант, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград, РФ)	603
26	ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ МАСТИТОВ (А.Б. Грищенко, аспирант, БГАТУ, г. Минск, РБ)	610
27	ЭЛЕКТРООБРАБОТКА СУБСТРАТА ЖИДКОГО ПОМЕТА В ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ КАМЕРЕ С МЕЖЭЛЕКТРОДНОЙ ПОЛУПРОНИЦАЕМОЙ ПЕРЕГОРОДКОЙ (А.В. Крутов, к.т.н., доцент, С.С. Нефедов, аспирант, М.В. Янко, студент, БГАТУ, г. Минск, РБ)	620

УДК 629.33

**П.А. Амельченко¹, д.т.н., И.Н. Жуковский¹, к.т.н.,
А.И. Жуковский², А.В. Ключников², А.В. Ващула³, к.т.н.,
¹ОИМ НАН Беларуси, ²ОАО МТЗ, ³БелМИС
г. Минск, Республика Беларусь**

О КОНЦЕПЦИИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА

Разработка и внедрение тягового электропривода (ТЭП) сдерживается отсутствием четких теоретических и конструктивных решений по его применению на сельскохозяйственных тракторах. Первым шагом в теории тракторного ТЭП может стать разработка его концепции, которая особенно необходима на ранних стадиях создания принципиально новых типов техники [1].

Концепция в общенаучном смысле – это теоретический способ понимания предметов и явлений. Применительно к созданию новой техники авторы понимают концепцию как теоретически возможное из идеального. Из сказанного следует, что для разработки концепции ТЭП трактора необходимо сформулировать образ идеального тягового привода (ИТП) и определить, что из ИТП можно реализовать теорией современного электропривода.

ИТП трактора должен обладать следующими свойствами:

- бесступенчатое регулирование скорости движения и тягового усилия на всем рабочем диапазоне тягово – скоростного режима работы трактора, исключение из силовой передачи элементов ступенчатого регулирования, максимальное упрощение структуры механических приводов;

- обеспечение разгона МТА в пределах допустимых значений поступательного ускорения ($a_{\text{доп}}=0,2 \dots 0,27g$);

- максимальная (до 100%) загрузка тракторного двигателя на гоне обеспечение максимально возможного использования номинальной мощности двигателя на крюке;

- гашение крутильных колебаний в силовой передаче, вызываемых как рабочим процессом ДВС, так и переменным сопротив-

лением почвы на рабочих органах машин, снижение за счет этого буксования движителей, повышение надежности и ресурса силовых передач и трактора в целом;

- обеспечение активного поворота трактора за счет отдельного привода движителей бортов;

- приспособляемость тягового привода к современному автоматическому управлению трактора и МТА, в том числе и к условиям точного земледелия;

- низкие стоимости тягового привода и его эксплуатационных затрат;

- снижение или полное исключение вредных выбросов двигателей за счет использования принципиально новых силовых установок.

Тягово-скоростную функцию ИТП можно представить зависимостью касательной силы тяги P_k и тяговой мощности на движителях N_k от теоретической скорости движения V , у которой на всем необходимом тягово – скоростном диапазоне работы трактора от $V_{\min}$ до $V_{\max}$ обеспечивается на движителях постоянная по величине тяговая мощность $N_{kconst} = N_a \cdot \eta_{\dot{e}i}$, а касательная сила тяги P_k и скорость V на этом участке связаны зависимостью $P_k = N_{kconst} / V$ (где $\eta_{\dot{e}i}$ - КПД ИТП). Максимальное значение касательной силы тяги соответствует зависимости $P_{kmax} \geq m_y \cdot g \cdot \varphi_{max}$ (где m_y и φ_{max} - эксплуатационная масса трактора и максимальный коэффициент сцепления).

Наиболее близки к функции ИТП электроприводы переменного тока частотного регулирования с асинхронными, синхронными и индукторными электродвигателями, имеющими на рабочих участках своих характеристик постоянную по величине мощность. На настоящий момент наиболее отработаны и доступны по стоимости тяговые асинхронные двигатели [1]. Хорошо зарекомендовали себя синхронные двигатели с постоянными магнитами, но стоимость их значительно выше первых. У обоих типов двигателей диапазон постоянной мощности не превышает 2,5, а для трактора необходим диапазон регулирования $\dot{A}_v = V_{\max} / V_{\min} \approx 12...16$. При этом для трактора необходимо иметь как минимум 3 ступени механической трансмиссии. Обращают на себя внимание индукторные дви-

гатели независимого возбуждения с $D=6...11$, но в серийном производстве России и Беларуси их еще нет. Они имеют пассивный ротор, высокий КПД и низкую стоимость производства и обладают хорошей перспективой [2,3].

Для обеспечения требований разгона в структуре ТЭП целесообразно иметь накопители электроэнергии с емкостью, не ниже емкости маховика дизеля трактора того же класса.

ТЭП легко адаптируется к автоматическому управлению, так как силовая электроника управляет электромагнитным моментом тягового двигателя в реальном времени.

Список использованной литературы

1. Амельченко, П.А. Электрическая тяга и электроотбор мощности с.-х. трактора / П.А. Амельченко [и др.] // «Тракторы и сельхозмашины». – 2014. – № 9.
2. Чупин, С.А. Инновационные решения группы компаний «Приводная техника» / С.А. Чупин [и др.] // «Электротехника». – 2014. – № 10.
3. Бычков, М.Г. Регулировочные возможности базовых конфигураций вентильно – индукторных двигателей для тяговых электроприводов / М.Г. Бычков [и др.] // «Электротехника». – 2015. – № 1.

УДК 378.01

Н.Н Романюк, В.Б. Ловкис, А.А Шупилов

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ-ИНЖЕНЕРОВ В АПК

Введение

В последние пять лет в системе высшего образования Республики Беларусь произошли существенные преобразования. В Кодексе об образовании Республики Беларусь (2011 г.) и Государственной программе развития высшего образования на 2011-2015 годы основные направления и механизмы функционирования высшей шко-

лы реализованы и дополнены рядом новых положений, в том числе структуры и содержания образовательных программ в системе высшего образования [1,2].

Важность и необходимость разработки отечественной системы зачетных единиц обусловлена реализацией целей в контексте академической свободы студента; сопоставлением учебных планов с планами зарубежных вузов при включенном обучении или учебных стажировках; балансом обязательных и дисциплин по выбору; соотношением аудиторной и самостоятельной нагрузки студента; формами контроля и оценкой знания на основе кредитно-модульной системы.

Основная часть

Образовательные стандарты обновляются в Республике Беларусь один раз в пять лет с целью учета накопленного опыта при реализации стандартов, внесения соответствующих коррективов в действующие модели подготовки специалистов, оперативного реагирования на процессы социально-экономического развития страны. Но не только эти традиционные факторы поставили сегодня на повестку дня вопрос о необходимости приступить к проектированию стандартов высшего образования очередного - третьего поколения.

В республике необходим дифференцированный подход к срокам подготовки специалистов, дифференциации образовательных программ и содержания обучения по уровням сложности. При любых сроках подготовки резко возрастает роль и доля практико-ориентированной подготовки будущих специалистов. Это должно найти соответствующее отражение в нормативно-методических документах, учебных планах, обновляемых образовательных технологиях. Для получения современных инновационно- и практико-ориентированных компетенций необходимо сокращение объема аудиторной нагрузки и увеличение до 30 – 50% самостоятельной работы студентов, в том числе и под руководством преподавателей на основе создания современных учебно-методических комплексов. Качество подготовки специалистов будет осуществляться путем оптимизации содержания образовательных программ высшего образования, корректировки сроков подготовки, сокращения непрофильных дисциплин, усиления практической направленности подготовки за счет перераспределения часов на практическую подго-

товку и ряда других мер. Стержневой основой образовательных стандартов является принятый в мире компетентностный подход, который позволяет более точно сформулировать требования к выпускникам, их профессиональным и личностным компетенциям. Возрастает роль инновационной компоненты [5].

Инновационное направление развития экономики требует создания адекватных организационных форм высшей школы, первоочередной задачей которых должна стать подготовка специалистов практико-ориентированных на современное высокотехнологичное производство. Процесс подготовки специалистов предусматривает использование совокупности различных форм и методов образовательного процесса. Для формирования профессиональных способностей особую актуальность приобретают задачи активного участия студентов в выполнении практических заданий, исследовательских и опытно-конструкторских работ, относящихся к сфере их будущей профессиональной деятельности. При этом профессиональная подготовка будущих специалистов должна опираться на единство обучающих технологий, реализуемых на занятиях в аудиториях, и технологий, осуществление которых возможно только в условиях производства [3].

Взаимодействие учреждений высшего образования в данном направлении с передовым высокотехнологичным производством, испытывающим наибольшую потребность в квалифицированных специалистах, имеет обоюдный интерес. Общая подготовка специалиста для работы на производстве, использующем высокие технологии, даже с учетом его предыдущего добросовестного отношения к учебе в университете может составлять до 7-8 лет.

Очевидно, что формирование специалиста, способного к креативному мышлению, ориентированного на современные технологии должно иметь взаимодополняющий интеграционный характер в системе «образование – наука – производство» и начинаться уже с периода обучения в университете. Это позволит сократить продолжительность подготовки практико-ориентированного специалиста, готовить его к работе на современном производстве без «опоздания» на несколько лет. Очевидно, что краткосрочные обучающие программы, реализуемые путем прохождения курсов и стажировок,

не могут конкурировать с системным, ориентированном на современные технологии университетским образованием.

Для подготовки практико-ориентированных специалистов взаимодействие учреждений высшего образования с производством осуществляется на основе формирования филиалов кафедр на производственной базе предприятий. Филиалы кафедр обеспечивают расширение возможностей кафедр для осуществления образовательного процесса путем взаимодействия кафедр с промышленными и научными организациями, для которых осуществляется подготовка кадров.

С возрастанием значимости филиалов кафедр в практической подготовке специалистов усиливаются требования к их созданию и функционированию. Общие положения и основные требования к созданию филиалов кафедр регламентированы в Типовом положении о филиале, представительстве и ином обособленном подразделении [6], а так же Положении об учреждении высшего образования [7], в котором предоставляется возможность в качестве иного обособленного подразделения создавать филиалы кафедр.

Внедрение системы зачетных единиц предполагает перестройку образовательного процесса с целью переноса акцентов с аудиторной на самостоятельную работу и создания возможности формирования студентами индивидуальных траекторий обучения.

Дисциплины государственного компонента в учебных планах по специальностям первой ступени высшего образования составляют, как правило, около 60 % трудоемкости каждого цикла дисциплин, дисциплины компонента учреждения высшего образования, соответственно – около 40 % трудоемкости циклов дисциплин учебного плана.

Представляется оптимальным вводить дисциплины по выбору в объеме 50 % от трудоемкости дисциплин компонента учреждения высшего образования, что может составить до 12 зачетных единиц в год. При формировании учебных планов учреждения высшего образования в системе зачетных единиц в целях оптимизации образовательного процесса представляется важной унификация учебных планов по родственным специальностям, в частности, унификация учебных дисциплин, имеющих разницу в содержании до 20 %.

Информация об учебных дисциплинах по выбору студента должна включать следующие необходимые составляющие: наименование учебной дисциплины, ее трудоемкость в зачетных единицах, перечень дисциплин-предшественников, категория студентов (специальность, курс обучения), фамилия, имя, отчество преподавателя, краткая аннотация содержания дисциплины, перечень рекомендуемой литературы.

Учебная дисциплина по выбору может предлагаться как студентам одного курса определенной специальности, так и студентам различных курсов нескольких специальностей.

По всем учебным дисциплинам, как обязательным для изучения, так и дисциплинам по выбору студента, кафедры разрабатывают учебные программы учреждения высшего образования, материалы для работы в аудитории и самостоятельной работы студента, а также материалы для контроля качества усвоения знаний.

Особую значимость формирование профессиональных компетенций у будущего специалиста приобретает в условиях перехода высшей школы республики на образовательные стандарты третьего поколения, предусматривающие сокращение аудиторной составляющей учебной нагрузки и срока обучения, превалирования практической составляющей на завершающем этапе подготовки специалистов, практико-ориентированных на современное производство.

Участие «работодателя» в подготовке необходимых ему высококвалифицированных кадров может осуществляться через изучение студентами по его предложению специальных учебных дисциплин в составе «вузовского компонента» для формирования необходимых профессиональных компетенций, а также в соответствующем оснащении для этих целей учебной базы. Участие специалистов с производства в преподавании учебных дисциплин, практическая подготовка студентов, курсовое и дипломное проектирование в реальных условиях будущей производственной деятельности обеспечат практико - ориентированную направленность подготовки будущих специалистов под конкретное высокотехнологичное производство[4].

Заключение

Основные изменения системы высшего образования, которые определены внедрением образовательных стандартов третьего поколения предусматривают введение многоуровневой системы образования, компетентностную модель выпускника, усиление практической направленности и сокращение сроков подготовки специалистов. Предоставляется возможность совместной деятельности учреждений и организаций разной направленности и ведомственной подчиненности без объединения юридических лиц.

Вступление Республики Беларусь в Болонский процесс предполагает международную прозрачность учебного процесса, полную информированность студента о содержании учебных программ и критериях оценки его знаний, внедрение системы оценки трудоемкости образовательных программ с использованием системы зачетных единиц по типу ECTS.

Список использованной литературы

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь 2/1795 от 17.01.2011.
2. Государственная программа развития высшего образования на 2011-2015 годы. Утв. пост. Совета Министров Республики Беларусь от 01.07.2011г., №893.
3. Жук А.И. О повышении уровня практической подготовки специалистов // Вышэйшая школа № 4, 2012.
4. Ловкис В.Б., Шупилов А.А. Концепция формирования инновационной среды при взаимодействии университетского образования с отраслями экономики // Вышэйшая школа № 2, 2015.
5. Федин В.Т. Компетентностная модель подготовки выпускников вузов по специальностям инженерно-технического профиля // Вышэйшая школа № 5, 2006.
6. Типовое положение о филиале, представительстве и ином обособленном подразделении учреждения образования. Утв. пост. Министерства образования Республики Беларусь от 26.07.2011г., №168.
7. Положение об учреждении высшего образования. Утв. пост. Министерства образования Республики Беларусь от 1 августа 2012г., №93.

УДК 636.085

Лапотко А.М., к. с.-х. н., доцент

*УО «Белорусский Государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТИЦ ЛИСТОСТЕБЕЛЬЧАТОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ ЗАГОТОВКЕ СИЛОСА

Введение

Основной отраслью белорусского сельского хозяйства является животноводство. Эта отрасль производит 75% товарной продукции села. Однако в ее стоимости 50% и более составляют корма.

Производство качественных кормов с высокими питательными и функционально-физическими свойствами – одна из главных задач растениеводства. Это требует поиска наиболее оптимальных физико-механических характеристик необходимых для придания сырью, используемому при закладке силоса, и в особенности листостебельчатой части кукурузы. Основными физико-механическими контролируемыми показателями при уборке кукурузы на силос является длина кормовых частиц и форма их среза. Указанные характеристики кормовых частиц при использовании животными оказывают влияние на величину потребления рациона, его переваримость, степень проявления жвачки, состояние здоровья и продуктивность.

Основная часть

Рационы жвачных животных крайне разнообразны по своим питательным энергетическим и физико-механическим характеристикам, что приводит к непостоянству в количестве потребляемого сухого вещества. Известно, что продуктивность скота на 70% зависит от потребляемости рациона и на 30% от его переваримости.

К физико-механическим характеристикам кормов, влияющим на их потребляемость, относятся: размер кормовых частиц, целостность волокнистой структуры клетчатки, устойчивость (жесткость) и плавучесть в рубцовой жидкости. На переваримость кормов ока-

зывает влияние форма среза кормовых частиц и длительность нахождения кормовых масс в рубце. Так, мелкоизмельченные грубые корма увеличивают скорость транзита, снижают переваримость органического вещества и выделение слюны, подавляют аппетит, могут вызвать ацидоз рубца. Слишком длинные кормовые частицы дольше перевариваются и могут задерживаться в рубце на период до 2-3 суток (вместо 18-24 часов), «забивая» собой его объем, подавляя аппетит и снижая потребляемость рациона. Отсюда, чем выше переваримость корма, тем быстрее происходит опорожнение преджелудков и восстановление аппетита.

Физико-механические характеристики кормов рациона являются фактором краткосрочного действия, зависящим от технического обеспечения процесса заготовки кормов. Если изменить технические настройки режуще-измельчающего аппарата кормоуборочного комплекса, то соответственно поменяется добровольное потребление и переваримость корма жвачными.

Цель обоснования оптимальных физико-механических характеристик частиц листостебельчатой массы кукурузы, используемой при заготовке силоса, заключается в достижении максимальной потребляемости и усвояемости животными энергии и питательных веществ из кукурузного силоса.

Целостность текстуры волокон клетчатки частиц определяется визуально. Оценка осуществляется по форме среза кормовой частицы. Физиологически-функциональным является ровный срез кормовой частицы (без разбитостей волокон). При неотрегулированном зазоре (более 0,5 мм) между ножами и противорежущей пластиной появляются в больших количествах частицы с бахромыми и ворсистыми окончаниями (местами срезов). Данный корм резко снижает процесс ферментации (переваривания) (с 57% до 45%) из-за снижения жевания жвачки у животных. Кроме это снижается общее потребление корма с 8 кг до 6 кг СВ/гол./сутки

Длина кормовых частиц главным образом сказывается на скорости транзита и времени нахождения кормовых масс в преджелудках, а соответственно и на потребляемость корма. Чтобы установить оптимальную степень измельчения кукурузной массы используется методика университета штата Пенсильвания и его сортирующая система. По данной методике оптимальной длиной частиц силосуемой массы кукурузы считается, когда после рассева на

трехуровневой системе содержимое сит составляет: I – 4-5%, II – более 50 и поддон мене 35%. Вместе с тем содержание сухих веществ в силосуемой массе оказывает сильное влияние на формирование плотного мата рубца. Поэтому по данным Ерскова (табл.1) длину кормовых частиц согласовываем с содержанием в их сухих веществ.

Таблица 1. Оптимальная длина резки силосной массы кукурузы для крупного рогатого скота, мм

Содержание сухой массы в момент уборки кукурузы	Рекомендуемая длина резки, мм
до 28%	15-19
28-30%	11-15
31-35%	8-10
свыше 35%	6-7

По данным таблицы видно, что чем выше содержание сухих веществ в массе, тем короче по длине должна быть нарезка кормовых частиц. Отсюда, при каждом конкретном содержании сухих веществ в кукурузной массе существует своя оптимальная длина кормовых частиц.

Степень влияния кукурузного силоса с различным содержанием сухих веществ на выход молочной продукции можно проследить по данным табл. 2.

Таблица 2. Влияние содержания сухих веществ в кукурузном силосе на выход молока

Содержание сухого вещества	Количество кг молока на 1 т сухой массы	Количество кг молока на 1 га
25	1489	23917
30	1546	26716
35	1589	29434
40	1405	26032
45	1349	23119

Из данных таблицы 2 видно, что наиболее оптимальным временем уборки кукурузы является достижение содержания сухих веществ до 30-35% в цельной массе с длиной резки 15-8 мм.

Заключение

Прослеживается четкая зависимость между физико-механическими характеристиками измельченных грубых кормов (процентное соотношение кормовых частиц различного размера, целостность волокнистой структуры клетчатки, форма среза краев частиц) и ферментационной работой рубца жвачных (потребляемость рациона, скорость освобождения рубца, степень переваримости корма и усвояемость энергии).

Список использованной литературы

1. Хадженс, М. Руководство по питанию / М. Хадженс. – США. – 2008. – 70 с.
2. Технологическое сопровождение животноводства: новые технологии / Национальная академия наук Беларуси, РУП "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству"; [Н. А. Попков и др.]: практическое пособие. - Жодино: НПЦ НАН Беларуси по животноводству, 2010. - 490 с.
3. Хадженс, М. Управление кормами в молочном хозяйстве / М. Хадженс. – США. – 2010. – 58 с.

СЕКЦИЯ 1
МОБИЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 631.348.45

И.С. Крук, к.т.н., доцент, Ф.И. Назаров, аспирант
Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск, Республика Беларусь

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ
ПОЧВЫ ПОД ПОСЕВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Введение

Снижение энергоемкости и себестоимости конечной продукции при условии сохранения, либо повышения ее качества и урожайности является одной из важнейших задач возделывания сельскохозяйственных культур. Наиболее энергоемким и трудоемким процессом в технологиях возделывания и уборки сельскохозяйственных культур является обработка почвы. На ее выполнение расходуется около 40 % энергетических и 25 % трудовых затрат от их общего количества [1]. В совокупности с другими факторами некачественная и несвоевременная обработка почвы может быть одной из причин целого ряда негативных последствий механизации: снижение плодородия, повышение плотности верхних слоев, усиление эрозионных процессов и возникновение проблемы почвосбережения.

В Республике Беларусь в настоящее время наибольшее распространение получили следующие виды обработки почвы: вспашка, лущение, фрезерование, культивация, боронование и прикатывание. Для снижения затрат применяют комбинированные агрегаты, которые обеспечивают выполнение нескольких операций обработки почвы за один проход по полю, что позволяет уменьшить воздействие ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на структуру и плотность почвы и сократить время ее подготовки под посев.

С целью снижения затрат на проведение операций почвообрабатывающие агрегаты составляют таким образом, чтобы максимально загружать энергетическое средство. Рациональная загрузка обеспечивается подбором технологических показателей: рабочей скорости, ширины захвата, глубины обработки и массы сельскохозяйственной машины.

Основная часть

Самой энергозатратной операцией является основная обработка почвы, так как в ходе ее выполнения плугу необходимо подрезать, перемешать, измельчить и обернуть почвенный пласт. Отказ от проведения основной обработки ввиду сильной засоренности почв республики сорняками на данный момент невозможен, поэтому возрастает актуальность повышения ее эффективности и снижения затрат на проведение. С этой целью в конструкциях плугов имеет смысл применять приставки для поверхностной обработки почвенного пласта. Они позволяют рационально загружать энергетические средства и повышают качество основной обработки, снижая при этом энергетические затраты на выполнение последующих почвообрабатывающих операций. При этом обеспечивается разрушение комков и предотвращение образования глыб, более тесное размещение почвенных агрегатов, увеличение капиллярной пористости, создание более однородного состояния обрабатываемого слоя, частичное выравнивание поверхности почвы и сохранение накопленной влаги. С агротехнической точки зрения, применение дополнительных устройств в конструкциях плугов позволяет оптимально использовать время, обеспечить требуемое качество подготовки почвы к посеву и совместить агротехнические приемы для борьбы с потерями почвенной влаги.

В таблице 1 приведены основные агротехнические требования, предъявление к обработке почвы плугами и комбинированными пахотными агрегатами [2,3].

Изучив данные таблицы 1 можно сделать следующий вывод: использование приставок в составе пахотных агрегатов положительно влияет на крошение, выравнивание и уплотнение поверхностного

слоя почвы, при этом, не ухудшая качества выполнения основной операции – вспашки.

Таблица 1 – Требования к качеству обработки почвы

Показатели качества выполнения технологического процесса	Значение по СТБ 1388-2003	
	для плуга	для плуга с приставкой
1. Глубина обработки, см	14-27	14-27
2. Отклонение от заданной глубины вспашки, ±, см	2, не более	2, не более
3. Гребнистость поверхности пашни, см	5, не более	4, не более
4. Заделка растительных и пожнивных остатков, %	98, не менее	98, не менее
5. Глубина заделка растительных и пожнивных остатков, см	10, не менее	10, не менее
6. Крошение пласта на фракции размером до 50 мм, %	70, не менее	90, не менее
7. Плотность почвы, г/см ³ :	нет данных	1,00-1,30

Однако использование приставок в составе пахотных агрегатов приводит к увеличению тягового сопротивления и значит, отражается на технико-экономических показателях. В таблице 2 показано влияние приставок на затраты труда, производительность и расход топлива агрегатов.

Из результатов испытаний, приведенных в таблице 2, можно отметить, что использование в пахотных агрегатах приставок приводит к увеличению расхода топлива на 2-4% и сокращению трудозатрат. В некоторых случаях использование приставок приводит к увеличению производительности. По нашему мнению это происходит в результате перераспределения сил, действующих на агрегат, в процессе работы. Следует учитывать, что приставки ПД-1,6 и ПД-2,0 осуществляют в составе пахотных агрегатов дробление глыб и уплотнение верхнего слоя почвы дисковыми катками, а так же выравнивание и рыхление его пружинными зубьями. Схожий эффект в поверхностной обработке в ходе испытаний достигался комплексом машин: плуг и культиватор (КПС-6М).

То есть применение приставки позволяет исключить одну культивацию для почв легкого и среднего механического состава из

предпосевной подготовки, что обеспечит снижение энергетических и трудовых затрат.

Таблица 2 – Техничко-экономическая оценка пахотных агрегатов [2,3]

Состав агрегата		Эксплуатационные показатели агрегата			Балансовая стоимость с.-х. машины, у.е.
Энергетическое средство	Сельскохозяйственная машина	Производительность, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га	Удельные затраты труда, чел.-ч/га	
Беларус 1221	ППО-4-40	0,92	13,6	1,087	33000
Беларус 1221	ППО-4-40 с приставкой ПД-1,6	1,07	14,0	0,917	34900
Беларус 1523.3В	ППО-5-40	1,26	13,0	0,794	47300
Беларус 1523.3В	ППО-5-40 с приставкой ПД-2,0	1,27	13,5	0,787	49603
Беларус 1221	КПС-6М	3,69	4,1	0,271	30000

Это можно оценить на основе следующего расчета. При использовании комплекса агрегатов Беларус 1221+ППО-4-40 и Беларус 1221 +КПС-6М суммарные удельные затраты труда и необходимый объем топлива соответственно составят 1,358 чел.-ч/га и 17,7 кг/га, а при использовании Беларус 1221+ППО-4-40+ПД-1,6 – соответственно 0,917 чел.-ч/га и 14 кг/га. Следовательно, экономия затрат труда и топлива соответственно составят 0,441 чел.-ч/га и 3,7 кг/га.

Заключение

С целью рациональной загрузки энергетических средств, повышения качества основной обработки и снижения затрат на выполнение последующих почвообрабатывающих операций в конструкциях плугов следует применять приставки для поверхностной обработки почвенного пласта. Качественная обработка верхних слоев

почв легкого и среднего механического состава рабочими органами приставок позволяет исключить из технологии возделывания одну культивацию, и создать условия для качественной работы почвообрабатывающих посевных агрегатов. При этом экономия составит 3,7 кг/га топлива и 0,441 чел.-ч/га затрат труда.

Список использованной литературы

1. Фирсов, И.П. Технология производства продукции растениеводства / Фирсов И.П. и др. – М.: Агропромиздат, 1989. – 432 с.
2. Приемочные испытания опытного образца приставки ПД-2,0 к плугу пятикорпусному оборотному ППО-5-40. Протокол № 204 Б ½-2009 –Привольный: ИЦ ГУ «Белорусская МИС», 2009 г – 54с.
3. Приемочные испытания опытного образца приставки ПД-1.6 к плугу четырехкорпусному оборотному ППО-4-40. Протокол № 205 Б ½-2009 – Привольный: ИЦ ГУ «Белорусская МИС», 2009 г – 51с.

УДК 629.35.01

Г.И. Гедроить, к.т.н., доцент, В. В. Михалков, ассистент
*Учреждение образования «Белорусский государственный
аграрный технический университет» г. Минск, Беларусь*

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Введение

Благодаря высокой мобильности автомобильный транспорт находит широкое применение в сельском хозяйстве, в том числе и в полевых условиях. Например, при уборке и транспортировке зерна, сахарной свеклы, заготовке трав на зеленый корм и т. д. Эффективность применения автомобильного транспорта растет в связи с развитой сетью дорог, укрупнением хозяйств.

Давление воздуха в шинах современных автомобилей достигает 800 – 900 кПа. Это обеспечивает низкие энергозатраты на передвижение в дорожных условиях, но приводит к переуплотнению почвы на полях. В периоды повышенной влажности почвы образуются глу-

бокие колеи, затрудняющие проведение последующих технологических операций [1,2].

Ниже дается сравнительная оценка автомобилей-самосвалов МАЗ, используемых в сельскохозяйственном производстве, и некоторые направления совершенствования ходовых систем транспортных агрегатов.

Основная часть

Наиболее широкое применение в современном агропромышленном комплексе Беларуси получили автомобили-самосвалы моделей МАЗ-5516 и МАЗ-5551. Автомобили оборудованы шинами 12,00R20 Бел-116. Основные параметры автомобилей приведены в табл. 1 [3].

Автомобили МАЗ-5551 и МАЗ-5516 разрабатывались для перевозки грузов по дорогам с твердым покрытием и не предназначались для работы на сельскохозяйственных полях и угодьях вследствие высоких осевых нагрузок. Однако в силу того, что для агропромышленного комплекса Республики Беларусь автомобили МАЗ являются наиболее доступными по ценовому фактору и по возможностям существующей системы технического сервиса, они имеются практически в каждом сельхозпредприятии страны.

Особенности компоновки автомобилей МАЗ названных моделей обуславливает то обстоятельство, что, например, у самосвала МАЗ-5516 вертикальная нагрузка на колесо переднего моста при порожнем автомобиле лишь на 8% меньше, чем у полностью загруженного автомобиля (33,1 и 35,7 кН соответственно). Нагрузка на каждое колесо задних мостов составляет 9,9 кН у порожнего автомобиля и 33,0 кН при загруженном автомобиле. Аналогичная картина имеет место и в отношении автомобиля МАЗ-5551. Следовательно, более негативное воздействие на почву оказывают колеса передних мостов.

Более высокой проходимостью на почвах с низкой несущей способностью обладает автомобиль-самосвал МАЗ-6517. Это обеспечивается применением ходовой части 6×6, шин 16,00R20 модели

Бел-95 и системы регулирования давления воздуха в шинах. Шины имеют рисунок протектора повышенной проходимости, давление воздуха в шинах при максимальной нагрузке 600 кПа.

Таблица 1. Параметры автомобилей МАЗ для работы в сельском хозяйстве.

Марка авто- мобиля	Название параметра	Значение параметра
МАЗ- 5516А8	Технически допустимая полная масса автомобиля, кг	33000
	Технически допустимая грузоподъемность, кг	19000
	Распределение полной массы по осям, кг	
	передняя ось	7000
	задние мосты	26000
	Объем платформы, м. куб.	22
	Колесная формула	6×4
	Размер шин	12,00R20
МАЗ-5551 (А5,45)	Технически допустимая полная масса автомоби- ля, кг	18200
	Технически допустимая грузоподъемность, кг	9000
	Распределение полной массы по осям, кг	
	передняя ось	6700
	задний мост	11500
	Объем платформы, м. куб.	12,5
	Колесная формула	4×2
	Размер шин	12,00R20
МАЗ-6517	Технически допустимая полная масса автомоби- ля, кг	33500
	Технически допустимая грузо-подъемность, кг	19000
	Распределение полной массы по осям, кг	
	передняя ось	7500
	задний мост	26000
	Объем платформы, м. куб.	10,5
	Колесная формула	6×6
	Размер шин	16,00R20

При прочих равных условиях суммарная касательная сила тяги на колесах этого полноприводного автомобиля будет на 30% больше, чем у автомобиля МАЗ-5516.

Возможна модернизация ходовой части такого автомобиля путем применения на задних мостах сдвоенных колес с такими же

шинами 16,00R20 модели Бел-95 [4]. Предварительные расчеты показывают, что за счет такой модернизации можно снизить давление на почву на 40% по сравнению с автомобилем МАЗ-5516. Возможна установка на передний мост автомобиля МАЗ-6517 колес с шинами 525/70R21 модели Бел-66А, на задние мосты – сдвоенных колес с такими же шинами. Давление на почву снизится примерно на 70 % под всеми колесами. Дорожный просвет автомобиля уменьшится на 29 мм по сравнению с базовым автомобилем, но будет на 80 мм больше, чем у автомобиля МАЗ-5516.

Использование модернизированного автомобиля может быть практически круглогодичным: летом – кормозаготовка и перевозка зерна от комбайнов, осенью – работы по уборке кукурузы, картофеля и корнеплодов, зимой и в ранневесенний период – вывозка на поля органических удобрений и многое другое.

Шасси модернизированного автомобиля может быть также использовано для установки специального технологического оборудования (для известкования почв, внесения минеральных удобрений, проведения химических обработок и т.д.).

Характеристики шин приведены в табл. 2.

Таблица 2. Основные характеристики шин, применяемых на автомобилях МАЗ.

Модель шины	Наружный диаметр, мм	Ширина профиля, мм	Допустимая грузоподъемность, кН	Допустимая скорость движения, км/ч	Давление в шине при максимальной нагрузке, МПа
Бел-116	1122	313	37,5	100	0,85
Бел-95	1343	438	62,0	80	0,87
Бел-66А	1285	525	50,0	80	0,60

Однако все приведенные варианты автомобилей не обеспечивают допустимый уровень воздействия движителей на почву [5]. В частности максимальное давление ходовых систем рассмотренных автомобилей в несколько раз превышает допустимое, значение которого в зависимости от влажности почвы составляет 80...210 кПа. Верхние пределы допустимого максимального давления на почву

возможно обеспечить при грузоподъемности автомобилей 5...7 тонн. На почвах повышенной влажности допустимый уровень воздействия на почву обеспечивается при применении тракторных транспортных агрегатов грузоподъемностью до 5 тонн.

Заключение

1. Наиболее широко применяются в сельском хозяйстве автомобили МАЗ-5516, МАЗ-5551.

2. Расширение возможностей работы в полевых условиях обеспечивает автомобиль-самосвал МАЗ-6517 с серийной или модернизированной ходовой системой.

3. Максимальное давление на почву автомобильной техники в несколько раз превышает допустимое. Допустимое давление можно обеспечить при создании специального автомобиля грузоподъемностью 5 – 7 тонн.

4. На влажных почвах предпочтительнее применение тракторных транспортных агрегатов.

Список использованной литературы

1. Бобровник, А.И. Повышение агроэкологических качеств движителей колесных тракторов / А.И. Бобровник, Ю.М. Жуковский, Т.А. Варфаломеева // Агропанорама. – 2011. – №4. – С. 2-5.

2. Лихацевич А.П. Перспективы использования мелиорированных сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья. НППЦ НАН Беларуси по земледелию. Институт мелиорации - Минск, 2010.

3. <http://www.maz.by>

4. Бобровник, А.И. О применении автомобилей МАЗ в агропромышленном комплексе Республики Беларусь / А.И. Бобровник, Ю.М. Жуковский, В.В. Михалков // Агропанорама. – 2012. – №4. – С. 2-7.

5. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ 26955-86. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 7.

УДК 631.3.03

**Г.И.Гедроить, канд. техн. наук, доцент, А.Ф. Безручко,
канд. техн. наук, доцент, А.В.Захаров, канд. техн. наук,
доцент, Т.А. Варфоломеева, инж., ст. преподаватель.
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» г. Минск, Республика Беларусь**

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОФИЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН

Введение

Интенсификация земледелия, повышение производительности труда, сокращение трудовых ресурсов приводят к повышению массы сельскохозяйственной техники, увеличению воздействия их ходовых систем на почву. Поэтому вопрос оптимизации параметров ходовых систем, изыскания способов улучшения их показателей взаимодействия с почвой остается актуальным, особенно для колесной техники.

Детально описать математическими зависимостями профиль шины, конструкцию ее беговой дорожки, протекторной части, форму поверхности контакта сложно. Но изготовить для экспериментальных исследований образцы шин с варьированием значений отдельных конструктивных параметров также очень сложно и дорого. Поэтому математическое моделирование процесса взаимодействия колеса с опорной поверхностью является важным этапом при создании шин, при подборе их для конкретных машин. При этом возникает потребность в более точном описании исследуемых элементов.

Основная часть

Предлагается математическая модель процесса взаимодействия пневматического колеса с почвой, позволяющая исследовать влияние кривизны шины в радиальной плоскости на глубину следа и силу сопротивления качению на почве. Задача решена на основе объемного представления поверхности контакта шины с опорной поверхностью. Обосновано, что поверхность контакта шины с почвой можно представить в виде усеченного эллиптического параболо-

лоида [1,2]. Уравнение поверхности этого параболоида получено в виде:

$$z = h + \lambda - \frac{y^2}{b_0^2 / \Delta} - \frac{x^2}{2R - h - \lambda},$$

где b_0, Δ – характерные размеры шины, определяющие форму части ее профиля, контактирующую с опорной поверхностью. Для большинства шин $2b_0$ – ширина беговой дорожки, Δ – стрела дуги протектора (высота беговой дорожки). Для торообразных и оболочковых шин $2b_0$ – ширина профиля шины, Δ – половина высоты профиля шины. В частных случаях могут быть приняты промежуточные значения названных параметров;

h – глубина следа;

λ – деформация шины;

x, y – координаты.

Параметры b_0, Δ характеризуют кривизну шины в радиальной плоскости. Радиус кривизны в радиальной плоскости может быть найден из выражения:

$$r = \frac{b_0^2 + \Delta^2}{2\Delta}.$$

Приято допущение, что нормальные давления распределены по поверхности контакта в соответствии с функцией гиперболического тангенса, предложенной В.В. Кацыгиным:

$$q = \sigma_0 \operatorname{th} \frac{K}{\sigma_0} z,$$

где σ_0 – несущая способность почвы;

K – коэффициент объемного смятия почвы;

z – вертикальная осадка.

С учетом вышеизложенного получены выражения для расчета глубины следа и силы сопротивления качению колеса по почве. В частности для случая, когда беговая дорожка шины полностью выпрямляется и боковины шины частично погружаются в почву, указанные параметры можно определить следующим образом.

Глубину следа находим при совместном решении уравнений:

$$h = \frac{\sigma_0}{K} \operatorname{arth} \frac{G_{nl}}{2b_0\sigma_0\sqrt{(2R-\lambda)\Delta}\left(\sqrt{\frac{\lambda}{\Delta}}-1+\frac{\lambda}{\Delta}\arcsin\sqrt{\frac{\Delta}{\lambda}}\right)};$$

$$G = \frac{\alpha b_0\sigma_0^2}{K}\sqrt{\frac{2R-h-\lambda}{\Delta}}\ln ch\frac{K}{\sigma_0}h + G_{nl},$$

где G – нормальная нагрузка на колесо;

G_{nl} – часть нагрузки, воспринимаемая в плоской части контакта. Определяется по характеристикам шин на жестком основании. Ее значение зависит от размеров шины, нормальной нагрузки на колесо, давления воздуха в шине;

R – свободный радиус колеса;

α – расчетный коэффициент, зависящий от параметров шины и контакта [2].

Силу сопротивления качения колеса представим в виде двух составляющих P_{fn} и P_{fw} , учитывающих соответственно потери на деформацию почвы и шины:

$$P_f = P_{fn} + P_{fw}.$$

Составляющая силы сопротивления качению P_{fn} в рассматриваемом случае равняется:

$$P_{fn} = \frac{2b_0\sigma_0^2}{K}\ln ch\frac{K}{\sigma_0}h.$$

Значение составляющей силы сопротивления качению P_{fw} определим по формуле:

$$P_{fw} = K_w B_\kappa \lambda,$$

где B_κ – ширина плоской зоны контакта;

K_w – давление шины на дорогу при нулевом значении давления воздуха в шине.

Расчет силы сопротивления качению колеса в зависимости от значения стелы дуги протектора, характеризующей кривизну шин в

радиальной плоскости, показывает, что с уменьшением стрелы дуги протектора почти линейно снижается сила сопротивления качению. Расчет выполнен для случая качения колеса с шиной 22/70-20 по слежавшейся пахоте при нормальной нагрузке на колесо 30 кН.

Уменьшение стрелы дуги протектора с 70 мм (серийная шина 22/70-20 мод. Ф-118) до 10 мм (почти плоская шина) позволило бы снизить силу сопротивления качению в рассмотренных условиях примерно в 1,3 раза. Экспериментально подтверждено положительное влияние уменьшения кривизны шин в радиальной плоскости на показатели взаимодействия с почвой. Аналогичные по характеру экспериментальные данные приведены и в работе [3].

Заключение

1. Разработанная математическая модель взаимодействия пневматического колеса с почвой позволяет определять глубину следа и силу сопротивления качению колес в зависимости от значений диаметра шины, параметров профиля шины в радиальном сечении, нормальной нагрузки на колесо, деформации шины, давления воздуха в шине, свойств почвы. Модель построена на основе объемного представления поверхности контакта шины с почвой.

2. Для сельскохозяйственной техники целесообразно проектировать профиль шин с максимальным радиусом их кривизны в поперечной плоскости.

Список использованной литературы

1. Горин, Г.С., Исследование колееобразования при качении ведомого колеса / Г.С. Горин, Г.И. Гедроить, И.Е. Юреть // Воздействие ходовых систем сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов на почву: Сб. науч. трудов. – Горки, 1991. – С. 11-18.

2. Гедроить, Г.И. Сопротивление качению ведомых пневматических колес / Г.И. Гедроить // Агропанорама, 2010. – № 1. – С. 26-30.

3. Зайцев, С.Д. Тягово-сцепные качества высокоэластичных шин сверхнизкого давления / С.Д.Зайцев, С.В.Гончаренко, Л.С. Стребленченко, В.И. Прядкин, А.Б.Костин // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2008. – № 9. – С. 29-31.

УДК 631.51

А.И. Бобровник, д.т.н., профессор,

Белорусский национальный технический университет;

Т.А. Варфоломеева, ст. преподаватель, Г.И. Гедроить, к.т.н.,

доцент, Захаров А.В, к.т.н., доцент.

УО «Белорусский государственный аграрный технический

Университет», г. Минск, Республика Беларусь

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

Введение

Существующая структура земледелия и животноводства в областях и районах республики по данным академика НАН Беларуси Кукриша Л.В.[1] практически одна и та же, однако плодородие пахотных земель в Беларуси на межобластном уровне различается в 1,4 раза, межрайонном в 2,1 раза, межхозяйственном почти в 3 раза, что в зависимости от запланированной урожайности, что вызывает различную загрузку машинно-тракторных агрегатов и сроки выполнения полевых работ.

Поиску путей повышения эксплуатационных свойств ходовых систем тракторов «БЕЛАРУС» посвящена настоящая статья.

Основная часть

При выполнении мелиоративных и сельскохозяйственных работ в тяжелых производственных условиях эксплуатации в основном используются гусеничные машины.

На ОАО «МТЗ» создан гусеничный трактор класса 4,0 с рядом новых принципиальных инженерных решений; оригинальные механизм поворота, торсионная подвеска опорных катков, комфортабельная кабина, возможностью комплектации движителя на разработанной совместно с канадской фирмой «Soucy» резинотросовой с пластмассовыми звездочками и обрешиненными катками и др. Гидрообъемный механизм поворота - состоит из двухпоточного дифференциального механизма [2].

Гусеничный трактор «БЕЛАРУС» 1502-01 мелиоративной и лесохозяйственной 1502-02 модификации имеют эксплуатационную

массу 10,4-12,0 т со средним удельным давлением движителей на грунт 46-52 кПа. Белорусские тракторы по уровню мощности, весовым показателям, сроку эксплуатации в основном не уступают зарубежным аналогам[3]. Так следует отметить американского производителя сельскохозяйственной техники Case IH, представившего гусеничный пропашной трактор 2013 Steiger Quadtrac в трех моделях – 350, 400 и 450 Steiger Quadtrac [4] большой мощности двигателей. Они будут снабжены многофункциональной технологией Quadtrac, для проведения вспашки почвы, выполнения полевых работ, включая посевные работы, междурядную подкормку, внесение удобрений.

У колесного трактора с шарнирной рамой передние колеса устанавливаются без развала и сходимости и являются не управляемыми. Для обеспечения устойчивости прямолинейного движения колесного трактора ось соединения шарнира полурам устанавливают под некоторым углом в продольной плоскости [5]. В этом случае при повороте трактора на некоторый угол из-за изменения положения центра масс передней и задней секций трактора появляется стабилизирующий момент, стремящийся повернуть секции в исходное положение. Достаточный стабилизирующий момент может быть получен только при небольшой высоте центра масс секций трактора и когда они не совпадают с положением осей колес [5]. Применение шарнирной рамы у трактора с гусеничным движителем улучшает сцепление с дорогой, улучшает тягу. Преимущество тракторов Steiger Rowtrac заключается в высокой топливной экономичности и низких эксплуатационных издержках.

Минским тракторным заводом освоено семейство колесных тракторов «БЕЛАРУС» различного тягового класса, предназначенные для выполнения сельскохозяйственных работ с навесными, полунавесными, прицепными машинами и орудиями. Для повышения проходимости на заболоченных и лесных участках и при работе на рыхлых почвах (на переувлажненных почвах, на полях, подготовленных под посев), используют сдвигание колес. В сочетании с минимальным балластированием в обычных почвенных условиях сдвигание колес позволяет агрегатироваться трактору на полях с различным уклоном с тяжелыми комбинирован-

ными агрегатами. Влияние сдвигания на тяговую динамику трактора на рыхлом фоне проявляется следующим образом. В зоне номинальных тяговых усилий и малых скоростях буксование снижается в среднем в 1,4 раза и повышается тяговая мощность.

Механическое воздействие движителей не исчерпывается только уплотнением и уменьшением её пористости, снижающей возможности жизнедеятельности макро- и микроорганизмов, а также разрушения корневой системы растений. От контакта с движителями, особенно при криволинейном движении направляющих колес и повороте разрушается структура верхнего слоя почвы, она сдвигается и измельчается. Вследствие этого усиливаются процессы эрозии, из почвы более интенсивно выветриваются и вымываются наиболее плодородные компоненты.

Поиск оптимальных методов повышения тягово-сцепных свойств агрегатов на агрофоне повышенной влажности при значительном буксовании является одним из актуальных вопросов современности.

Эксплуатация колесных энергонасыщенных тракторов на полевых работах особенно при ранневесеннем посеве вызывает переуплотнение почвы, значительное колееобразование. Современная технология возделывания сельскохозяйственных культур требует хорошей выравненности поверхности поля, после многократного прохода по полю тракторных агрегатов. С целью улучшения проходимости для колесных тракторов наиболее простое и легко осуществимое решение - совершенствование движителей, с одновременным снижением давления воздуха в шинах до 60...90 Кпа.

При установке сдвоенных шин уменьшение буксование приводит к увеличению скорости движения пахотного агрегата, крюковой мощности, тягового КПД, снижению крюкового расхода топлива на 12,75%, повышению производительности на 10,81% [6].

По результатам испытаний трактора «БЕЛАРУС» класса 5, выполненных ПО «МТЗ» серийной комплектации со сдвоенными шинами установлено, что давление на почву передних колес с шинами 540/65R 30 составляет 72,9 – 74,2 кПа, задних колес с шинами 620/70R42 составляет 84,0 -85,0 кПа. Давление определялось в соответствии с ГОСТ 26953, ГОСТ 26955, ГОСТ 7057 при эксплуатационной массе трактора «БЕЛАРУС - 2822 ДЦ» 15800 кг.

Наиболее неблагоприятным, с точки зрения воздействия на почву, режимов движения тракторов с широкоразнесенными сдвоенными (строеными) колесами является непрямолинейное движение и особенно повороты, и развороты с малыми радиусами.

При криволинейном движении сдвоенных колес одного борта в ведущем режиме между ними возникает циркуляция мощности, по этому, внешнее по отношению к центру поворота колес катится с юзом. Это приводит к срезанию верхних слоев почвы и к увеличению колееобразования. Степень относительного скольжения сдвоенных колес зависит от кинематических параметров процесса движения, от конструктивных особенностей движителя и от характеристик почвы, причем циркулирующих между сдвоенными колесами момент у тракторов «БЕЛАРУС» 3522 может достигать 15-20% от ведущего момента на соответствующей полуоси. Механическое воздействие движителей на почву не исчерпывается только уплотнением и уменьшением ее пористости, снижающей условия жизнедеятельности макро- и микроорганизмов, а так же повреждением корневой системы растений. От контакта с движителями, особенно при криволинейном движении ведущих и направляющих колес, нарушается структура верхнего слоя почвы, почва сдвигается и измельчается. Вследствие этого усиливаются процессы водной и ветровой эрозии, из почвы более интенсивно выветриваются и вымываются наиболее плодородные компоненты.

При движении на повороте ведущих и ведомых колес возникают угловые деформации как почвы, так и шин, нарастающие по мере увеличения поворачивающего момента до тех пор, пока в пятне контакта шины с опорной поверхностью сохраняется сцепление. В пределах упругой деформации шина разворачивается относительно пятна контакта на некоторый угол. Деформация шины растет с увеличением приложенного к ней момента до потери сцепления с опорной поверхностью. С увеличением момента проскальзывание шины распространяется от краев к центру пятна контакта. При некотором значении момента или угла поворота в зависимости от агрофона, влажности почвы, глубины колеи и конструктивных параметров шины ее элементы начинают проскальзывать с разной интенсивностью [8]. При криволинейном движении в случае использования известных систем сдваивания и страивания колес негатив-

ное воздействие движителей на почву оказывается существенным. Предложенные конструкции устройств [8,9] для сдвигания задних колес трактора «БЕЛАРУС» класса 5 позволяют улучшить агро-экологические свойства агрегатов, при выполнении сельскохозяйственных и транспортных работ, особенно при криволинейном движении и на повороте снижаются динамические нагрузки на конечную передачу заднего моста трактора, а следовательно и трансмиссию повышаются транспортные скорости, уменьшаются расход топлива, улучшается управляемость агрегата. При отключенной системе привода наружных колес крутящий момент будет реализовываться только внутренними колесами.

Для перевода наружных колес на необходимый режим используется имеющаяся на тракторе пневмосистема. Возможен вариант механического включения муфт [8,9].

Заключение

Созданные на ОАО «МТЗ» энергонасыщенных колесные тракторы по потребительским свойствам, по уровню мощности, весовым показателям, сроку эксплуатации соответствуют зарубежным аналогам.

Ходовые системы тракторов необходимо совершенствовать в направлении улучшения их экологичности.

Предложенная конструкция для сдвигания задних шин тракторов позволяет отключить наружные колеса, что способствует снижению нагруженности трансмиссии трактора, повышению транспортных скоростей, уменьшению расхода топлива, увеличению ресурса шин при криволинейном движении агрегатов.

Список использованной литературы

1. Кукреш Л.В., Казакевич П.П., Новиков А.В. Задачи белорусского АПК на современном этапе развития. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д.А. Чудакову, В.А. Скотникову, 28-30 ноября 2013 г. Минск, 2013 г., 404 с, с.26-30.

2. Трактор гусеничный «БЕЛАРУС» 2103. Руководство по эксплуатации.- ОАО «Минский тракторный завод» .-2007 г.-250 с.

3. Коробкин В.А. Становление и развитие научно- конструкторской школы проектирования специальных машин на МТЗ в кн..Перспективы развития белорусского тракторостроения. Материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 29-30.05.2006 г. 280 с.

4. Поисковая система Google - Режим доступа: <http://ru.m.wikipedia.org/wiki/Case-STX-Steiger>. Дата доступа 27.09.2014.

5. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов. Москва, Машиностроение, 2004 г., 591 с.

6. Калинин Е.И., Оценка установки сдвоенных шин как одного из способов повышения эффективности работы пахотного агрегата на агрофоне со слабой несущей способностью// Калинин Е.И. 2012г.

7. Национальная программа действий Республики Беларусь по борьбе с деградацией земель. Раздел «Устойчивое использование и восстановление деградированных торфяников». – Минск, 2008.

8. Устройство для улучшения опорно-сцепной проходимости движителя: патент на изобретение № 16282, BY 1682 C1 2012.08.30

9. Устройство для улучшения опорно-сцепной проходимости движителя: патент на полезную модель № 7350, BY 7350 U1 2011.06.30.

УДК 621.35

А.В. Крутов, к.т.н., доцент, М.А. Бойко, ст. преподаватель
*Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск, РБ*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНАЦИИ СИЛОВЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИИ В ОЧИСТНОМ ЦИКЛОННОМ АППАРАТЕ

Введение

В сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь на мойку автотракторной техники и различных сельхозмашин затра-

чиваются значительные объемы воды. Кроме того, образованные при этом сточные воды содержат, как правило, различные минеральные загрязнения и, особенно, нефтепродукты в дозах, превышающих предельно допустимые показатели.

Очистка нефтесодержащих стоков с применением электрокоагуляции и электромагнитных гидроциклонов позволяет повысить степень обеззараживания воды и обеспечить замкнутое водоснабжение, рациональное использование водных ресурсов, снижение вредного воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду.

Основная часть

Для отделения частиц нефтепродуктов и других эмульсий, содержащихся в сточных водах постов мойки автотракторной техники, в гидроциклонах используется вращение жидкости, возникающее в результате тангенциального входа потока в рабочий объем аппарата (по касательной окружности). Интенсифицировать этот процесс можно применив воздействие на поток неоднородных электрических и магнитных полей постоянного тока.

В основе процессов разделения лежат эффекты воздействия на движущиеся с потоком воды частицы примесей целого ряда сил, в том числе сил неоднородных электрических и магнитных полей, обеспечивающие коагуляцию и отделение от воды взвешенных нефтепродуктов и синтетических моющих средств. Запишем уравнение баланса этих сил [1].

$$\vec{F} = ma = \vec{F}_T + \vec{F}_A + \vec{F}_Ц + \vec{F}_П + \vec{F}_Л,$$

где $\vec{F}$ – результирующая сила, действующая на частицу, Н;

m – масса частицы, кг;

a – ускорение движения частицы, м/с²;

$\vec{F}_T = mg$ – сила тяжести, Н;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$\vec{F}_A = \rho_v gV$ – сила Архимеда, Н;

ρ_v – плотность сточной воды, кг/м³;

V – объем погруженной частицы, м³;

$\vec{F}_{Ц}$ – сила центробежного поля, действующего на частицу загрязнения в рассматриваемом гидроциклоне, Н;

$\vec{F}_{П}$ – пондеромоторная сила, создаваемая системой электродов в зоне вектора напряженности электрического поля, Н;

$\vec{F}_{Л}$ – сила Лоренца, Н.

В аналитических расчетах учесть воздействие на частицу всех перечисленных выше сил практически невозможно, так как эти силы могут меняться по величине и многие по направлению. Это зависит от изменяющихся характеристики обрабатываемых сточных вод, параметров электрического и магнитного полей. С учетом этого некоторыми силами пренебрегают, если их воздействие незначительно или они уравновешивают друг друга.

В рассматриваемом случае очистки сточных вод с использованием комбинации силовых полей – центробежного, электрического и магнитного – пренебрегаем силами тяжести и Архимеда. Кроме того, принимаем во внимание, что направления центробежной силы и пондеромоторной силы (силы электрического поля) направлены от периферии к оси гидроциклона. Центробежная сила, действующая на частицу:

$$\vec{F}_{Ц} = (\rho_v - \rho_n) \delta^3 \frac{d_n^4 \alpha^{0,6} H}{d_{сл}^2 D^3},$$

где ρ_n – плотность частицы загрязнения в сточной воде, кг/м³;

δ – диаметр частицы, м;

$d_n, d_{сл}$ – диаметры подающего и сливного патрубков гидроциклона, соответственно, м;

D – диаметр гидроциклона, м;

H – разница в напорах на входе и на выходе воды из гидроциклона, м;

α – конусность гидроциклона.

В однородном электрическом поле движение частиц обусловлено силами электрофореза, а их взаимодействие поляризационными силами. В неоднородном электрическом поле, напряженность которого является функцией пространственных координат, на частицу помимо электрофоретической силы действует диполофоретическая сила, вызванная тем, что к одному заряду диполя частицы прикладывается поле большей напряженности, чем к другому. Скорость диполофоретического дрейфа частицы пропорциональна градиенту потенциала.

Незаряженная частица приходит в движение только под воздействием неоднородного электрического поля. В отличие от нее частица, несущая собственный электрический заряд, перемещается и в однородном постоянном поле: заряженная положительно, движется по направлению поля; заряженная отрицательно, движется в противоположном направлении. В переменном однородном поле заряженная частица не перемещается, так как, получая чередующиеся импульсы, толкающие ее то в одну, то в другую сторону, и не поспевая за ними вследствие инерции, она практически остается на месте.

Неоднородное электрическое поле в нашем случае создается выбранной геометрией расположения электродов – наклонно (с конусностью гидроциклона) и перпендикулярно (в зоне электрофлотации). Пондеромоторную силу, действующую на частицу в электрическом поле можно определить по следующей формуле [2]:

$$\vec{F}_{\Pi} = \delta^3 \frac{(\rho_v - \rho_{\phi}) \epsilon_{\phi} \epsilon_0 (\epsilon_v - \epsilon_{\phi})}{\rho_v \rho_{\phi} (\epsilon_v + 2\epsilon_{\phi}) r^3 (1 + \frac{h}{r}) \ln^3 (1 + \frac{h}{r})} U^2,$$

где ρ_{ϕ} – плотность частицы, кг/м³;

$\epsilon_v, \epsilon_{\phi}$ – диэлектрические проницаемости сточной воды и частиц фазы включений, Ф/м;

ϵ_0 – электрическая постоянная, Ф/м;

r – радиус электродов, м;

h – расстояние между электродами, м;

U – напряжение на электродах, В;

Известно, что в магнитном поле с индукцией $\vec{B}$ на частицу массой m и зарядом Q , движущимся со скоростью $\vec{v}$, действует сила Лоренца $\vec{F}_L$. Уравнение ее движения имеет вид

$$\vec{F}_L = m \frac{d\vec{v}}{dt} = Q\vec{v}\vec{B},$$

где $\vec{v}$ – вектор скорости движения частицы, м/с;

$\vec{B}$ – вектор магнитной индукции, Тл;

Q – заряд частицы в магнитном поле гидроциклона, Кл;

Раскладывая вектор скорости на две составляющие: $\vec{v}_{\text{пр}}$ – параллельную вектору магнитной индукции и $\vec{v}_{\text{перп}}$ – перпендикулярную $\vec{B}$, и учитывая, что $\vec{v}_{\text{пр}}\vec{B} = 0$, а $\vec{v}_{\text{перп}}\vec{B} = vB$, можно получить из уравнения движения два уравнения

$$m \frac{d\vec{v}_{\text{пр}}}{dt} = 0, \tag{1}$$

$$m \frac{d\vec{v}_{\text{перп}}}{dt} = Q\vec{v}_{\text{перп}} B_r, \tag{2}$$

где B_r – тангенциальная составляющая магнитной индукции, Тл.

Первое уравнение, решением которого является $\vec{v}_{\text{пр}} = \text{const}$, описывает равномерное движение частицы, параллельное направлению

вектора магнитной индукции $\vec{B}$. Из второго уравнения следует, что частица движется в плоскости, перпендикулярной $\vec{B}$, с постоянным ускорением

$$a = \frac{dv_{\text{перп}}}{dt} = \frac{F_{\text{Л}}}{m} = \frac{Qv_{\text{перп}}B}{m}.$$

Такое движение есть равномерное движение по окружности, радиус которой

$$R = \frac{v_{\text{перп}}^2}{a} = \frac{mv_{\text{перп}}}{QB}.$$

В неоднородном магнитном поле при движении заряженной частицы в направлении возрастания поля силовые линии будут сходящимися, и движение происходит по винтовой линии с уменьшением радиуса (рис.).

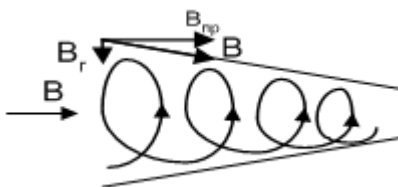


Рисунок. Траектория движения заряженных частиц в неоднородном магнитном поле.

Таким образом, применяя комбинацию силовых полей можно ускорить время очистки сточных вод от взвешенных частиц и эмульсий. При этом скорость их отделения увеличится и будет равна сумме скоростей перемещения удаляемых частиц, вызванных центробежной силой ($v_{\text{Ц}}$), пондеромоторной ($v_{\text{П}}$), и силой Лоренца ($v_{\text{Л}}$): $v_{\text{Н}} = v_{\text{Ц}} + v_{\text{П}} + v_{\text{Л}}$.

Заключение

1. Электромагнитным воздействием на скоагулировавшие заряженные частицы нефтепродуктов, в очищаемых стоках, движущихся в гидроциклоне, можно интенсифицировать процесс отделения данных загрязнений. Направление движения коагулянта зависит от величины неоднородного магнитного поля, скорости сточных вод и величины заряда, которым обладают скоагулировавшие частицы.

Список использованной литературы

1. Повх, И.Л. Техническая гидромеханика. 2-е изд., доп. Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1976. – 504 с.
2. Грановский, М.Г., Лавров, И.С., Смирнов, О.В. Электрообработка жидкостей. Под ред. докт. техн. наук И.С. Лаврова. Л., «Химия» (Ленингр. отд-ние), 1976. – 216 с.
3. Ильин, В.И., Колесников, В.А. Электрохимическая очистка промышленных сточных вод с оборотным циклом//Химическая технология. – 2002. – №1. – С.31-35.

УДК 004.3

Матвеев И.П., кандидат технических наук, доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ AVR В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение

Энергосбережение с каждым годом становится все более актуальной проблемой. Ограниченность энергетических ресурсов, высокая стоимость энергии, негативное влияние на окружающую среду, связанное с её производством, все эти факторы говорят о том, что разумней снижать потребление энергии, нежели постоянно увеличивать её производство.

Сохранение энергии - наиболее перспективный путь к решению проблем нехватки энергетических ресурсов для производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Для увеличения производства продукции сельское хозяйство должно развиваться, интенсивно используя индустриальные технологии, а этот процесс неразрывно связан с возрастанием потребления энергии. Поэтому в современных условиях вопрос экономии топливно-энергетических ресурсов приобретает особую остроту.

Без организации товарного производства на базе энергоресурсосбережения не может быть нормального отечественного рынка продовольствия, сориентированного на массового потребителя.

Проблема энергосбережения является комплексной и включает целый ряд задач. Поэтому попытки решать отдельные вопросы обособленно чаще всего не приводят к хорошему результату. Только рассмотрение их оптимальных сочетаний позволит достигнуть необходимого эффекта. Одним из направлений решения задачи энергосбережения является снижение энергетических потерь при работе исполнительных устройств технологических линий за счет более рационального управления ими с использованием микроконтроллеров.

Основная часть

В качестве исполнительных устройств в различных технологических линиях используются электродвигатели (постоянного тока, переменного тока, шаговые и др.). Системы автоматизированного управления электродвигателями, как правило, включают электронные схемы с использованием микроконтроллеров различных типов. Однако отладка работы реальных контроллеров оказывается затратной задачей, так как недостаточно только написать программу в определенной среде, необходимо с помощью программатора «прошить» процессор, т.е. записать в него разработанную программу, подключить к выходу контроллера исполнительные устройства и только тогда наглядно увидеть результат своей работы.

Решить такую задачу проще стало возможным благодаря компьютерному моделированию.

В работе используются микроконтроллеры AVR фирмы ATMEL, которые представляют собой современные высокопроизводительные и экономичные встраиваемые контроллеры многоцелевого назначения [1], с помощью которых возможно реализовать оптимальные (энергосберегающие) режимы работы электродвигателей.

Для проведения компьютерного моделирования была использована программа **Proteus v7.7**.

Proteus (by Labcenter Electronics) - симулятор принципиальных электронных схем. С помощью него можно создать и проверить работу спроектированной электрической схемы с микроконтроллером. То есть можно заранее, виртуально, просмотреть результаты выполненной работы и увидеть возможные ошибки до реализации проекта на физическом устройстве.

В Proteus наряду с редактором электронных схем (ISIS) включен графический редактор печатных плат (ARES), т.е. при необходимости возможно развести печатную плату в соответствии с разработанной электронной схемой и создать реальное устройство.

Сначала создается проект в Proteus v7.7.

В данном примере приводится проект схемы для управления двигателем постоянного тока.

Для создания проекта необходимо открыть предварительно установленную программу Proteus v7.7. Затем собрать виртуальную электронную схему, выбрав необходимые элементы, и разместить их на выделенном пространстве [2].

Используем микроконтроллер фирмы ATMEL, выбираем тип микроконтроллера AT89C51, к входам которого подключается кварцевый генератор X1 с частотой 12 МГц и схема, выполняющая функции кнопки сброса (Reset Button). К выходам микроконтроллера подключаются двигатель постоянного тока (DC Motor) и схема управления (Motor Controls), которая имеет две управляющие кнопки: кнопку DEC, нажимая на которую можно уменьшать скорость

вращения электродвигателя постоянного тока, и кнопку INC, которая позволяет увеличивать скорость вращения электродвигателя (рис. 1).

Контроллер управляет работой электродвигателя постоянного тока, используя широтно-импульсную модуляцию (ШИМ), то есть осуществляет управление средним значением напряжения, подаваемого на двигатель, путем изменения скважности импульсов, формируемых схемой управления. Какие импульсы формируются схемой управления можно посмотреть на виртуальном осциллографе, который выведен на поле проектирования.

Далее проверяем работу собранной схемы в соответствии с разработанной программой.

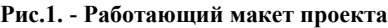
Проводится компиляция программы и создание нового файла с расширением hex. Такой hex файл необходим для прошивки реального микроконтроллера или для симуляции работы микроконтроллера в программе Proteus v7.7.

В схеме кликаем на изображение контроллера и вводим путь, где находится .hex файл (файл с программой работы контроллера), нажимаем ОК [3].

Затем запускаем эмуляцию программы, нажав на кнопку Старт, и наблюдаем работу схемы в соответствии с написанной программой [4] для микроконтроллера (рис.1).

В нашем случае, в процессе эмуляции визуально наблюдаем вращение электродвигателя М и управление скоростью вращения в соответствии скважностью импульсов, задаваемых микроконтроллером.

В качестве примера энергосбережения можно привести микроконтроллерное управление поворотного механизма с серводвигателем для поворотной платформы солнечных батарей; с помощью микроконтроллера можно реализовать управление отоплением или освещением различных объектов, в том числе и сельскохозяйственного назначения; управление электроприборами, что является неотъемлемой частью энергосбережения.



Заключение

57

Список использованной литературы

1. Джон Мортон. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. – М.: Издательский дом Додэка-XXI, 2006. – 272 с.
2. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 592 с.
3. Матвеев И.П. Методика изучения микроконтроллеров AVR. «Информатизация образования», №2. 2013. - С.86-95.
4. Программирование в AVR Studio 5 с самого начала: <http://datagor.ru/microcontrollers/1787-programirovanie-v-avrstudio-5-s-nulya.html>.

УДК 631.3.072

А.В. Захаров к.т.н., доц., А.В. Ващула к.т.н.,

Т.А. Варфоломеева, И.О. Захарова

*Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск, Республика Беларусь*

ИЗМЕНЕНИЕ КИНЕМАТИКИ НАВЕСНОГО УСТРОЙ- СТВА В ПОПЕРЕЧНОЙ ПЛОСКОСТИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ТРАКТОРА ОДНИМ БОРТОМ В БОРОЗДЕ

Введение

При движении правыми колесами трактора по дну борозды, такая схема работы применяется при агрегатировании трактора с оборотными и необоротными плугами, остов трактора повернут относительно плуга в поперечно-вертикальной плоскости. Часто при расчетах усилий в звеньях навесного устройства и прочностных, изменение кинематики навесного устройства не учитывают, что дает значительную погрешность.

Основная часть

На (рисунке 1) изображена расчетная схема механизма в плоскостях проекции. Пусть при установившемся движении плуга механизм навески *ABCD* в плоскостях проекций должен занять положение (при отсутствии перекоса трактора), изображенное на (рисунке 1) штриховыми линиями. Для определения приближенного поло-

жения звеньев механизма в плоскостях проекции у колесного трактора тягового класса 5,0 повернем корпус трактора в поперечно-вертикальной плоскости вокруг продольно-горизонтальной оси до соприкосновения правых его колес с дном борозды на заданной глубине a , сохраняя при этом горизонтальное положение рамы плуга. Такой относительный поворот трактора возможен благодаря наличию шаровых шарниров в присоединительном треугольнике $B^I CB^II$ плуга.

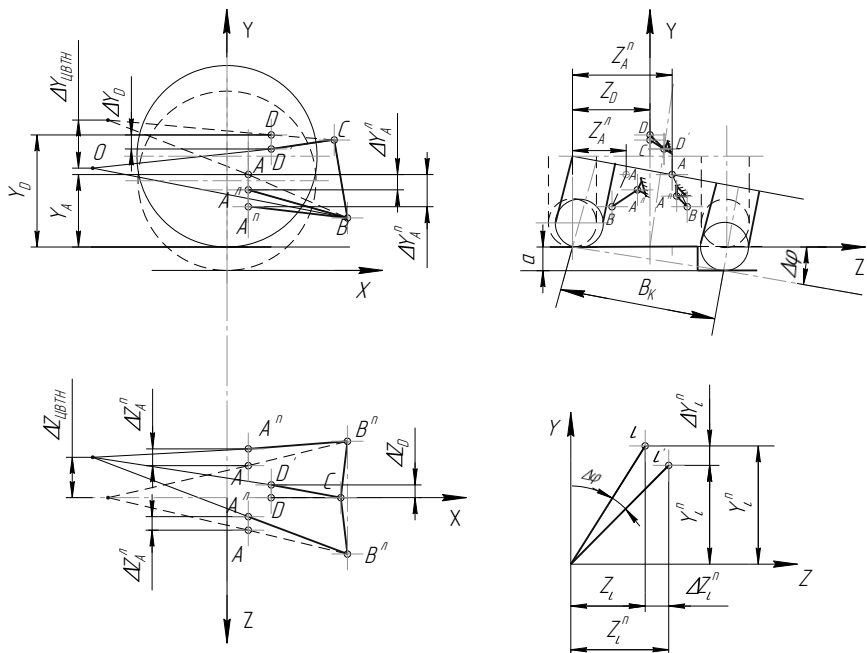


Рисунок 1 - Схемы к расчёту перемещений звеньев механизма навески в плоскостях проекций YX, ZX, YZ

- штриховые линии при движении трактора без перекоса $\Delta\varphi = 0$;
- сплошные – при движении с перекосом $\Delta\varphi \neq 0$.

При указанной предпосылке определим:

- положение неподвижных шарниров A^I , A^II и D' и положения механизма навески в плоскостях проекций (сплошные линии на рисунке 1).

- смещения Δy_i^n и Δy_i^r , по вертикали, а также Δz_i^n и Δz_i^r в поперечном направлении любого неподвижного шарнира могут быть определены из следующих соотношений:

$$\left. \begin{aligned} \Delta z_i^i &= z_i - z_i^i = z_i (1 - \cos \Delta \varphi) + y_i \sin \Delta \varphi; \\ \Delta y_i^i &= y_i^i - y_i = z_i \sin \Delta \varphi - y_i (1 - \cos \Delta \varphi), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где z_i и y_i – координаты неподвижного шарнира при горизонтальном положении трактора, м;

$\Delta \varphi$ - угол, на который повернут корпус трактора в поперечной плоскости;

- смещения ЦВТН $\Delta z^{ЦВТН}$ по оси Z и $\Delta y^{ЦВТН}$ по оси Y

$$\left. \begin{aligned} \Delta z^{\dot{O}\dot{A}\dot{\alpha}} &= z_o (1 - \cos \Delta \varphi) + h_{\dot{O}\dot{A}\dot{\alpha}} \sin \Delta \varphi; \\ \Delta y^{\dot{O}\dot{A}\dot{\alpha}} &= z_i \sin \Delta \varphi - h_{\dot{O}\dot{A}\dot{\alpha}} (1 - \cos \Delta \varphi), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где z_o – координата по оси Z ЦВТН при горизонтальном положении трактора, м;

$h_{ЦВТН}$ - высота ЦВТН над опорной поверхностью, м.

При ширине колеи B_k задних колес можно положить:

$$\Delta \varphi \approx \arcsin \frac{a}{B_e} \quad (3)$$

Результаты расчетов смещения шарниров и ЦВТН навески трактора по выражениям 1, 2 и 3 при различной глубине вспашки представлены в таблице 1.

**Таблица 1 - Смещения шарниров навески и ЦВТН трактора
«Беларус 3022» при ширине колеи задних колес $B_{34}=1800$ мм**

Глубина вспашки a , мм	Угол, по- ворота корпуса трактора в поперечной плоскости, $\Delta\varphi$, град	Смещения шарниров A^I, A^{II} навески трактора				Смещения ЦВТН по оси Z и Y	
		По вертикали		В поперечном направлении		$\Delta z^{ЦВТН}$, мм	$\Delta y^{ЦВТН}$, мм
		Δy_A^I , мм	Δy_A^{II} , мм	Δz_A^I , мм	Δz_A^{II} , мм		
180	5,8	55,33	117,9	67,63	70,8	78,32	86,2
200	6,45	61,1	130,75	75,56	79,49	87,63	95,35
220	7,09	66,69	143,2	83,42	88,16	96,9	104,2
240	7,75	72,36	155,9	91,6	97,26	106,5	113,3
260	8,039	77,7	168,2	99,58	106,22	110,8	117,29
280	9,05	83,26	180,7	107,88	115,6	125,9	130,9
300	9,7	88,57	193,03	116,12	124,9	135,7	139,5

Заключение

Из анализа расчётных схем кинематики навесных и полунавесных пахотных МТА в поперечной плоскости следует, что при глубине вспашки 0,18...0,3м смещения шарниров A крепления навесного устройства на тракторе «Беларус 3022» и ЦВТН по вертикали Δy и в поперечном Δz направлениях при колее задних колёс $B_{34} = 1,8$ м достигают:

- левого $\Delta y_A^I=55,33...88,5$ мм и $\Delta z_A^I=67,63...116,12$ мм;
- правого $\Delta y_A^{II}=117,9...193,03$ мм и $\Delta z_A^{II}=70,8...124,9$ мм;
- ЦВТН $\Delta y^{ЦВТН}=86,2...139,5$ мм и $\Delta z^{ЦВТН}=78,32...135,7$ мм;

Угол наклона корпуса трактора в поперечной плоскости составляет $\Delta\varphi=5,8...9,7^\circ$.

Предложенный алгоритм расчета и результаты расчета необходимы для правильной настройки пахотного агрегата.

Список использованной литературы

1. Турбин Б.Г. и др. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчёт/ Б.Г. Турбин. - Ленинград: Машиностроение, 1967. – 577 с.

2. Синеоков Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин/ Г.Н. Синеоков. - Москва: Машиностроение, 1965. - 310 с.

3. Горин Г.С. Курсовая устойчивость пахотного МТА при работе с несимметричной тяговой нагрузкой/ Г.С. Горин, И.С. Сушко, М.М. Казак, А.В. Захаров// Агропанорама. – 2007. - № 3. - С. 18 - 23.

УДК 532.1:621.88

**Петрашев А.И., д.т.н., с.н.с., Клепиков В.В., аспирант,
Петрашева М.А., аспирант, Таха Ф.Д., аспирант**
*Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
г. Тамбов, Россия*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПЛОТНОСТЬ ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫХ ПРИСАДОК

Введение

Производство консервационных материалов для противокоррозионной защиты рабочих органов почвообрабатывающей техники заключается в совместном нагреве твердых и жидких компонентов до температурного уровня, который не менее чем на 20 °С превышает температуру плавления твердого компонента, а затем в их тщательном перемешивании до получения однородного вещества [1, 2, 3]. При выборе эффективного перемешивающего устройства важно знать соотношение плотностей жидкого и твердого компонента и закономерности их изменения в процессе нагрева.

Основная часть

Рассмотрим цилиндрический вертикальный бак, в котором нагревают и смешивают компоненты при приготовлении консервационной смазки. В качестве компонентов используют отработанное масло и термопластичные противокоррозионные присадки, например Эмульгин или КО-СЖК. При введении в масло они погружаются на дно бака [4]. В процессе нагрева температура твердой присадки поднимается до точки начала плавления - T_n , затем в течение

интервала $\Delta T_{\text{п}}$ достигает температуры окончания плавления - $T_{\text{к}}$ и переходит в жидкое состояние. Температурный интервал плавления присадки: $\Delta T_{\text{п}} = T_{\text{к}} - T_{\text{н}}$.

В процессе нагрева и плавления плотность присадки $\rho_{\text{п}}$ может сравняться с плотностью $\rho_{\text{м}}$ отработанного масла ($\rho_{\text{п}} = \rho_{\text{м}}$) при температуре $T_{\text{с}}$:

$$T_{\text{с}} = T_{\text{н}} + \frac{\rho_{\text{п.н.}} - \rho_{\text{м.н.}}}{\rho_{\text{п.н.}} \beta_{\text{п}} - \rho_{\text{м.н.}} \beta_{\text{м}}} \leq T_{\text{к}}. \quad (1)$$

где $\rho_{\text{п.н.}}$, $\rho_{\text{м.н.}}$ - плотность присадки и масла при температуре $T_{\text{н}}$, кг/м^3 ; $\beta_{\text{п}}$, $\beta_{\text{м}}$ - температурный коэффициент изменения плотности присадки и масла при плавлении в интервале $\Delta T_{\text{п}}$, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

Представим, что плавящаяся присадка имеет форму куба высотой z (рисунок 1), удерживаемого одновременно на глубине H от свободной поверхности. Силой, одновременно удерживающей горячую присадку, может быть сила вязкого трения масла.

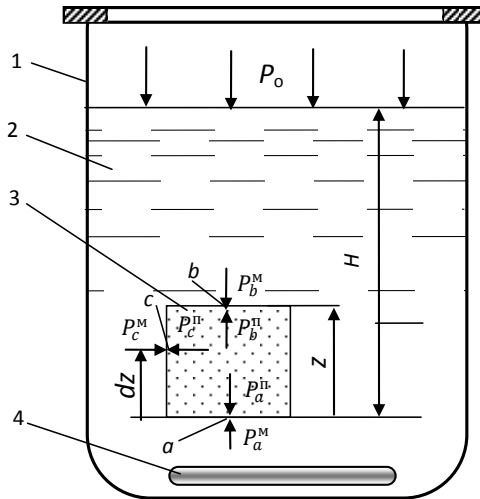


Рисунок 1 - Схема исследования гидростатического давления при нагреве компонентов консервационной смазки

1 - вертикальный бак; 2 - отработанное масло; 3 - присадка; 4 - нагреватель

На нижнем горизонтальном основании куба вокруг точки a выделим единичную площадь, на верхнем горизонтальном основании

вокруг точки b тоже выделим единичную площадь.

На единичную площадь a нижнего основания, находящегося на глубине H , со стороны масла действует гидростатическое давление P_a^M , определяемое по известной формуле [5]:

$$P_a^M = P_0 + \rho_m g H,$$

где P_0 - внешнее давление на свободную поверхность, Па; g - ускорение свободного падения, м/с².

Со стороны горячей присадки на единичную площадь a нижнего основания куба действует вертикальное гидростатическое давление P_a^n :

$$P_a^n = P_0 + \rho_m g (H - z) + \rho_n g z.$$

Разность давлений ΔP между маслом и присадкой на единичную площадь нижнего основания куба определим из выражения:

$$\Delta P = P_a^M - P_a^n = (\rho_m - \rho_n) g z. \quad (1)$$

Если плотность $\rho_m > \rho_n$, то разность гидростатических давлений на плоскость нижнего основания куба положительна ($\Delta P > 0$) и направлена снизу вверх. Разность ΔP уместно считать вертикальным перепадом гидростатических давлений. Анализ показывает, что на площади верхнего основания (например, в точке b) и в любом другом горизонтальном сечении куба величина вертикального перепада гидростатических давлений неизменна и определяется по формуле (1).

Величина горизонтального перепада гидростатических давлений, действующих на вертикальную единичную площадь куба в точке c , зависит от расстояния dz и плотности присадки.

Для всплывающей присадки:

$$\Delta P_{c,c} = (\rho_m - \rho_n) g dz.$$

Для не всплывающей присадки:

$$\Delta P_{c,n} = (\rho_n - \rho_m) g (z - dz).$$

Для всплывающей присадки перепад давлений возрастает от нуля внизу, до максимума сверху при $dz \rightarrow z$:

$$\Delta P_{max} = (\rho_m - \rho_n) g z.$$

Для не всплывающей присадки перепад давлений возрастает от

нуля вверх, до максимума вниз при $dz \rightarrow 0$:

$$\Delta P_{\text{max}} = (\rho_n - \rho_m)gz.$$

Горизонтальный перепад гидростатических давлений является движущей силой, обеспечивающей растекание всплывающей присадки по уровню свободной поверхности, а не всплывающей - по дну бака.

Экспериментальное определение температурных зависимостей для плотностей термопластичных присадок (Эмульгин, КО-СЖК) в их твердом состоянии и в период плавления проводили с использованием стеклянных пикнометров [6]. Влияние температуры на плотность масла и расплавленных компонентов, находящихся в жидком состоянии, оценивали посредством денсиметров, тарированных на подходящий диапазон плотности.

Установлено, что при нагреве от 23 до 55 °С плотность присадки КО-СЖК снизилась на 20 кг/м³, а присадки Эмульгин - на 60 кг/м³. Столь резкое снижение плотности Эмульгина объясняется наличием в его составе алифатических аминов и парафиновых углеводородов (до 35 %) с высоким коэффициентом объемного расширения.

Анализ представленных результатов позволил выделить три участка, отличающихся темпом изменения плотностей присадок (рисунок 2). На 1-ом участке, при нагреве до 40 °С, присадки находятся в состоянии твердого вещества. На 2-ом участке температуры 40-46 °С происходит интенсивное плавление, и снижается их плотность. 3-ий участок температуры 46-60 °С соответствует разогреву расплавленной массы присадок.

При разработке конструктивной схемы перемешивающего устройства необходимо учитывать уровень размещения компонентов внутри бака, который зависит от значений их плотностей. Так как каждый из исследуемых компонентов смешивается с отработанным маслом, то уровень их размещения можно определить расчетом по формуле:

$$\Delta\rho = \rho_m - \rho_n.$$

Если разность плотностей ($\Delta\rho$) имеет отрицательное значение, то присадка, как более тяжелое вещество, опустится на дно бака. Если - положительное значение, то присадка всплывет на поверхность масла.

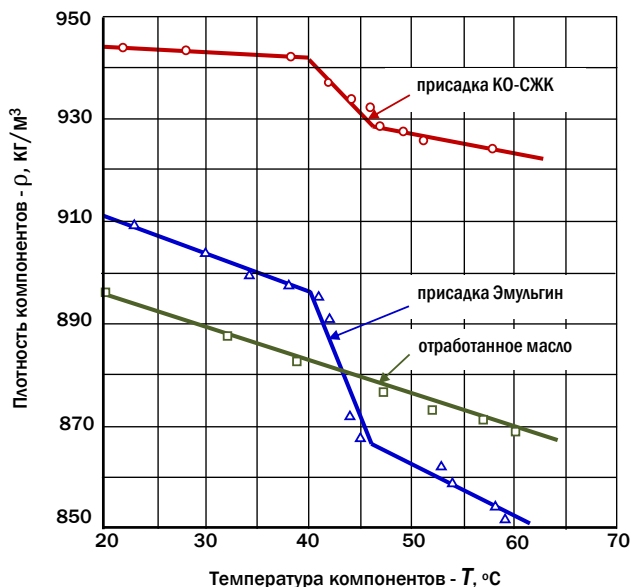


Рисунок 2 - Экспериментальные данные зависимости плотности ρ компонентов консервационной смазки от температуры T нагрева

Так присадка КО-СЖК на протяжении всего периода нагрева будет находиться в масле на уровне дна бака. Присадка Эмульгин при загрузке в бак сначала опустится в масле на уровень дна, а затем в процессе плавления поднимется на поверхность масла. Из рисунка 2 определим температуру $T_c = 43^\circ\text{C}$, при нагреве свыше которой присадка начнет всплывать на поверхность масла. При этом горизонтальный и вертикальный перепады гидростатических давлений составят 3-5 Па.

Такое поведение присадки Эмульгин характерно для смешивания с отработанными минеральными маслами плотностью 890-910 кг/м³. Синтетические масла имеют меньшую плотность 848-885 кг/м³. Поэтому при производстве консервационных смазок с отработанными синтетическими маслами высока вероятность того, что присадка Эмульгин не всплывет на их поверхность.

Исходя из анализа полученных результатов исследований, конкретизированы требования к устройству установки для производства консервационных смазок. Разрабатываемая установка должна

быть оснащена обогреваемым баком с мешалкой, способной в случае использования присадок типа КО-СЖК активизировать смешивание придонного слоя присадки с массой более легкого масла. В установках эконо-класса в качестве ручной мешалки для смешивания присадки КО-СЖК с маслом применима листовая мешалка с отбойными пластинами по периферии бака.

Следует иметь в виду, что мешалка должна обеспечить также эффективное смешивание всплывшей присадки Эмульгин с массой более тяжелого масла, находящегося под ней. Практика показывает, что листовой мешалкой, вращаемой вручную, возможно смешивать компоненты объемом до 30 л в течение достаточно длительного времени (до 1,0 ч), часто меняя направление вращения.

Для улучшения смешивания с маслом всплывающей присадки, разжиженной нагревом, на поверхности жидкости пробовали устанавливать радиальные пластины, которые препятствовали образованию центральной воронки. Однако применение таких пластин оказалось малоэффективным.

Заключение

Эффективное смешивание нагретой присадки Эмульгин с отработанным минеральным маслом можно обеспечить двумя путями:

1. Принудительным накачиванием масла на поверхность расплавленной присадки с одновременным их смешиванием. Смесь масла с присадкой благодаря циркуляции в течение короткого периода времени станет однородной. Данный способ реализуем с использованием направляющего цилиндра и пропеллерной мешалки, отличающейся высоким насосным действием. Однако для работы пропеллерной мешалки на больших оборотах требуется электропривод.

2. Принудительным нагнетанием расплавленной присадки в объем масла и их смешиванием при вертикальной циркуляции компонентов внутри бака. Для реализации этого смешивания в установках эконо-класса требуется разработка нового комбинированного смесителя с ручным приводом.

Список использованной литературы

1. Петрашев, А.И. Совершенствование технологических

процессов и ресурсосберегающих средств консервации сельскохозяйственной техники при хранении: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.20.03. / А.И. Петрашев - Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. - 2007. - 48с.

2. Петрашев, А.И. Научно-технические основы механизации процессов консервации аграрной техники / А.И. Петрашев, С.Н. Сазонов, В.В. Клепиков // Вестник МичГАУ. - 2014. - №4. - С.61-67.

3. Петрашев, А.И. Мобильный агрегат для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники вязкими смазками / А.И. Петрашев, Л.Г. Князева, В.В. Клепиков // Тракторы и сельхозмашины. - 2014. - №2. - С.11-13.

4. Петрашев, А.И. Приготовление консервационных материалов на малогабаритном оборудовании. /А.И. Петрашев // Техника в сельском хозяйстве. -1999. - №3. С.5-8.

5. Рабинович Е.З. Гидравлика. Учебное пособие для вузов. - М.: Недра. - 1980. - 278с.

6. Определение теплофизических свойств газов, жидкостей и водных растворов веществ: Методические указания. /Составители: Шадрина Е.М., Волкова Г.В. - Ивановский ГХТУ. - Иваново, 2009. - 80с.

УДК 629.3.027.514

С.В. Занемонский, И.О. Захарова, И.И Бондаренко,
УО БГАТУ г. Минск, Республика Беларусь

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЭФФЕКТА АКВАПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Введение

Развитие аграрного сектора народного хозяйства Республики Беларусь на современном этапе характеризуется процессами модернизации и перехода на инновационный путь развития. Происходящие преобразования связаны в том числе с внедрением высокопроизводительных стационарных и высокоскоростных мобильных

машин. Применение последних при неблагоприятных погодных условиях чревато возникновением явления аквапланирования.

Основная часть

Аквапланирование — полная потеря сцепления колес с опорной поверхностью, вызванная присутствием непрерывного водяного слоя, отделяющего шины движущегося транспортного средства от дорожной поверхности.

Эффективность выдавливания воды из пятна контакта зависит от рисунка протектора, величины его износа, скорости транспортного средства, качества дорожного покрытия, толщины слоя воды, давления воздуха в шине и пр. До определенного момента, зависящего от названных факторов, шина справляется с выдавливанием воды и создает пятно контакта с дорожным полотном. Но при достижении этого момента шина будет уже не в состоянии эффективно выдавливать воду из-под себя, слой воды постепенно будет превращаться в водяной клин, который отрывает шину от дороги.

При отсутствии сцепления с дорогой не имеет смысла жать на тормоза, и крутить руль. Даже самое легкое торможение или снятие ноги с педали газа могут развернуть автомобиль, или вынести его на полосу встречного движения. В такой ситуации даже самые современные системы, такие, как DSC и ABS с программами стабилизации и противоскольжения не могут повлиять на силу трения шины с поверхностью дороги, и именно свойства шины имеют первостепенную значимость.

Дождевые шины являются самой молодой группой среди остальных групп автомобильных шин, они появились позже всех: в 1970-х годах — в виде идей и патентов, и только в начале 90-х, благодаря успешному применению на "Формуле 1", пришли в обычное производство и стали доступными для обычного потребителя.

Компания Goodyear была первой, кто предложил дождевые шины для реализации — в 1991 году в магазины в Америке, а затем и в Европе поступила модель Aquatred, которая имела индекс скорости Т (до 190 км/ч). И вскоре уже все ведущие производители шин начали выпускать "дождевые" модели.

В настоящее время почти в каждой модели шин, предназначенных для любого сезона, в материалах и конструкции всех её частей

можно обнаружить элементы, присущие дождевым шинам. Среди них такие, как "активная сажа", которая впитывает часть водяной пленки и создаёт "приклеивание" шины к поверхности дороги; водоотводящие дренажные каналы, которые выбрасывают из-под шины грязь, снег и воду.

Дождевая шина имеет собственный рисунок протектора, который не похож ни на один другой. Глубокий водоэвакуационный канал, осуществляющий деление шины на 2 части вдоль, является одним из основных признаков дождевых шин. От него к краям идут косые поперечные канавки, которые отвечают за выброс воды из пятна контакта.

Что касается факторов, "способствующих" аквапланированию автомобиля, толщины водяной пленки и скорости движения, то говорить о каких-то апробированных методиках контроля пока сложно. Давно подмечено, что вероятность потери управления автомобилем на мокрой дороге связана с толщиной пленки воды и скоростным режимом движения транспортного средства. Но каковы же научно обоснованные критерии этой взаимосвязи? Какая скорость движения при определенной "мокроте" асфальта опасна? Вопросов очень много, но однозначного решения нет. Да и ожидать его трудно.

Большое влияние на величину сцепления и безопасность движения имеет состояние (износ) рисунка протектора при движении автомобиля по дороге, покрытой слоем воды во время дождя. На такой дороге наблюдается резкое снижение коэффициента сцепления, которое тем заметнее, чем выше скорость движения и чем больше толщина водяного слоя. Это происходит вследствие того, что вода не успевает отводиться из зоны контакта. При определенных значениях скорости и толщины слоя воды из-за действия гидродинамических сил на входе в контактную зону образуется водяной клип, который приподнимает шину над опорной поверхностью. Дальнейшее увеличение скорости приводит к распространению этого клина на всю плоскость контакта и шина «всплывает» на слое воды над поверхностью дороги.

Такое явление называют аквапланированием, а скорость, при которой оно возникает, критической. В этом случае колесо теряет контакт с дорогой и достаточно очень незначительного внешнего

воздействия (даже порыва ветра), чтобы автомобиль изменил траекторию движения [1].

При скоростях движения, предшествующих аквапланированию, зона контакта состоит из трех участков (рисунок 1,а) [2]. В передней части контакта участок А – водяной клин, т. е. не разрушенный водяной слой. Контакта с дорогой нет. Вода не успевает отводиться в канавки протектора и в стороны. Коэффициент сцепления близок к нулю. В средней части контакта имеется переходный участок В с частично разрушенным водяным слоем. Здесь возникает жидкое и сухое трение, а коэффициент сцепления имеет промежуточное значение между коэффициентом, соответствующим жидкому и сухому трению.

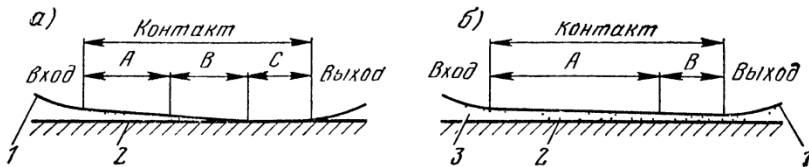


Рисунок 1 — Схема взаимодействия беговой поверхности шины с дорогой, покрытой слоем воды:

а – аквапланирование отсутствует; б – аквапланирование; 1 – шина;
2 – поверхность дороги; 3 – слой воды

В задней части контакта – участок С – имеет место сухое трение. Именно в этой области реализуются силы, передаваемые от колеса к дороге. С увеличением скорости движения водяной клин все больше распространяется от передней части контакта к задней и захватывает всю плоскость контакта, сцепление колеса с дорогой исчезает (рисунок 1, б).

Увеличение износа рисунка протектора уменьшает его способность к удалению необходимого объема воды из зоны контакта, так как уменьшается глубина дренажных канавок. Чем больше износ протектора, тем сильнее падение сцепных качеств шины на мокрой дороге. Поэтому с целью обеспечения безопасности движения на мокрых дорогах принято ограничивать эксплуатацию изношенных шин.

Вопреки распространенному прежде мнению, гладкая шина — без рисунка протектора — на сухой дороге имеет лучшее сцепление, чем шина с полным или малоизношенным рисунком. Однако на мокрой дороге и в особенности на льду картина получается обратная (рисунок 2) [3]; по этой причине пневматические шины автомобилей и прицепов по всей окружности и по всей ширине протектора должны быть снабжены канавками или прорезями.

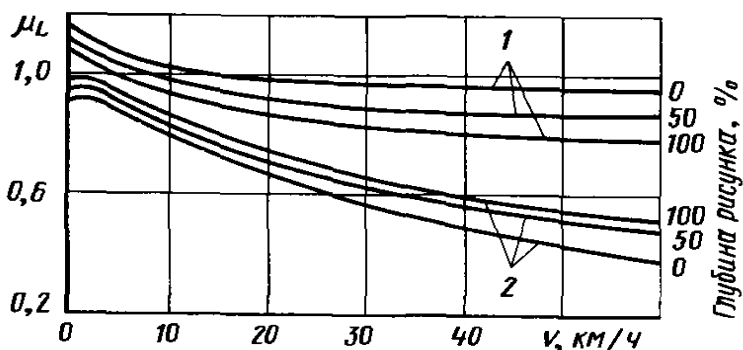


Рисунок 2 — Коэффициент трения скольжения в зависимости от скорости
1 — сухо; 2 — мокро

Однако на льду и во время дождя этого минимального значения оказывается далеко недостаточно.

При гладких шинах на скорости около 100 км/ч имеющийся коэффициент сцепления составляет всего около $\mu_k=0,1$, что делает передачу сил между шинами и дорогой весьма проблематичной.

При торможении в этом случае автомобиль продолжал бы двигаться прямо с почти неизменной скоростью; шины не могли бы передавать больше боковых сил и управляемость была бы утрачена автомобилем. Воздействие внешних сил в это время могло бы сместить автомобиль в сторону. Более благоприятным, чем стандартный дорожный рисунок протектора, является рисунок шин повышенного сцепления, крупные выступы легче продавливают водяную пленку [4].

Еще меньшим сцеплением, чем равномерно смоченная дорожная поверхность, обладает такая поверхность непосредственно после начала дождя; на рисунке 3 наглядно представлено изменение во времени коэффициента сцепления в начале и во время слабого дождя.

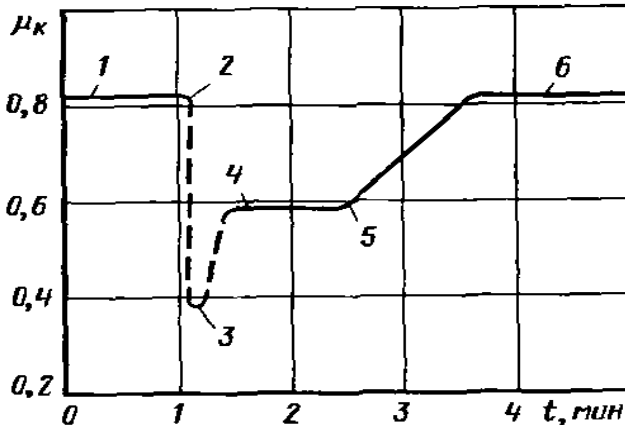


Рисунок 3 — Изменение коэффициента сцепления в зависимости от времени при слабом дожде:

- 1- сухо; 2- начало дождя; 3- действие смоченной водой пыли; 4- мокро;
5- окончание дождя; 6 - сухо

Во время сильного дождя и ливня на дороге образуются лужи, опасность которых зависит как от их глубины, так и от скорости движения. Оба эти фактора способствуют «всплыванию» шины, или, употребляя специальную терминологию, появлению аквапланирования.

Заключение

Результаты аналитических исследований свидетельствуют о том, что склонность к аквапланированию определяется давлением, поэтому узкие шины при их относительно небольшой площади контакта имеют меньшую склонность, а широкие шины низкого профиля уже при малом износе более склонны к этому. Решение проблемы аквапланирования позволит увеличить

производительность мобильных машин за счет увеличения скорости движения в дождливую погоду, избежать простоев по погодным причинам, позволит избежать несчастных случаев в связи с потерей сцепления автомобиля с дорогой, что убережет не только саму технику, но и жизни людей.

Список использованной литературы

- 1 К. Бакфиш, Д. Хайнц. Новая книга о шинах.— М.: ООО «Издательство Астрель», 2003. — 303 с.
- 2 Е. В. Кленников. Шины легковых автомобилей. — М.: «Транспорт», 1979. — 48 с.
- 3 Й. Раймпель. Шасси автомобиля, амортизаторы, шины и колеса. М.: Машиностроение, 1986. — 316 с.
- 4 Г. В. Савельев. Автомобильные колеса. М., «Машиностроение», 1983 — 150 с.

УДК 629.33

**П.А. Амельченко¹, д.т.н., И.Н. Жуковский¹, к.т.н.,
А.В. Ващула², к.т.н., А.В. Ключников³,
А.В. Захаров⁴, к.т.н., доцент.**

*ОИМ НАН Беларуси¹, БелМИС², ОАО МТЗ³, УО БГАТУ⁴
г. Минск, Республика Беларусь*

ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРООТБОР МОЩНОСТИ – НОВОЕ В ТЕОРИИ И КОНСТРУКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА

Введение

Применение на сельскохозяйственных тракторах полнопоточных электромеханических трансмиссий (ЭМТ) придает тракторам принципиально новые эксплуатационные свойства, расширяет границы их скоростного и силового бесступенчатого регулирования, повышает топливную экономичность, производительность, экологичность и возможность комплексной автоматизации [1,2].

Основная часть

Трактор с ЭМТ – это трактор с новой, комбинированной, дизель – электрической силовой установкой, у которой дизель работает на стационарном скоростном режиме в зоне минимального расхода топлива, исключается из скоростного регулирования трактора, не влияет на качественные показатели касательной силы тяги и выполняет функцию приводного двигателя мобильной электростанции. Тяговый электропривод и его система управления выполняют все функции бесступенчатого регулирования тягово – скоростного режима, обеспечивает реализацию на движителях постоянной тяговой мощности и новые начальные условия ее формирования. Механическая часть трансмиссии обеспечивает только передачу энергии от электропривода к движителям, трансформируя ее в необходимых пределах и, при необходимости, обеспечивает минимальное ступенчатое регулирование. Разработка таких тракторов требует нового осмысления теории, конструкции и эксплуатации тракторов.

Выполненный в ОАО «МТЗ», и ОИМ НАНБ и БелМИС комплекс НИР позволил решить ряд вопросов теории и конструкции трактора с ЭМТ тягового класса 5: совместной работы дизеля и мотор – генератора, загрузки тракторного двигателя при работе с ЭМТ, формирования тяговых показателей и тягового расчета, динамики движения трактора на электротяге, выбора структуры и параметров тягового привода, обоснование электрической тяги и электрического отбора мощности, определения эффективности трактора с ЭМТ и др [2,3].

Выполненные исследования позволили успешно завершить работы по созданию концепт – модели трактора с ЭМТ тягового класса 5 и выпустить их опытно – промышленную партию, которая проходит эксплуатационные испытания в т.ч. и на Белорусской МИС.

Дальнейшее повышение эксплуатационных качеств и эффективности мобильной сельхозтехники невозможно без комплексной автоматизации земледелия. Современная сельхозтехника во многом уже оснащена локальными автоматизированными системами, однако ее развитие до автоматизированных и автоматических комплексов и производств наталкивается на сложившееся противоречие между работающими в среде электрической энергии средствами

автоматизации и современными сельхозмашинами, традиционно работающими в среде передачи и реализации механической энергии. В настоящее время это противоречие преодолевается применением в их системах управления мехатронных устройств (межэнергетических преобразователей), что создает в управлении дополнительные инерционные ступени и затрудняет управление в реальном времени, столь необходимое в условиях точного земледелия.

Окончательное преодоление отмеченного противоречия видится в переводе мобильной сельхозтехники на электропривод. Современный регулируемый электропривод позволяет бесступенчато регулировать тяговое усилие и скорость движения МТА в реальном времени, так как блок силовой электроники в реальном времени и в зависимости от нагрузки регулирует частоту питающего напряжения, электромагнитный момент электродвигателей и скорости вращения их роторов. При этом до минимума сокращается в силовых приводах МТА механическое ступенчатое регулирование, а силовой электропривод имеет возможность работать в режиме постоянной мощности.

Заключение

Госкомитет по науке, Минпром, Минсельхозпрод и Президиум НАН Беларуси приняли «Концепцию системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства... основных видов сельхозпродукции до 2015 и на период до 2020 года», в которой предусматривается освоение двух моделей таких тракторов (220 и 261 кВт) и разработка еще двух моделей (294 и 330 кВт). К сожалению указанная концепция не предусматривает создание электроприводных сельскохозяйственных машин к упомянутым выше тракторам.

Для успешной разработки и внедрения электроприводных МТА и автоматизированных комплексов в земледелии предстоит решить ряд задач в теории и конструкции электроприводных тракторов и сельхозмашин, выбора типа и структуры тягового электропривода и электроприводов силовых агрегатов МТА, в их безопасной эксплуатации и обслуживании, подготовке кадров для работы на таких МТА.

Список использованной литературы

1. Флоренцев Н.С. и др. Трактор с электромеханической трансмиссией./ «Тракторы и сельхозмашины», 2010, №7.
2. Амельченко П.А. и др. Электрическая тяга и электроотбор мощности с.-х. трактора./ Тракторы и сельхозмашины» 2014, №10.
3. Гурский Н.Н., Пашенко А.В., Жуковский И.Н. Моделирование процессов управления электромеханической трансмиссией колесного трактора./ «Наука и техника» 2014, №2.

УДК 631.3.072

А.В. Захаров к.т.н., доц., А.В. Ващула к.т.н.,

Г.И. Гедроить к.т.н., доц., И.О. Захарова

*Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск, Республика Беларусь*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА

Введение

Задачами экспериментальных исследований является определение:

-кинематических показателей курсовой устойчивости прямолинейного движения пахотного машинно-тракторного агрегата (МТА) при заблокированном межосевом приводе (МБП) и межколёсных дифференциалах (МКД) в зависимости от тягового усилия $P_{кр}$ и отклонения линии тяги Δ от продольной оси трактора;

- составляющих мощностного баланса трактора в составе пахотного агрегата при работе по схеме “правые колёса в борозде”;

Под кинематическими показателями понимаются радиусы поворота центров вращения колёс трактора, радиусы поворота колёс, буксования последних и смещение центра скоростей последних, а также угол отклонения балки плуга или смещение корпусов в сторону вспаханного поля (отклонение ширины захвата от конструктивной).

Режим экспериментов – установившееся движение пахотного агрегата правыми колёсами в борозде, открытой предыдущим проходом плуга.

1. Определение скорости движения и буксования.

При определении скорости движения различают теоретическую V_T и рабочую скорость движения V_P .

Теоретическую скорость движения определяют из выражения:

$$V_T = \frac{S_{теор}}{t_p}, \quad (1)$$

где $S_{теор}$ - теоретический путь опыта, м;

t_p - время работы (опыта), с;

Теоретический пройденный путь в процессе испытания колёсами трактора:

$$S_{теор} = \frac{2\pi \cdot r_{di} \cdot n_i}{m_i}, \quad (2)$$

где r_{di} - динамический радиус качения колёс трактора;

m_i - количество отметок за один оборот заднего колеса переднего колеса;

n_i - число зафиксированных импульсов;

Рабочую скорость движения определяют как отношение действительного пути опыта ко времени работы (опыта)

$$V_P = \frac{S_{он}}{t_p}. \quad (3)$$

Путь опыта измеряется с помощью путеизмерительного колеса, оборудованного индукционным датчиком оборотов, который запитывается от электрической системы трактора напряжением 12В.

$$S_{он} = \frac{2\pi \cdot r_n \cdot n_n}{m_n}, \quad (4)$$

где n_n - число импульсов зафиксированных счетчиком путеизмерительного колеса;

r_n - радиус качения путеизмерительного колеса, м;

m_n - количество отметок на один оборот путеизмерительного колеса.

Тогда

$$V_p = \frac{2\pi \cdot r_n \cdot n_n}{m_n \cdot t_p}, \quad (5)$$

По известным значениям теоретической и рабочей скоростей движения определяется буксование каждого из колёс трактора:

$$\delta = \frac{V_T - V_p}{V_T}. \quad (6)$$

2. Определение показателей курсовой устойчивости.

Расчет кинематических показателей курсовой устойчивости ходовой системы трактора [1, 2 и 3]:

Радиусы поворота мостов трактора:

$$R_{12}^e = \frac{B_{12}}{\delta_2 - \delta_1}, \quad (7)$$

$$R_{34}^e = \frac{B_{34}}{\delta_4 - \delta_3}; \quad (8)$$

где B_{12} и B_{34} - колея колёс соответственно передних и задних, м;
 δ_i - результирующие буксования на каждом i - колесе.

Эксцентриситеты центров вращения соответственно переднего и заднего мостов:

$$\ell_{y1} = B_{12} \frac{\Delta\delta_1}{\Delta\delta_2 - \Delta\delta_1}, \quad (9)$$

$$\ell_{y3} = B_{34} \frac{\Delta\delta_3}{\Delta\delta_4 - \Delta\delta_3}; \quad (10)$$

где $\Delta\delta_i = \Delta\delta_i^{МКД} \pm \Delta\delta_i^{МБП}$ - приращения буксований на каждом i - колесе.

Радиусы поворота колёс:

$$R_1 \approx R_{12}^e + \ell_{y1}, \quad (11)$$

$$R_3 \approx R_{34}^e - \ell_{y3}; \quad (12)$$

Продольное смещение центра скоростей:

$$x_k = -\frac{R_1^2 - R_3^2 + L^2}{2L}, \quad (13)$$

Углы увода, вызванные продольными сдвигами контактов колёс с почвой:

$$\varphi_{12}^{c\dot{o}} = \arcsin \frac{L + x_k}{R_{12}^e} \text{ и } \varphi_{34}^{c\dot{o}} = \arcsin \frac{x_k}{R_{34}^e} - \text{углы увода соответственно}$$

передних и задних колёс.

По полученным значениям рассчитываются кинематические показатели курсовой устойчивости пахотного агрегата:

Смещения в горизонтальной плоскости:

- шарнира B^n правой тяги механизма навески:

$$S_B^{II} = (\ell_{y3} + B_{34}/2 - B_T/2) \cdot \operatorname{tg} \varphi_{34}^{c\dot{o}}; \quad (14)$$

- шарнира B^A левой тяги механизма навески:

$$S_B^{II} = (\ell_{y3} + B_{34}/2 + B_T/2) \cdot \operatorname{tg} \varphi_{34}^{c\dot{o}}. \quad (15)$$

- передних корпусов плуга:

$$S_{i\bar{e}} = (\ell_{y3} + B_{34}/2) \cdot \operatorname{tg} \varphi_{34}^{\bar{ii}}. \quad (16)$$

Результаты расчётов кинематических показателей курсовой устойчивости на примере пахотного агрегата «Беларус 3022»+ППН-8-30/50: - аналитически и на основе полученных экспериментальных данных приведены на рис. 1 и 2.

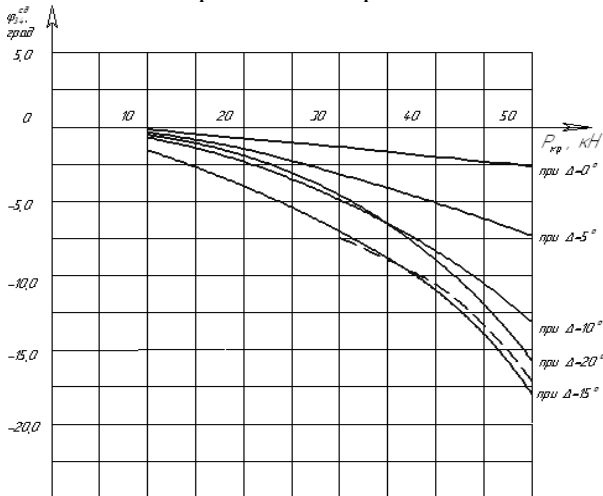


Рисунок 1. Изменение угла увода $\varphi_{34}^{c\dot{o}}$ задней оси трактора «Беларус 3022» от $P_{кр}$ тяги навески не повернуты $\mu = 0^0$

— значения, полученные аналитически;

--- значения, рассчитанные по экспериментальным данным

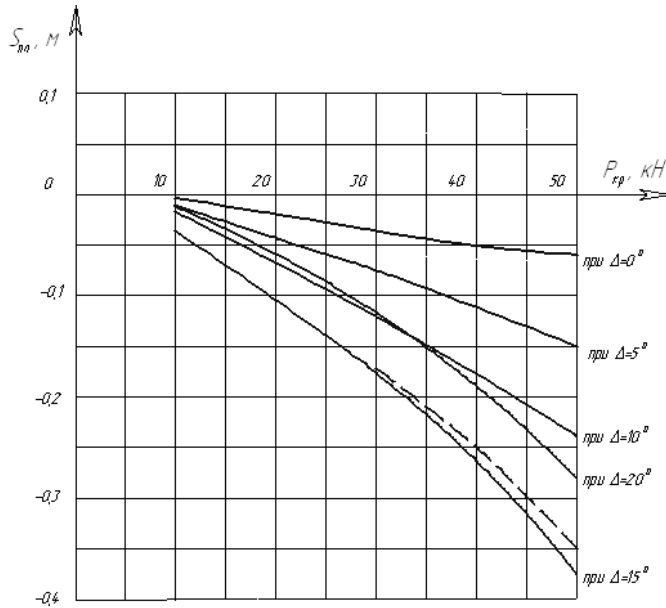


Рисунок 2. Изменение поперечного смещения переднего корпуса $S_{пл}$ - “бочение” плуга, от $P_{КР}$ и Δ при угле увода φ_i^{co} задней оси трактора «Беларус 3022»

— значения, полученные аналитически;

--- значения, рассчитанные по экспериментальным данным

Заключение

В результате сравнения значений кинематических показателей курсовой устойчивости пахотного агрегата полученных аналитическим путём со значениями, рассчитанными по предложенной методике на основе экспериментальных данных величина расхождения составила:

- радиуса R_i^e поворота центра вращения заднего ведущего моста трактора $0,82 \dots 3,06\%$;
- продольное смещение x центра скоростей O_k ходовой системы трактора $2,73 \dots 3,27\%$;
- углов увода φ_i^{co} , вызванных продольными сдвигами контактов колёс с почвой $2,7 \dots 4,1\%$.

Таким образом, оценка кинематических показателей курсовой устойчивости пахотного агрегата по предложенной методике, может производиться с достаточной точностью.

Список использованной литературы

1. Захаров А.В. Курсовая устойчивость МТА при движении со смещённой тяговой нагрузкой/ А.В. Захаров// Агропанорама. – 2006. - № 4. - С. 31-34.
2. Горин Г.С. Курсовая устойчивость пахотного МТА при работе с несимметричной тяговой нагрузкой/ Г.С. Горин, И.С. Сушко, М.М. Казак, А.В. Захаров// Агропанорама. – 2007. - № 3. - С. 18 - 23.
3. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка/ С.А. Иофинов, Г.П. Лышко.- Москва: Колос, 1984. – 341 с.

УДК 629.36

Тарасенко В.Е., к.т.н., доцент, Губич А.М., студент
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАКТОРА

Введение

Современный трактор включает следующие контуры теплообмена [1, 2]:

- систему охлаждения двигателя;
- охлаждение наддувочного воздуха (ОНВ);
- комбинированный радиатор (гидравлика/топливо);
- радиатор кондиционера;
- теплообменник для охлаждения трансмиссионного масла.

Наличие такого количества контуров охлаждения вынуждает конструкторов использовать нестандартные компоновочные решения: устанавливать в радиаторном отсеке последовательно несколько радиаторов, располагать их сверху над двигателем (рисунок 1) [3] и др.

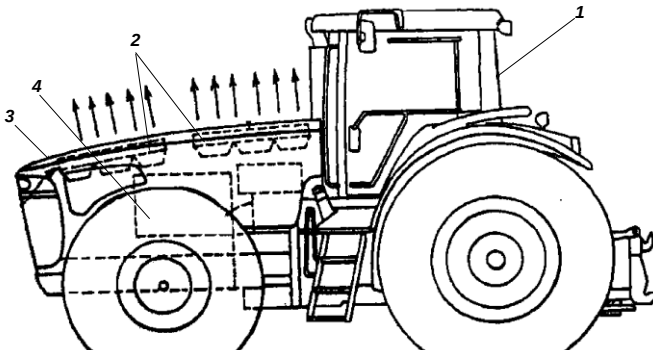


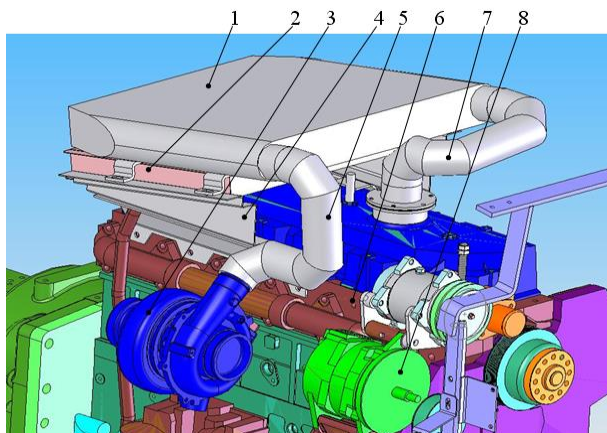
**Рисунок 1 – Конструктивное исполнение компоновки радиаторов
сельскохозяйственного трактора**

1 – сельскохозяйственный трактор; 2 – теплообменные аппараты;
3 – капот; 4 – двигатель

Если в первом случае сохраняется стандартное положение вентилятора, имеющего привод от коленчатого вала дизеля, то во втором возникает необходимость использовать электрический привод. При этом возможна установка нескольких вентиляторов, расположенные над двигателем секции радиаторов при работе вентилятора активно продуваются воздушными потоками из окружающей среды, которые, в дополнение ко всему, способствуют охлаждению блок-картера двигателя. Это обстоятельство является существенным достоинством отмеченного конструктивного решения, так как охлаждение блок-картера потоками воздуха обеспечивает установившийся температурный режим системы охлаждения двигателя трактора [4].

Основная часть

На базе испытательного центра «Трактор» ОАО «МТЗ» в результате проведения комплекса научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, направленных на создание эффективных систем охлаждения тракторов «БЕЛАРУС», способных обеспечивать работу тракторного агрегата в условиях, граничащих с предельно допустимыми, разработан вариант системы охлаждения трактора с автономным расположением радиаторов ОНВ и кондиционера (рисунок 2).



1 – радиатор охлаждения наддувочного воздуха (ОНВ); 2 – радиатор кондиционера; 3 – турбокомпрессор; 4 – механизм крепления блока радиаторов; 5 – патрубок подачи нагретого воздуха в радиатор ОНВ; 6 – головка блока дизеля; 7 – патрубок подачи воздуха в дизель; 8 – генератор

Рисунок 2 – Проект установки радиаторов ОНВ и кондиционера над дизелем на тракторе «БЕЛАРУС-3022»

В предлагаемом варианте теплообменные аппараты расположены над дизелем, при этом принудительная циркуляция воздушных масс осуществляется с помощью двух автономных электровентиляторов. Такой вариант экспериментальной системы охлаждения установлен на тракторе «БЕЛАРУС-3022» (рисунок 3) [5].

Данное конструктивное исполнение системы охлаждения имеет ряд существенных преимуществ:

- отсутствует подогрев воздуха перед основным жидкостным радиатором, снижающий эффективность теплопередачи;
- отсутствует дополнительное сопротивление перед жидкостным радиатором двигателя;
- освободившееся место в радиаторном отсеке подкапотного пространства двигателя позволяет выдвинуть основной жидкостный радиатор вперед и увеличить расстояние от вентилятора до радиатора на 0,07 м, улучшив этим равномерность продувки последнего воздухом;



Рисунок 3 – Макет установки радиаторов ОНВ и кондиционера над дизелем на тракторе «БЕЛАРУС-3022ДВ» (вид сверху)

- значительно снижена длина трубопроводов;
- убраны препятствия для радиального потока горячего воздуха от вентилятора (патрубки радиатора ОНВ и радиатора кондиционера), что позволяет повысить эффективность работы вентиляторной установки, открывает возможность для более рационального исполнения элементов капотирования;
- основной жидкостный радиатор смещен вниз на 0,02 м с соответствующей доработкой диффузора, что позволило снизить верхний габарит и исключить наличие щитка между радиатором и нижним брусом;
- предложено новое исполнение крепления радиатора – верхние стяжки заменены на боковое крепление;
- образовано два параллельных потока воздуха; один через жидкостный радиатор, второй через радиаторы ОНВ и кондиционера, обеспечивающих при сохранении исходной производительности меньший шум.

Заключение

Предложено принципиально новое конструктивное решение системы охлаждения с компоновкой теплообменных аппаратов над двигателем трактора и электроприводом отдельной вентиляторной установки.

Проведение указанных изменений системы охлаждения позволяет существенно улучшить обзорность за счет снижения высоты капота в передней его части, что является затруднительным при классической компоновке радиаторного отсека трактора.

Предлагаемое исполнение системы охлаждения связано с существенными конструктивными изменениями и необходимостью дальнейших глубоких исследований.

Список использованной литературы

1. Гольяпин, В.Я. Новые тракторы зарубежных фирм / В.Я. Гольяпин / Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – №10. – С. 50–57.
2. Гольяпин, В.Я. Новые тракторы фирмы «John Deere» / В.Я. Гольяпин / Техника и оборудование для села. – 2010. – №10. – С. 43–45.
3. Наземное транспортное средство: пат. ЕР 1496214 А1, МПК7 F 01P 3/18, B60K 11/04 / Vuk, Carl Thomas; заявитель Deere & Company. – № 4103246; заявл. 08.07.04; опубл. 01.04.06 // Текст перевода Е.В. Исаева, З.П. Войтецкой.
4. Тарасенко, В.Е. Эффективность системы охлаждения дизеля сельскохозяйственного трактора / В.Е. Тарасенко, А.И. Якубович, А.И. Бобровник и др. // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого. – 2010. – № 4 (43). – С. 19–29.
5. Тарасенко, В.Е. Инновационные решения в конструкции систем охлаждения тракторов «БЕЛАРУС» высокой мощности / В.Е. Тарасенко, С.В. Голод // Энергоресурсосберегающие технологии и технические средства для их обеспечения в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 25–26 августа 2010 г. / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. Наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редкол.: П.П. Казакевич (гл. ред.), О.О. Дударев. – Минск: НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2010. – С. 157–160.

УДК 629.36

Тарасенко В.Е., к.т.н., доцент, Губич А.М., студент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА РАБОТУ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Введение

Ограничительным условием при проведении анализа влияния расхода жидкостного теплоносителя (ЖТ) на работу системы охлаждения является постоянство отводимой теплоты $Q_V = const$. Увеличение или уменьшение расхода ЖТ неизменно приводит к изменению температурных показателей системы охлаждения. Примем, что температура ЖТ на выходе из рубашки охлаждения постоянна ($t_{V2} = const$) и рассеиваемое количество теплоты радиатором также постоянно ($Q_F = const$). Переменным параметром в этом случае будет температура ЖТ на выходе из радиатора или на входе в двигатель t_{V1} , соответственно, изменится и средняя температура ЖТ $\bar{t}_V$. С увеличением расхода ЖТ температура на выходе из радиатора будет увеличиваться, т.е. $t'_{V1} > t''_{V1} > t'''_{V1}$, соответственно, увеличение расхода приведет к уменьшению разности температуры на входе и выходе радиатора, т.е. температурный перепад уменьшится, $\Delta t'_V < \Delta t''_V < \Delta t'''_V$, что приведет к увеличению средней температуры ЖТ. Уменьшение расхода ЖТ приводит к увеличению его температурного перепада и уменьшению средней температуры [1].

Основная часть

Предположим, что расход ЖТ через сердцевину радиатора переменный и изменился на величину δG_V . Приняв условие, что количество поступившей в ЖТ теплоты сохраняется неизменным ($Q_V = const$) и температура ЖТ на входе в двигатель также постоянна, тогда переменной будет температура его на выходе из двигателя. При увеличении расхода ЖТ $t_{V2}^* < t_{V2}$ и равна $t_{V2}^* = t_{V2} - \delta t_{V2}$, при уменьшении расхо-

да $t_{V2}^* > t_{V2}$ и равна $t_{V2}^* = t_{V2} + \delta t_{V2}$. Уравнение состояния жидкостно-го контура при принятых условиях имеет вид:

$$Q_V^* = c_{pV}(G_V \pm \delta G_V)(t_{V2}^* \mp \delta t_{V2}) - t_{V1}. \quad (1)$$

В данном случае температура ЖТ на выходе из двигателя переменна и является функцией расхода ЖТ. Уравнение состояния описывает контур после воздействия возмущающих факторов и регулирования системы путем изменения расхода ЖТ. Составим систему уравнений для ЖТ при переходе из установившегося стационарного к нестационарному температурному режиму:

$$Q_V = c_{pV}G_V(t_{V2} - t_{V1}). \quad (2)$$

$$Q_V^* = c_{pV}(G_V \pm \delta G_V)(t_{V2}^* \mp \delta t_{V2}) - t_{V1}. \quad (3)$$

Уравнение (2) определяет количество теплоты, отводимое ЖТ, при стационарном установившемся температурном режиме системы и условии обеспечения заданного значения температуры ЖТ. При воздействии внешних факторов температура ЖТ изменяется, температурный режим переходит в нестационарный. Предположим, что восстановление температурного режима системы осуществляется путем изменения расхода ЖТ на δG_V . В этом случае количество теплоты, отводимое ЖТ, будет иметь вид, представленный уравнением (3), в котором знак (+) имеет место при увеличении и знак (–) – при уменьшении расхода ЖТ. Поскольку ограничительным условием является, что $Q_V^* = Q_V$, уравнения (1) и (3) приравняем и запишем в виде:

$$G_V(t_{V2} - t_{V1}) = (G_V \pm \delta G_V)(t_{V2}^* \mp \delta t_{V2}) - t_{V1}.$$

Переменным параметром при изменении расхода ЖТ в этом случае будет температура ЖТ на выходе из двигателя. При увеличении расхода ЖТ температура его на выходе из двигателя будет уменьшаться ($t_{V2}^* < t_{V2}$) и $\delta t_{V2}^* = t_{V2} - t_{V2}^*$, при уменьшении расхода – увеличивать-

ся ($t_{V2}^* > t_{V2}$) и $\delta t_{V2}^* = t_{V2}^* - t_{V2}$. Изменение температуры ЖТ на выходе из двигателя при изменении расхода будет определяться по формуле:

$$\delta t_{V2} = \frac{\Delta t_V}{\left(\frac{1}{\beta_V} \pm 1 \right)}, \quad (4)$$

где $\beta_V = \frac{\delta G_V}{G_V}$ – относительное изменение расхода ЖТ.

Тогда температура ЖТ на выходе из двигателя при изменении его расхода будет определяться по уравнению

$$t_{V2}^* = t_{V2} \mp \frac{\Delta t_V}{\left(\frac{1}{\beta_V} \pm 1 \right)}. \quad (5)$$

Функция $t_{V2} = f\left(\frac{\delta G_V}{G_V}\right)$ является регулировочной характеристикой расхода ЖТ в зависимости от его температуры на выходе из рубашки охлаждения. Зависимость между относительным изменением расхода ЖТ и изменением температуры t_{V2} будет определяться формулой

$$\frac{\delta G_V}{G_V} = \frac{1}{\frac{\Delta t_V}{\delta t_{V2}} \mp 1}.$$

Зависимость относительного изменения расхода ЖТ от температуры имеет вид

$$\frac{\delta G_V}{\delta t_{V2}} = \frac{G_V^*}{\Delta t_V}.$$

Приняв значение температуры ЖТ на входе в радиатор постоянное ($t_{V2} = const$), будет изменяться температура ЖТ на выходе из радиатора. Изменение температуры ЖТ при приращении расхода будет определяться по формуле

$$\delta t_{V1} = \frac{\Delta t_V}{\left(\frac{1}{\beta_V} \pm 1 \right)}.$$

Уравнения для определения температуры ЖТ на выходе из радиатора будут иметь вид

$$t_{V1}^* = t_{V1} \pm \frac{\Delta t_V}{\left(\frac{1}{\beta_V} \pm 1 \right)}.$$

При выходе системы из устойчивого стационарного состояния температурный режим ЖТ превышает или ниже заданного значения. Изменение перепада температур ЖТ определяется его расходом. Из уравнения следует, что

$$\Delta t_V^* = \Delta t_V \left[1 \mp \frac{1}{\left(\frac{1}{\beta_V} \pm 1 \right)} \right].$$

Перепад температуры ЖТ Δt_V будет также изменяться на величину изменения температуры δt_{V1} . График изменения перепада температуры ЖТ в зависимости от его расхода представлен на рисунке 1. График имеет форму параболы, интенсивность увеличения перепада резко возрастает при уменьшении расхода ЖТ от номинального значения (точка А), при котором отношение $\frac{G_V^*}{G_V} = 1$.

Если $t_{V1} \neq const$, перепад температуры ЖТ переменный, что приведет к изменению теплопередачи ЖТ.

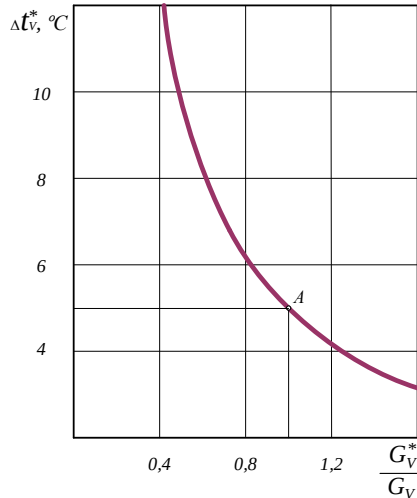


Рисунок 1 – Зависимость изменения перепада температуры жидкости от ее расхода

В этом случае теплопередача от ЖТ будет определяться по уравнению

$$Q_V^* = c_{pV} G_V \frac{t_{V1}^* - t_{V1}}{\left[1 - \frac{1}{(1 \pm \beta_V)} \right]}. \quad (6)$$

Приведенные аналитические исследования, предлагаемые формулы позволяют рассматривать процессы теплопередачи и влияние на них внутренних и внешних факторов в динамике путем построения графических зависимостей исследуемых функций. Расчетно-аналитические исследования функции $Q_V = f(G_V)$ проведем на примере системы охлаждения с дизелем Д-260.2.

Графики функций $Q_V = f(G_V)$, представленные на рисунках 2 и 3, рассчитаны для расхода ЖТ от 0,8 до 3,2 кг/с. Графики имеют форму возрастающей, параболы. Следует полагать, что вершина параболы будет находиться в точке $Q_V = 0$ и $G_V = 0$.

Теплоотдача ЖТ не остается постоянной при изменении окружающей температуры. Из графиков следует (рисунок 2), что с умень-

шением окружающей температуры количество теплоты, поступающей в ЖТ при всех значениях расхода увеличивается.

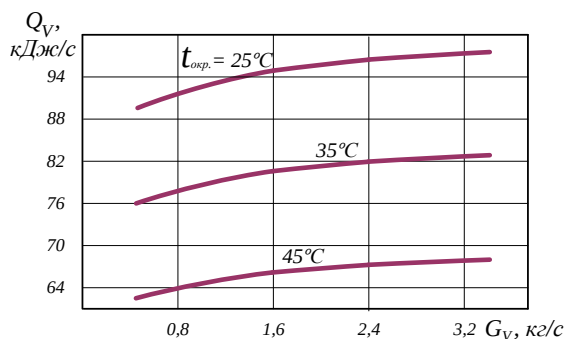


Рисунок 2 – Зависимость теплопередачи охлаждающей жидкости от расхода и окружающей температуры

Интенсивный нагрев ЖТ отмечается при расходах до 1,8–2,0 кг/с, в последующем график функции становится пологим и приближается к линейному, что свидетельствует об уменьшении интенсивности теплоотдачи в ЖТ. Например, при увеличении расхода от 1,28 до 2,24 кг/с при $t_{iED} = 45^\circ\text{C}$ и $t_{V2} = 95^\circ\text{C}$ отношение $\frac{\delta Q_V}{\delta G_V} = 9,4 \cdot 10^{-4}$

кДж/кг, а при расходе от 2,24 до 3,2 кг/с $Q_V = 1,4$ кДж/с и $\frac{\delta Q_V}{\delta G_V} = 4,1 \cdot 10^{-4}$ кДж/кг. Аналогичные закономерности имеют место

и при других значениях температуры окружающей среды. Исследования показывают, что теплосодержание жидкостного контура системы охлаждения уменьшается на 1,7–2,5 кДж/с с увеличением окружающей температуры на 1° . Следовательно, с увеличением окружающей температуры способность системы охлаждения обеспечить заданный температурный режим двигателя снижается.

Температура ЖТ на выходе из двигателя также влияет на отводимое количество теплоты. С увеличением рабочей температуры t_{V2} количество теплоты, отводимое от двигателя и поступившее в ЖТ, увеличивается. Повышение температуры ЖТ на выходе из дви-

гателя увеличивает теплоотдачу ЖТ при всех значениях расхода ЖТ (рисунок 3).

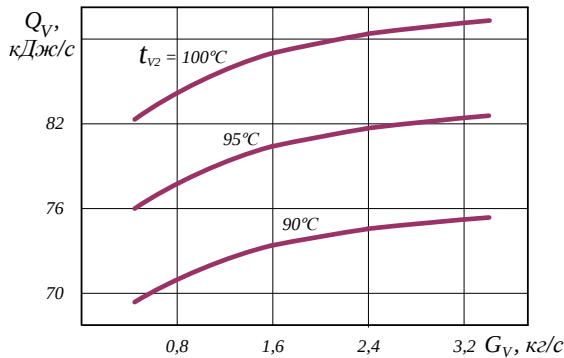


Рисунок 3 – Зависимость теплопередачи охлаждающей жидкости от расхода и температуры жидкости ($t_{окр.} = 35^\circ\text{C}$)

Расчеты показывают, что повышение рабочей температуры ЖТ на 1° приводит к увеличению теплоотдачи на 0,8 кДж/с. При увеличении температуры ЖТ на выходе из двигателя от 90 до 100°C теплосодержание ЖТ повышается на 18% при окружающей температуре 35°C и на 22% при окружающей температуре 45°C . Повышение температуры окружающей среды на 1° повышает теплосодержание на 1,8–2,2%.

Заключение

Проведенные аналитические исследования подтверждают положение о том, что расход ЖТ в рабочем диапазоне не значительно влияет на ее теплосодержание и на работу системы, тепловая эффективность системы охлаждения увеличивается при увеличении рабочей температуры. Повышение рабочего значения температуры, что имеет место при высокотемпературном охлаждении, уменьшает энергозатраты на привод жидкостного насоса и требует меньшую поверхность охлаждения радиатора. Высокотемпературное охлаждение способно повысить тепловую эффективность и обеспечить оптимальные показатели системы охлаждения.

Полученные закономерности и формулы позволяют решать задачи систем охлаждения при разработке новых и совершенствовании уже существующих систем охлаждения.

Список использованной литературы

1. Якубович, А.И. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей. Конструкция, теория, проектирование: монография / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2011. – 435 с.
2. Якубович, А.И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 473 с. : ил. – (Высшее образование: Магистратура).

УДК 621.791.035

Карташевич А.Н., доктор техн. наук, профессор

Малышкин П.Ю., ассистент

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная
академия», Горки, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

Увеличение автотракторного парка, мощности двигателей и расширение сферы применения техники приводит к увеличению загрязнения окружающей среды токсичными веществами отработавших газов и увеличению их вредного воздействия на флору и фауну. Известно, что концентрация вредных веществ, таких как окислы азота (NO_x), сажа (С), окись углерода (СО) и углеводороды (C_nH_m , ПАУ) в кабинах тракторов и автомобилей превышают допустимые нормы. Это в свою очередь ухудшает здоровье механизаторов и водителей, повышает утомляемость, снижает внимательность и производительность труда. Токсичные вещества отработавших газов приводят к снижению урожайности и качества сельскохозяй-

ственных культур. Поэтому улучшение экологических и технико-экономических показателей автотракторной техники для Республики Беларусь имеет огромное значение.

Под технико-экономическими показателями подразумевают – производительность, тяговые качества, топливная экономичность, надежность, долговечность и т.д.

Экологические показатели автотракторных двигателей тесно связаны с его топливной экономичностью. Чем меньше двигатель (трактор) расходует топлива на единицу работы, тем меньше выброс токсичных веществ с отработавшими газами, и, следовательно, вред, наносимый окружающей среде [8].

Основными токсичными компонентами отработавших газов дизелей являются сажа и окислы азота.

Образование сажи в цилиндре двигателя представляет собой объемный процесс термического разложения (пиролиза) углеводородов в газовой фазе в условиях сильного недостатка (отсутствия) окислителя (кислорода).

Выделение сажи в процессе сгорания топлива может быть разделено на три основные фазы: 1) образование зародыша; 2) рост зародышей в частицы сажи; 3) коагуляция сажевых частиц [5, 6, 7].

Сажа в отработанных газах дизелей представляет собой образования неправильной формы с линейными размерами 0,3...5 мкм [6].

Многочисленными исследованиями и экспериментами установлено [5, 6], что при турбулентном перемешивании горячей смеси образование сажи уменьшается, а выгорание ее увеличивается. При расширении к частицам сажи поступает кислород (вследствие движения газов и диффузии кислорода) и происходит частичное выгорание сажи.

Образование сажи в дизелях может происходить также при падании струи топлива на сравнительно холодные стенки цилиндра

Таким образом, выделение сажи дизелями можно сократить: уменьшением образования сажи и улучшением условий ее выгорания в процессе расширения [6].

С целью исследование влияния системы подачи газового топлива на экологические и технико-экономические показатели колесного трактора были проведены эксплуатационные (натурные) испытания колесного трактора «Беларус-922» с дизелем Д-245.5, оборуд-

дованного турбонаддувом и электронной системой впрыска газового топлива [2].

Для проведения исследований в составе экспериментальной установки также входила измерительная аппаратура, представленная в таблице 1.

Испытания проводилась на машинотракторном агрегате «Беларус-922 + ПЛН-3-35» в следующих полевых условиях: предшествующая культура – клевер луговой, предшествующая обработка – 1-й укос клевера и уборка его на сено, влажность почвы 18,2 %, уклон поля – менее 0,3 °, твердость почвы – 201,1 Н/см².

В качестве газового топлива применялся сжиженный нефтяной газ (пропан-бутан автомобильный (ПБА) [9].

Таблица 1 – Приборы и оборудование, входящие в составе экспериментальной установки

Измеряемый параметр	Наименование прибора или оборудования	Марка прибора	Класс точности (погрешность)
Частота вращения коленчатого вала	Тахометр	AVL DISpeed 492	± 0,02 %
Дымность отработанных газов	Дымомер	MDO 2 LON с терминалом	± 1,5 %
Токсичность отработавших газов	Газоанализатор	MGT 5	± 3 %
Расход топлива	Объемный датчик расхода дизельного топлива	ДРТ-5 с терминалом СКРТ 31	± 1 %
Тяговое сопротивление	Динамометрическая автосцепка	Spider 8	± 2 %

При проведении испытаний установлены зависимости, представленные на рисунках 1, 2.

Как видно из рисунка 1 при вспашке подача газового топлива значительно снижает содержание твердых частиц сажи в отработавших газах дизеля на номинальном режиме с 33,5 до 14,1 %, при этом экономия ДТ составляет 17 %, содержание окислов азота незначительно увеличились на 0,4...1,2 % при работе трактора на номинальном режиме [4].

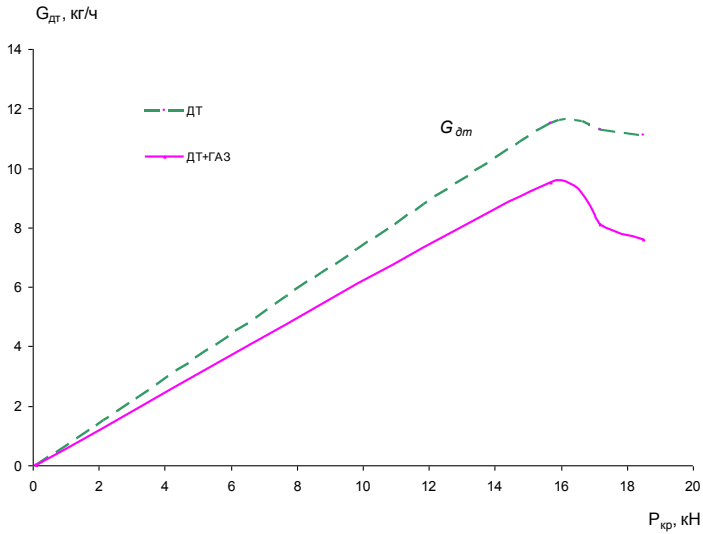


Рисунок 1 – Содержание твердых частиц (ГЧ) сажи и окислов азота в отработавших газах в зависимости от тягового усилия трактора при вспашке

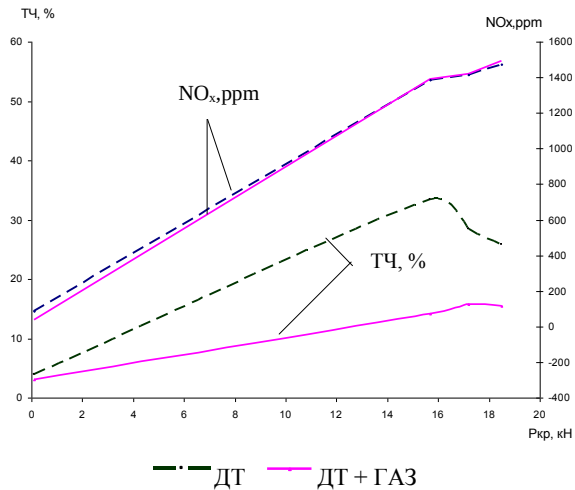


Рисунок 2 – Расход дизельного топлива в зависимости от тягового усилия трактора при вспашке

При тяговом усилии 16...18 кН расход дизельного топлива (ДТ) снижается на 2...3,5 кг/ч или 17...32 %.

В результате исследования и аппроксимации (рисунок 3) получена зависимость содержания твердых частиц сажи A в отработавших газах дизеля в зависимости от количества подаваемого газа:

$$A = 18,8 \cdot k^{-0,13},$$

где k – количество газа подаваемого в двигатель, %

$$k = \frac{G_r}{G_{дт}} \cdot 100, \%$$

где G_r – расход газового топлива двигателем, кг/ч;

$G_{дт}$ – расход дизельного топлива двигателем, кг/ч.

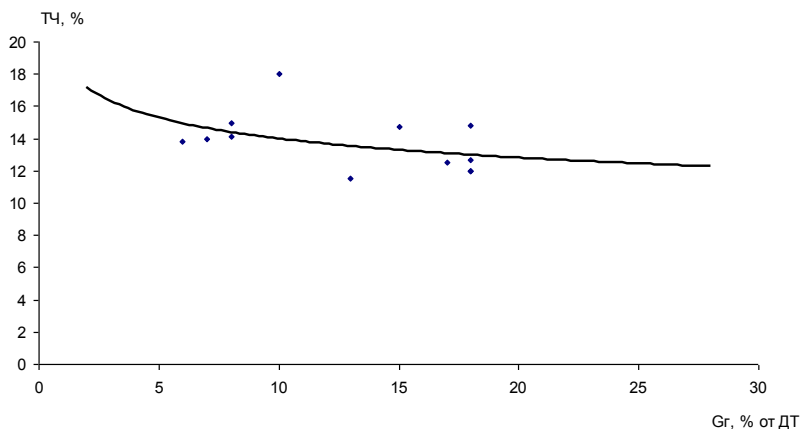


**Рисунок 3 – Зависимость содержания твердых частиц сажи
в отработавших газах от количества подаваемого газа**

Рисунок 3 показывает тенденцию снижения содержания твердых частиц сажи в отработавших газах при увеличении количества подаваемого газа, однако подача ПБА свыше 35 % от ДТ приводит к появлению в дизеле детонации, что сопровождается металлическим стуком, снижением мощности и ресурса дизеля [4].

Заключение

1. Опробована работа электронной системы впрыска газового топлива в дизель, позволяющая работать трактору одновременно на дизельном и газовом топливе.

2. Расход дизельного топлива при тяговом усилии 16...18 кН снижается на 17...32 %.

3. Подача ПБА для данного трактора обеспечивает снижения содержания твердых частиц сажи в отработанных газах при подаче газа 5...35 % от расхода дизельного топлива на высоко нагруженных режимах.

Список использованной литературы

1. Альтернативные виды топлива для двигателей: монография / Карташевич А.Н., Товстыка В.С., Малышкин П.Ю., Гурков Г.Н., Бучинская А.В. Горки : БГСХА, 2012. – 376 с.

2. Патент на полезную модель № 10060 Республика Беларусь МПК F02 М 43/00. Электронная система впрыска газового топлива в дизель / Карташевич А.Н., Малышкин П.Ю. заявитель и патенто-обладатель Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. № и 20130295; заявл. 05.04.2013; опубл. 30.04.2014, Бюл. №2. 4с.: ил.

3. Малышкин П.Ю. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей применением газовых топлив. Сб. матер. межвуз. научно-практ. конф. Брянск, 2014. с. 58-62.

4. Исследование эксплуатационных и экологических показатели колесного трактора с подачей газового топлива Карташевич А.Н., Малышкин П.Ю. // Вестник БарГУ – 2014. – №1. – С. 80-85.

5. Теснер П.А. Образование углерода из углеводов газовой фазы. М.: Химия, 1972. 136 с.

6. Звонов В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.

7. Broome D, Khan I. M. The mechanisms of soot release from combustion of hydrocarbon fuels with particular reference to the diesel engines. Conference on Air Pollution Control in Transport Engines. November 1971, London, Paper C 140/71, 14 p.

8. Малышкин П.Ю. Улучшение экологических показателей дизеля с турбонаддувом применением газообразного топлива, Смоленск, 2015. с. 48-52.

9. Паспорт качества сжиженного углеводородного топлива. РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», Речица, 2012.

УДК 608.4

А.А. Гончаров к.т.н., доцент, М.С.Макарова,

к.т.н., доцент, Леонов С.А.

*ФГБОУ ВПО ДонГАУ, Азово-Черноморский инженерный
институт ФГБОУ ВПО Донской государственный аграрный
университет в г. Зернограде
Ростовской области Российской Федерации.*

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ НАГРЕВАТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОДЫ

Введение

Проблема защиты от накипи актуальна как для производственных предприятий и предприятий ЖКХ, так и для жителей коттеджей и многоквартирных домов.

Накипь отлагается в трубопроводах, в котлах и бойлерах, на поверхности нагревательного, теплообменного и технологического оборудования. Накипь затрудняет нагрев воды, снижает ресурс работы оборудования, в том числе накипь может вывести из строя стиральную или посудомоечную машину.

Отложения накипи приводят к значительному увеличению тепловой энергии на нагрев и к увеличению расхода топлива. Также они отрицательно сказываются на теплообменных и гидравлических характеристиках, выводится из строя насосное, запорное и регулировочное оборудование, ускоряются коррозионные процессы и увеличиваются затраты на перекачивание. Слой накипи в 3 мм поглощает 25% тепловой энергии, а если на стенках котла или бойлераросло 13 мм накипи, то теряется уже 70% тепла.

Энергосберегающий прибор Коаксиальный нагреватель защищает оборудование от накипи, препятствуя ее образованию.

Предлагаемое нами устройство относится к средствам для получения низкотемпературного теплоносителя и обработки воды в проточных системах водоподготовки.

Предлагаемое нами устройство решает задачи:

1) повышения коэффициента полезного действия коаксиального нагревателя за счёт использования потенциальной энергией трубопроводной воды;

2) обработки воды в процессе водоподготовки электромагнитным полем с регулируемой напряженностью с помощью экологически безопасного устройства.

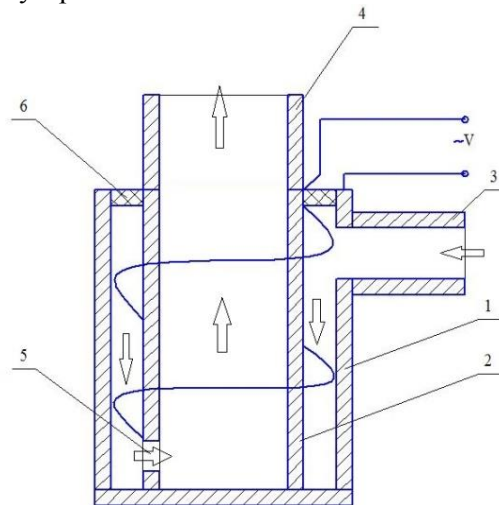


Рисунок 1. Схема коаксиального нагревателя

Устройство, состоит из внешней 1 труб, внутренней трубы 2 (выполненной в виде полого шнека) расположенных соосно, подводящего и отводящего патрубков рисунок 1. Внутренняя 2 и внешняя труба 1 выполнены из токоведущего материала. На одном конце они изолированы друг от друга электроизоляционным уплотнением 3. На другом конце они имеют электрический контакт между собой. К изолированным концам труб подведено напряжение. На другом конце коаксиального нагревателя внешняя труба 1 снабжена отверстием, расположенным тангенциально к трубе, с

подводящем патрубком 4. Внутренняя труба 2 снабжена отводящим патрубком 5.

Активное сопротивление внутренней трубы R_2 коаксиального нагревателя больше, чем сопротивление внешней трубы R_1 . В ней будет выделяться большее количество теплоты при протекании электрического тока, чем во внешней трубе. Количество теплоты, потребляемое нагреваемой водой, зависит от разности температур внутренней трубы и слоев воды, вращающихся вблизи трубы. За счет большой разности температур внутренней трубы и слоев воды, холодная (центральная) часть потока воды будет нагреваться коаксиально расположенным полым цилиндрическим нагревательным элементом сильнее, чем горячая (периферийная) часть.

При подачи напряжения на зажимах такого устройства (рисунок 1) по внешней трубе ток I_n течёт в одном направлении, а по внутренней I_e обратном $I_n = I_e = I$. По закону полного тока $Hdx = \sum I$ а так как электрические токи противоположно направлены, то $\sum I = I_n + I_e = 0$.

В результате взаимодействия магнитных полей, создаваемых электрическим током протекающим по внутренней и наружной трубам, внешних электромагнитных полей, оказывающее вредное воздействие на обслуживающий персонал и окружающую среду, устройство не создает.

Распределение напряженностей электрического и магнитного полей коаксиального нагревателя приведено на рисунке 2.

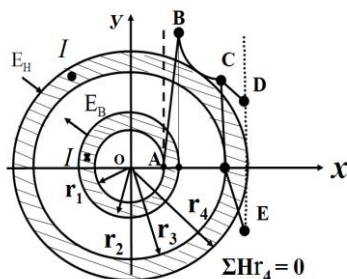


Рисунок 2. Распределение напряженностей электрического и магнитного полей

Конструкция коаксиального нагревателя симметрична, поэтому приведенные рассуждения справедливы для любой точки поверхности внешней трубы. Скорость изменения полного запаса энергии электромагнитного поля в объеме внутри нагревателя объемом V рассчитывается по формуле:

$$-\frac{dW}{dt} = \int_V (\vec{\delta} \times \vec{E}) \cdot dV + \int_S (\vec{E} \times \vec{H}) \cdot dS \quad (1)$$

Первое слагаемое, в правой части уравнения равно мощности затраченной на нагрев среды в данном объеме то есть количеству тепла, выделяющемуся в проводящих (внутренней и наружной) трубах, расположенных в объеме V .

Второе слагаемое (вектор Умова-Пойнтинга Π) равно потоку вектора Π - потоку энергии внутрь объема V через поверхность $dS = l2\pi(dr)$, ограничивающую объем V (имеет размерность мощности). Используя теорему Остроградского - Гаусса получим:

$$-\int_S (\vec{E} \times \vec{H}) \cdot dS = \frac{dW_{\text{э}}}{dt} + \frac{dW_{\text{м}}}{dt} = \int_V \frac{\vec{E}dD}{dt} \times dV + \int_V \frac{\vec{H}dB}{dt} \times dV \quad (2)$$

Вектор Умова-Пойнтинга выражает плотность потока мощности электромагнитного поля для нашего устройства.

Оценим перемещение электромагнитной энергии в пространстве между трубами. В случае, использования тонкостенных труб поверхностные плотности зарядов наружной и внутренней труб будут соотноситься как:

$$\frac{\sigma_{\text{н}}}{\sigma_{\text{в}}} = \frac{\frac{I \times t}{L \times 2\pi r_4}}{\frac{I \times t}{L \times 2\pi r_2}} = \frac{r_2}{r_4},$$

где r_1 и r_3 - внутренние диаметры труб, r_2 и r_4 - внешние диаметры труб коаксиального нагревателя.

Нормальное составляющее напряженности электрического поля создаваемого наружным и внутренним цилиндрическими проводниками будут пространственно направлены друг против друга. Результирующая напряженность электрических полей равна:

$$\begin{aligned} \bar{E}_{\text{сум}} = \bar{E}_в + \bar{E}_н = \frac{I_в \times t}{\varepsilon(I \times 2\pi r_2)} - \frac{I_н \times t}{\varepsilon(I \times 2\pi r_4)} = \\ I \frac{t}{\varepsilon \times I} \left(\frac{r_4 - r_2}{r_4 \times r_2} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

Тогда поток Умова-Пойнтинга (поток энергии) равен:

$$\begin{aligned} \bar{P} = \int_s (\bar{E} \times \bar{H}) \cdot ds = \int_s \left(\frac{It}{\varepsilon \cdot I} \left(\frac{r_4 - r_2}{r_4 \cdot r_2} \right) \times \frac{I}{2\pi r} \right) \cdot ds = \\ \frac{I^2 \cdot t(r_4 - r_2)}{\varepsilon \cdot r_2 \cdot r_4} \ln \frac{r_2}{r_4} \end{aligned} \quad (4)$$

Поскольку вне поверхности S ограниченной радиусом внешней трубы коаксиального нагревателя r_4 (рисунок 2) напряженность магнитного поля равна нулю, то количество энергии, проходящих сквозь единицу площади в единицу времени тоже равно нулю.

Это означает, что энергия электромагнитного поля сосредоточения во внутреннем объеме устройство используется для электромагнитной обработки различных сред в то время когда теплота, выделяющая в проводящих элементах, нагревает обрабатываемый материал. Для нагрева воды до 65°C при длине коаксиального нагревателя 1 м, зависимость тепловой мощности от скорости воды представлена на рисунке 3.

По результатам проведенных нами расчета производительность коаксильного нагревателя при диаметре внутренней трубы 1" и внешней трубы 2" при скорости движения воды 10 м/с составляет $0,005 \text{ м}^3/\text{с}$, а при диаметре внутренней трубы 2" и внешней трубы 4" расход воды составляет $0,02 \text{ м}^3/\text{с}$.



Рисунок 3. Зависимость тепловой мощности от скорости движение воды

Закключение

1. Полученные результаты позволяют обосновать систему экологически безопасных устройств создающих сильные электромагнитные поля, сосредоточенные во внутреннем объеме для обработки различных сред в электромагнитных полях.
2. Предлагаемая конструкция коаксиального нагревателя позволяет использовать запасённую в системе водоснабжения энергию для повышения эффективности процесса получения низкотемпературного теплоносителя.
3. При эксплуатации устройств такого типа отсутствуют внешние электромагнитные поля, оказывающие вредное воздействие на обслуживающий персонал и окружающую среду.

УДК 621.436

**В.Е. Тарасенко, к.т.н., доцент, Н.Г. Шабуня, к.т.н., доцент,
А.Ю. Раковец, магистрант, Т.А. Варфоломеева,
ст. преподаватель, А.М. Губич, студент,
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь**

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Введение

Большинство государств Евросоюза, США, Канада, Бразилия, Австралия сейчас активно развивают программы получения и использования биотоплива из растительного сырья.

В последние годы осуществляется быстрый переход к использованию биомассы как топлива. ЕС декларирует до 2030 года замещения четвертой части потребляемого топлива для транспорта за счет жидких видов биотоплива. Это значительно снизит уровень зависимости стран ЕС от импорта ископаемых видов топлива [1].

Сейчас более 20 стран мира производят жидкое биотопливо для дизельных двигателей из различного растительного сырья. Построены более 150 заводов, которые выпускают в год около 3 млн. тонн биотоплива. В Европе для производства биотоплива используется 84 % рапса, 13 % подсолнечника, 1 % сои, 1 % пальмового масла и другие виды масличных культур [2].

Основная часть

Наиболее перспективным является рапсовое масло, которое может использоваться в виде смеси масла с добавлением дизельного топлива или в виде эфирного топлива из рапсового масла. При энергетическом использовании рапсового масла в качестве горючего возможны два пути: децентрализованного и централизованного производства.

Децентрализованное производство требует модификации дизельных моторов, допускающей использование фильтрованного рапсового масла или в смеси с дизельным топливом. Полученное масло фильтруется на месте, в малых отстойных ёмкостях и ис-

пользуется в модифицированных дизельных агрегатах. Преимущество децентрализованной обработки растительных масел: сокращение транспортных расходов, небольшие энергозатраты, небольшие инвестиционные затраты, сохранение рабочих мест в сельскохозяйственных регионах.

В немецком варианте децентрализованного использования биотопливо применяют в основном сельскохозяйственные производители. Фермеры или кооперативы фермеров покупают маломощные установки (300–3000 тонн в год), сами производят рапс и из него же получают биотопливо, которое используют в собственной технике. В Германии производится несколько марок дизельных двигателей для работы на чистом рапсовом масле. Основным поставщиком этих двигателей является фирма Deutz Fahr. Двигатели работают на топливной смеси из дизельного топлива, рапсового масла, воды и эмульгатора [2].

Централизованное производство, иногда называемое «Французским вариантом», предполагает модификацию рапсового масла – получение биодизеля (метилового эфира жирных кислот рапсового масла (МЭЖК)), и использование в дизельных моторах любых марок (полученное масло поступает на завод для химической переработки, а затем на заправочные станции). Производят данный продукт в основном централизованно на мощных установках 5–10 тыс. тонн в год.

В Японии сторонники применения биотоплива делают основной упор не на экономическую эффективность использования этого вида топлива, а на его экологические свойства (отсутствие выбросов серных окислов, более чем в три раза снижение выбросов сажи по сравнению с обычным дизельным топливом, менее опасное воздействие на здоровье человека и окружающую среду в целом) [1, 3].

Лидером в потреблении биотоплива является Германия, где уже к началу 1990 г. насчитывалось более 350 раздаточных колонок, а потребитель имел возможность заправить автомобиль или трактор биодизелем [1, 3]. Сейчас в Германии производится и реализуется более чем 1 млн. тонн биотоплива и свыше тысячи АЗС по его продаже. По данным UFOP (Объединение по содействию использования масличных и протеиносодержащих культур),

биодизель способен заменить в Германии 5, 10%, а в ЕС — до 10% суммарной потребности в дизельном топливе [1, 3].

Топливо биодизель в Германии получают из масличной культуры рапса. Рапс выращивается, как правило, на выведенных из севооборота земельных угодьях. Посевы рапса повышают биологическую активность, улучшают структуру почвы. Рапс выполняет функции очистителя почвы от азота, что способствует снижению нитратной нагрузки на грунтовые воды [1].

При возделывании технического рапса не требуются значительные расходы на удобрения, средства защиты. Из рапса получают от 1000 до 1200 литров рапсового масла с одного га [1].

Разрешение на использование биотоплива дали 13 известных тракторостроительных фирм, в том числе «Fendt», «Case», «John Deer», «Massey-Ferguson», «Renault», «Same», «Steyr» и другие. Фирма «John Deere» дала разрешение на отдельные модели тракторов с гарантией 2 года или 1500 рабочих часов по наработке. Некоторые фирмы разрешали использовать топливо биодизель на новых моделях тракторов без ограничения гарантии [5].

Интерес к рапсу как энергетической культуре в Финляндии проявляется разработчиками сельскохозяйственных тракторов. Исследовательский центр «VACOLA» совместно с фирмой «Valmet» и исследовательской лабораторией по новым видам топлива провели исследования по использованию рапсового масла в качестве топлива на тракторах. В качестве топлива использовалась смесь рапсового масла и дизельного топлива, обозначаемая «R-33» и состоящая из 1/3 рапсового масла и 2/3 дизельного топлива [1].

Испытаниями установлено, что энергетическая эффективность рабочей смеси рапсового масла и дизельного топлива в принятом соотношении достаточная при применении её в качестве топлива дизельных двигателей. Мощностные и экономические параметры дизелей при работе на смеси R33 незначительно отличаются по сравнению с работой дизеля на дизельном топливе.

Исследования финских учёных подтверждают возможность применения рапсового масла в качестве топлива дизельных двигателей.

Альтернативные виды топлива для тракторов и автомобилей в

Швейцарии на основе рапсового масла изучались исследовательским институтом сельскохозяйственной экономики и техники. В качестве топлива принят рапсовый метил-эфир, сокращённо «RME», произведённый в австрийском институте сельскохозяйственной техники (г. Весельбург). Стендовыми испытаниями определены параметры мощности, удельного расхода топлива, эмиссии выхлопных газов при работе дизелей на растительном топливе RME и дизельном топливе. На тракторе JOHN DEERE 2250 отмечено снижение мощности при работе на RME на частичных режимах и также выравнивание её на номинальном режиме. Отклонение значений мощности при работе на RME по сравнению с дизельным топливом на испытуемых дизелях незначительны, поэтому заключение ученых, что «мощность остаётся такой же» следует считать справедливым [1, 4, 5].

Увеличение удельного расхода топлива при работе на RME составляет от 9,5 до 17,3%. Среднестатистическое значение увеличения и удельного расхода топлива по испытуемым машинам равно 12,8%. Увеличение расхода топлива пропорционально меньшей теплотворной способности топлива RME по сравнению с дизельным топливом.

Исследования рапсового масла в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания проведены также в России [6].

Испытания дизеля Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5), выпускаемого Минским моторным заводом, проведены в следующей комплектации [6]. Дизель оснащен турбокомпрессором ТКР-6 Борисовского завода автоагрегатов, ТНВД мод. PP4M10Ulf (диаметр и ход плунжеров – 10 мм) чешской фирмы «Моторпал», форсунками ОАО «Куроаппаратура» (г. Вильнюс), отрегулированными на давление начала впрыскивания 21,5 МПа и имеющими распылитель DOP 119S534 фирмы «Моторпал» с пятью распыливающими отверстиями диаметром 0,34 мм и суммарной эффективной площадью распылителя в сборе, равной 0,250 мм². Результаты исследований его по 13-ступенчатому испытательному циклу показали: при работе дизеля на смеси «80 % дизельного топлива + 20 % рапсового масла» экологические показатели заметно улучшаются: выброс легких углеводородов снижается с 1,519 до 0,965 г/(кВт·ч), т.е. на 36,5 %;

оксидов азота – с 7,442 до 7,159 г/(кВт·ч), или на 3,8 %. Однако выброс монооксида углерода, напротив, возрастает на 9,5 % – с 3,482 до 3,814 г/(кВт·ч). Последнее обусловлено некоторым (на 6–10 %) увеличением часового расхода топлива и соответствующим повышением мощности дизеля. В частности, при переводе двигателя на смесевое биотопливо на режиме максимального крутящего момента ($n = 1500$ мин⁻¹) мощность выросла с 53,6 до 57,1 кВт, а на режиме максимальной мощности ($n = 2400$ мин⁻¹) – с 75,5 до 78,2 кВт. Коэффициент α избытка воздуха остался при этом практически неизменным (соответственно 1,7 и 2,2 на указанных режимах), что объясняется меньшим количеством воздуха, необходимым для сгорания 1 кг топлива (14,3 кг/кг у дизельного топлива и 13,9 кг/кг у смеси).

Характерно, что переход с дизельного топлива на рассматриваемую смесь сказывается на удельном эффективном расходе топлива: на режиме максимального крутящего момента он увеличивается с 225,8 до 231,8 г/(кВт·ч), а на режиме максимальной мощности – с 249,0 до 255,1 г/(кВт·ч). Причина - меньшая, чем у дизельного топлива, теплотворная способность смеси (соответственно 41,5 и 42,5 МДж/кг).

В 2003 году принят единый стандарт для стран Евросоюза EN 14214:2003 Europe Biodiesel. На основе европейского стандарта подготовлен государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 1657 – 2006 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. МЕТИЛОВЫЕ ЭФИРЫ ЖИРНЫХ КИСЛОТ (FAME) ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. Технические требования и методы испытаний» (таблица 1).

Дизели, работающие на растительном масле, уже долгое время представляют интерес для исследователей и проектировщиков.

Поскольку использование «чистого» рапсового масла требует конструктивных доработок серийных двигателей, то его целесообразно применять в смеси с дизельным топливом. Тем более что эти компоненты хорошо смешиваются, а смеси имеют свойства, позволяющие сжигать их в дизеле без внесения изменений в его конструкцию.

Работы по использованию смесевых топлив из рапсового масла и дизельного топлива и выбору их параметров ведутся во всем

мире.

Таблица 1 – Некоторые физико-химические показатели биодизеля по СТБ 1657 – 2006 (EN 14214: 2003)

Показатели	Единицы измерения	Величина
Плотность при 15 °С	г/см ³	0,86–0,90
Вязкость при 40 °С	мм г/с	3,5–5,0
Температура вспышки	°С	120 мин
Сера	мг/кг	10 макс
Коксуемость (10% превышение)	% масс	0,3 max
Цетановое число		51,0 мин
Сульфатная зольность	% масс	0,02 макс
Содержание воды	мг/кг	500 макс
Испытания на медной пластине	3ч/50 °С	1
Окислительная стабильность	"час; 110°С"	6 часов мин
Кислотное число	мг КОН / г	0,5 макс
Йодное число		120 макс

Заключение

В работе изложен мировой опыт использования растительного топлива, рассмотрены особенности рабочего процесса дизелей, влияние его физико-химических свойств на компоненты системы питания. Отмечается, что топливо из рапсового масла для дизелей тракторов в полной мере является альтернативой и одним из способов экономии нефтяных видов топлива. Основное преимущество топлив из растительных масел перед нефтяным дизельным топливом состоит в том, что источники их получения возобновляемые, оказывают меньшее негативное воздействие на окружающую среду.

Различные методы использования рапсового масла в качестве топлива дизелей показывают, что наиболее приемлемый оптимальный способ не определён, как нет и научных исследований и обоснований рабочего процесса дизеля при использовании этого вида топлива.

Список использованной литературы

1. Войтов, В.А. Использование биотоплива при работе дизельных двигателей в сельском хозяйстве / В.А. Войтов [и др.]. – Минск : ГИВЦ Минсельхозпрода, 2012. – 116 с.
2. Якубович, А.И. Экономия топлива на тракторах: моногра-

фия / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.

3. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз развития. Научный аналитический обзор. – Москва, 2007. – 130 с.

4. Тарасенко, В.Е. Эксплуатация дизельных двигателей при использовании растительного топлива / В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник в 2 т. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 18–29.

5. Бобровник, А.И. К вопросу использования растительного топлива на основе рапсового масла / А.И. Бобровник, В.Е. Тарасенко, Н.С. Лесов // Агропанорама. – 2013. – № 6. – С. 32–36.

6. Марков, В.А. Рапсовое масло как альтернативное топливо для дизеля / В.А. Марков [и др.] // Автомобильная промышленность. – 2006. – № 2. – С. 43–48.

УДК 629.3

Головач В. М., ассистент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, РБ

КИНЕМАТИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО АГРЕГАТА НА БАЗЕ ПОЛНОПРИВОДНОГО ТРАКТОРА

Введение

Особенности современных МТА - рабочая ширина захвата, обычно не превышающая 6,5 м, и большая кинематическая длина, достигающая 17 ... 18 м; относительно большой удельный вес полуприцепных сельскохозяйственных машин, создающих тяговое сопротивление на повороте. Это привело к увеличению ширины поворотной полосы, достигшей $B = 40 \dots 50$ м. Чтобы снизить ширину последней по мере прохождения рабочего гона выглубляют поочередно первый, второй и т.д. корпуса плуга.

Основная часть

При анализе управляемости и устойчивости движения в зависимости от характера решаемых задач применяют расчетные схемы взаимодействия эластичных колес с основанием, предложенные Рокаром, Грейденусом и Келдышем. В наиболее распространенной схеме Рокара принято допущение о том, что в процессе поворота плоскость качения пневматического колеса повернута под углом бокового увода φ_δ к направлению движения. При этом к колесу приложена боковая сила P_δ , пропорциональная углу бокового увода φ_δ . У реальных колес при $\varphi_\delta > 5^\circ$ зависимость $P_\delta = f(\varphi_\delta)$ обычно нелинейная, а коэффициент сопротивления боковому уводу $K_\delta = \partial P_\delta / \partial \varphi_\delta$ с ростом боковой силы уменьшается. В литературе приводятся значения K_δ , соответствующие углу $\varphi_\delta = 5^\circ$. Поэтому при больших углах увода колес модель Рокара неприменима.

В расчетной схеме степенями свободы И.Х. Грейдануса помимо бокового увода учитывается угловая деформация скручивания пневматика φ_1 вокруг нормали к опорной поверхности и возникающие при этом стабилизирующие моменты

$$M_{\text{ст}} = C_1 \varphi_1 \quad ,$$

где C_1 – коэффициент углово жесткости, кН·м/град.

Наши исследования[3] показали, что при повороте полноприводного трактора велики углы кинематического увода и сдвига контактного отпечатка шин в продольной плоскости.

Экспериментальным исследованиям предшествовали аналитические[3,4] и экспериментальные, описанные в работах[5,6]. Последние показали, что внешний отклоняющий момент тяговой силы следует рассчитывать относительно полюса трения, расположенного в центре пятна контакта заднего внутреннего(по отношению к центру скоростей колеса $i=4$). Кроме того, данные исследования подтвердили большую роль параметров МКД в формировании углов кинематического увода колес, а следовательно, и кинематики поворота.

Формирование кинематического увода колёс при не повернутом корпусе трактора описано в работах Горина Г.С.[3,4]. На рис. 1 по-

казана кинематическая схема поворота неуправляемой ведущей тележки, какой является ЗВМ. Если поворот происходит вокруг геометрического центра O_T , то соотношение скоростей колёс

$$\frac{V_3^0}{V_4^0} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{R_3^0}{R_4^0},$$

а радиус поворота тележки

$$R_{34}^0 = \frac{R_3^0 + R_4^0}{2} = \frac{B}{V_3^0 - V_4^0} (V_3^0 - V_4^0).$$

Если МКД – управляемый активный (с подводом энергии), то скорость внешнего колеса на повороте увеличивается на величину $\bar{V}_{13}$ при сохранении средней скорости. Соединив линией под углом $\alpha_{12} + \varphi$ концы векторов $\bar{V}_3^0 + \Delta \bar{V}_{13}$ и $\bar{V}_{34}$, найдём новый центр O_δ^+ скоростей. Здесь φ – угол кинематического увода. Из рис. 1а следует, что увеличение скорости внешнего колеса при одновременном снижении скорости внутреннего приводит к уменьшению радиуса поворота

$$R^- = R^0 \frac{1 - \varphi \operatorname{tg} \alpha_{12}}{1 + \frac{\varphi}{\operatorname{tg} \alpha_{12}}}.$$

Если МКД – пассивный, то скорость внешнего колеса на повороте уменьшается на величину $\Delta \bar{V}_{13}$ при сохранении средней скорости, соединив линией под углом $\alpha_{12} - \varphi$ концы векторов $V_3^0 + V_4^0$ и $\bar{V}_{34}$, найдём новый центр O_δ^- . Радиус поворота тележки найдём по формуле:

$$R^+ = \frac{B}{V_3^0 - V_4^0 - 2\Delta V_{13}} (V_3^0 + V_4^0),$$

$$R^+ = R^0 \frac{1 + \varphi \operatorname{tg} \alpha_{12}}{1 - \frac{\varphi}{\operatorname{tg} \alpha_{12}}}.$$

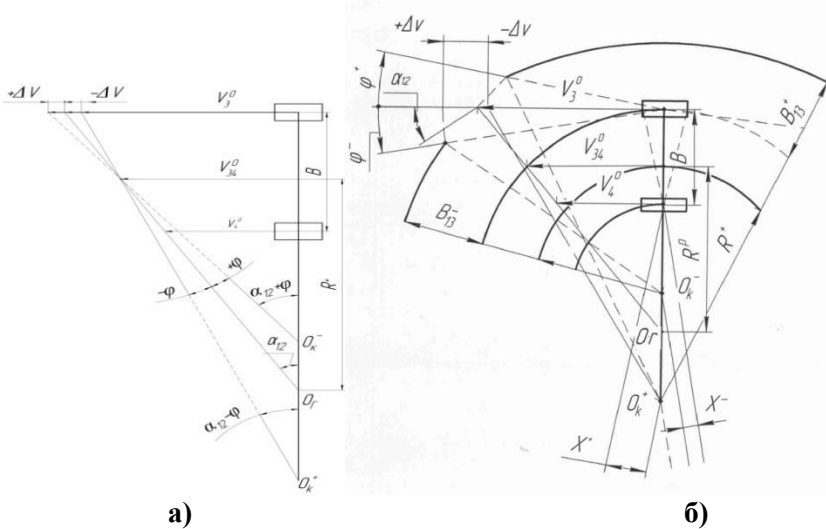


Рисунок 1 – План скоростей колёс ЗВМ при повороте:
а) без разворота корпуса ТТС, б) с разворотом корпуса

Формирование углов кинематического увода при развороте корпуса трактора представлено на рис.1б. При повороте корпуса трактора против часовой стрелки (с прокатыванием внешних колес вперед с помощью активного управляемого МКД) вокруг кинематического центра O_{δ}^{-} показатели кинематики поворота - радиус поворота R_{δ}^{-} шириной следа колес внешнего борта B_{13}^{+} - хуже, а центр скоростей смещением вперед X_{δ}^{-} . При повороте корпуса трактора по часовой стрелке (с прокатыванием внешних колес назад R_{δ}^{+}) происходит вокруг кинематического центра O_{δ}^{+} с радиусом поворота, шириной следа колес внешнего борта B_{13}^{-} и смещением центра скоростей назад X_{δ}^{+} .

Догрузив колесо $i=3$, можно сместить в его центр полюс трения и поменять кинематику поворота. Эта идея имеет прикладное значение лишь для регулирования курсовой устойчивости трактора при пахоте с несимметричной тяговой нагрузкой.

При повороте трактора с включенным приводом ПВМ и $P_{кр}=40$ кН растут буксования колес:

- передних: от $\delta_1=-(0,028...0,0043)$ до $0,064...0,074$, от $\delta_2=-$

(0,064...0,110) до 0,110...0,125;

- задних: От $\delta_3 = -(0,041...0,084)$ до 0,106...0,180, от $\delta_4 = -(0,015...0,07)$ до 0,100...0,145.

Уменьшается соотношение скоростей внешних колес к внутренним:

- передних: с $k_{12} = 1,08$ до 1,0 при $\alpha_{12} = 9^\circ$, с $k_{12} = 1,24$ до 1,05 при $\alpha_{12} = 23^\circ$,

- задних: с $k_{34} = 1,09$ до 1,065 при $\alpha_{12} = 9^\circ$, с $k_{34} = 1,25$ до 1,20 при $\alpha_{12} = 23^\circ$.

Растут радиусы поворота и продольное смещение центра скоростей:

при $\alpha_{12} = 9^\circ$ с $R = 23,30$ м до $R = 45,85$ м, с $x = 16,03$ м до $x = 24,00$ м.

при $\alpha_{12} = 14^\circ$ с $R = 11,12$ м до $R = 18,10$ м, с $x = 7,4$ м до $x = 9,70$ м.

при $\alpha_{12} = 23^\circ$ с $R = 8,66$ м до $R = 12,2$ м, с $x = 4,66$ м до $x = 5,12$ м.

Суммарные углы увода колес уменьшаются с увеличением α_{12} :

при $\alpha_{12} = 9^\circ$ с $38-47^\circ$ до $\varphi_i^\Sigma = 39...45^\circ$,

при $\alpha_{12} = 14^\circ$ с $25-36^\circ$ до $\varphi_i^\Sigma = 24...27^\circ$,

при $\alpha_{12} = 23^\circ$ с $12-19^\circ$ до $\varphi_i^\Sigma = 18...25^\circ$.

Сравнение показателей кругового поворота при включенном и отключенном приводе колес ПВМ. При круговом повороте с $\alpha_{12} = 23^\circ$ без тяговой нагрузки и выключенном приводе ПВМ эффект самоторможения возникает из-за большого передаточного числа бортовых редукторов. Сохраняются отрицательные буксования передних колес, буксование заднего колеса $i=3$ достигает $\delta_3 = 0,38...0,40$, а колеса $i=4$ $\delta_3 = 0,33...0,36$. При выключенном ПВМ на передних колесах возникали большие отрицательные силы тяги, что приводило к большим углам разворота корпуса $\varphi = 26^\circ-34^\circ$, и радиусам поворота $R = 9,4$ м. При включенном ПВМ $\varphi = 16^\circ-19^\circ$ и $R = 8,655$ м вместо рассчитанного по геометрическим параметрам $R = 6,95$ м. Одновременно возрастали смещения центра скоростей назад за задний мост до $X = -2,98$ м при ПВМ выключенном и до $X = -4,66$ м при включенном ПВМ.

При выключенном ПВМ и $\alpha_{12} = 23^\circ$ во всем диапазоне тяговых нагрузок до $P_{кр} = 40$ кН:

- растут радиусы поворота и смещения центра скоростей назад:

- до $R=12,86$ м при выключенном ПВМ, $X=7,36$ м,
- до $R=8,66$ м при включенном ПВМ, $X=5,12$ м.,
- растут буксования колес и их приращения:
 - $\delta_1=0,074$, $\Delta\delta_1=0,02\dots 0,03$, $\delta_2=0,112$, $\Delta\delta_2=0,02\dots 0,045$,
 - $\delta_3=0,179$, $\Delta\delta_3=-0,220$; $\delta_4=0,145$, $\Delta\delta_4=0,22$
- Уменьшается соотношение теоретических скоростей внешних колес к внутренним: k_{34} с 1,25 до 1,2; k_{12} с 1,25 до 1,09 при $P_{кр}= 25$ кН и до 1,01 (МКД ПВМ блокируется) при $P_{кр}= 40$ кН.

Заключение

1. Отрицательное влияние подключаемого заблокированного привода проявляется в появлении отрицательных касательных сил тяги при круговом повороте с включенным и отключенным приводом колес ПВМ без тяговой нагрузки
2. Уменьшить отрицательные последствия применения самоблокирующихся МКД ПВМ и подключаемого МБП колес ПВМ можно уменьшить, применяя активные (с подводом энергии к внешним и управляемым колесам) МКД и МДП [7].

Список использованной литературы

1. Белоусов Б.Н. Колесные транспортные средства особо большой грузоподъемности. Конструкции. Теория. Расчет /Б. Н. Белоусов, С. Д. Попов. М.: МГТУ им Баумана, 2006.—728 с.
2. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А. Иофинов. – Москва: Колос – 1974. – 480с.
3. Горин Г.С. Тяговая динамика, поворачиваемость и силовые потоки мобильных тягово-энергетических средств.-Минск: Наука и техника.-2013.-373с.
4. Горин Г.С. Разработка гибридной теории поворота машинно- тракторного агрегата. Кинематика/Г.С. Горин//Вес. Нац. Акад. Наук Беларуси. Сер. Аграр.наук.-2012.-№1.-С.91-107.
5. Горин Г. С. Разработка гибридной теории установившегося поворота машинно – тракторного агрегата (МТА). Динамика /Г. С. Горин, В. М. Головач, Я. Ю. Жгут // Агропанорама.- 2011. – С. 8.-13.
6. Горин Г.С. Стабилизация корпуса трактора при повороте с тяговой нагрузкой/Г. С. Горин, В.М. Головач//Вес. Нац. Акад.

наук Беларуси. Сер. аграрн. наук.-2007.-№2.- С. 15-17.

7. Гладов Г.И. Дифференциал с управляемым распределением крутящих моментов по колесам автомобиля. /Г.И. Гладов, С.А. Лобанов. // Автомобильная промышленность, - 2004,- №5, - с.36...40

УДК 629.336.063

**Д.А. Жданко, к.т.н., доцент, А.В. Новиков, к.т.н., доцент,
А.А. Зенько А.А., студент**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ВАЛ ОТБОРА МОЩНОСТИ ТРАКТОРА С БЕССТУПЕНЧАТЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

Введение

Машины с активным приводом рассчитаны на определенную частоту вращения ВОМ, при которой обеспечивается необходимое качество выполняемого технологического процесса. Особенно это важно для обеспечения требуемого качества уборочных, посевных работ. Так, изменение частоты вращения ВОМ при уборке силосных культур, заготовке сенажа приведет к изменению длины резки и даже к забиванию силосопроводов кормоуборочных комбайнов.

Работа же двигателя на максимальной частоте вращения экономически нецелесообразна, так как будет иметь место повышенный расход топлива.

Применение синхронного привода ВОМ не решает обозначенную проблему, так как этот привод синхронизирует частоту вращения ВОМ и скорость движения МТА.

В связи с этим для обеспечения требуемого качества выполнения работ МТА с машинами с активным приводом требуется изыскание возможности стабилизации вращения ВОМ вне зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя [1].

Основная часть

По нашему мнению для бесступенчатого изменения частоты

вращения ВОМ и поддержания её в заданных пределах при переходе двигателя на частичный режим целесообразно применение в конструкции ВОМ вариаторной передачи (рисунок 1), которая нашла широкое применение в трансмиссии легковых автомобилей и способна передавать крутящий момент свыше 400 Н·м [2].

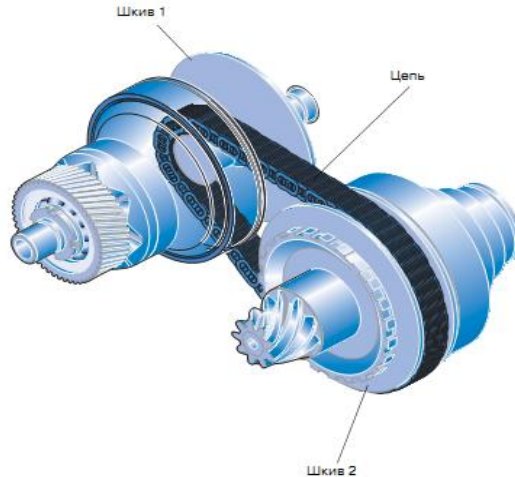


Рисунок 1 – Вариаторная передача

Для устранения недостатков, присущих известным конструкциям ВОМ предлагается установить в корпусе заднего моста трактора ВОМ с вариаторной передачей (рисунок 2), содержащий первичный вал 4 расположенный в корпусе заднего моста, с муфтой переключения 3 от коленчатого вала двигателя 1 и вторичный вал 8, соединенный со сменным хвостовиком 9, где на первичном 4 и вторичном валах 9 установлены шкивы 7, соединенные между собой гибкой связью в виде металлической цепи 6, причем каждый из шкивов 7 представляет собой пару дисков с коническими рабочими поверхностями и возможностью поперечного перемещения относительно друг друга посредством встроенного гидроцилиндра 5. Частота вращения сменного хвостовика вала отбора мощности регулируется электронным блоком 14, считывающим сигналы с датчиков частоты вращения вторичного вала 8, частоты вращения двигателя 2 и скорости движения трактора, путем управления подачей гидравлической жидкости автономным масляным насосом 12 с гид-

пораспределителем 10 к гидроцилиндрам сжатия шкивов и изменения радиуса расположения цепи на шкивах и тем самым передаточного отношения между ними. При этом металлическая цепь 6, соединяющая шкивы 7, состоит из набранных в ряд пластин двух размеров, соединенных составными осями, причем через каждый ряд пластин проходят две составных оси, а каждая из двух составных осей неподвижно соединена с одним рядом пластин, образуя качающийся шарнир.

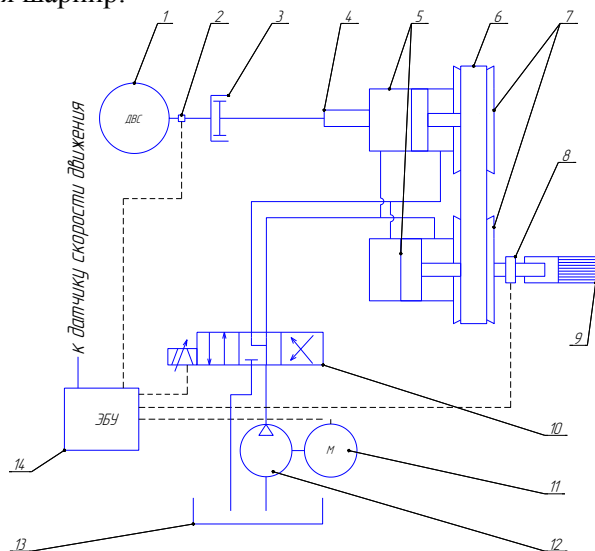


Рисунок 2 – ВОМ с вариаторной передачей

1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 3 – муфта включения ВОМ; 4 – первичный вал; 5 – встроенный гидроцилиндр; 6 – гибкая металлическая цепь; 7 – шкив; 8 – вторичный вал с датчиком частоты вращения хвостовика; 9 – сменный хвостовик ВОМ; 10 – гидрораспределитель с электрическим управлением золотником; 11 – электродвигатель привода насоса; 12 – масляный насос; 13 – бак; 14 – электронный блок управления

Предлагаемый ВОМ работает следующим образом. Вращение от двигателя 1 через муфту включения 3 передается на шкив 7, установленный на первичном валу 4 и далее, посредством гибкой металлической цепи 6, на шкив 7, установленный на вторичном валу 8, который соединен с сменным хвостовиком 9 ВОМ. Регулирование частоты вращения сменного хвостовика 9 ВОМ осуществ-

ляется электронным блоком 14 путем считывания сигналов с датчиков частоты вращения вторичного вала 8, датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя 2 и датчика скорости движения. При этом электронный блок 14 регулирует подачу рабочей жидкости от автономного масляного насоса 12 через гидрораспределитель 10 к встроенным гидроцилиндрам 5 шкивов 7, которые в свою очередь, изменяют расстояние между коническими поверхностями дисков, изменяют радиус расположения цепи 6 и тем самым передаточное отношения между ними, т.е. частоту вращения хвостовика 9 ВОМ.

Заключение

Применение предлагаемого стабилизированного привода ВОМ обеспечит возможность поддержания постоянных оборотов ВОМ и тем самым качества выполняемых работ и экономию топлива при бесступенчатом изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Список использованной литературы

1. Бобровник, А.И. Повышение топливной экономичности агрегатов с приводом от вала отбора мощности трактора «БЕЛАРУС» / А.И. Бобровник, Д.А. Жданко, М.Ф. АЛЬ-Кинани // Агропанорама. – 2013. – № 2. – С. 5–7.
2. Международный Интернет-портал [Электронный ресурс] / Сайт компании audi. – Режим доступа: <http://www.audi.ru>. – Дата доступа: 18.10.2014.

УДК 629.336.063

**Д.А. Жданко, к.т.н., доцент, В.Я. Тимошенко, к.т.н., доцент,
А.В. Новиков, к.т.н., доцент, А.А. Зенько, студент**
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

О НЕОБХОДИМОСТИ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ОТБОРА МОЩНОСТИ ТРАКТОРА

Введение

Двигатель является источником энергии и движущей силы

трактора. От динамических и экономических его свойств в значительной степени зависят эксплуатационные качества трактора и машинно-тракторного агрегата (МТА). Основными эксплуатационными показателями работы тракторного двигателя являются [1]: эффективная мощность, эффективный крутящий момент, часовой и удельный расходы топлива, частота вращения коленчатого вала.

При работе двигателя на максимальном скоростном режиме развиваемая им мощность при выполнении многих сельскохозяйственных операций используется не полностью. Для более экономичной работы МТА в этом случае переходят на частичный режим. При этом мощность двигателя может не превышать требуемого значения для выполнения технологического процесса, но при этом снижается частота вращения коленчатого вала двигателя. Снижение её практически не сказывается на качестве выполнения операций, выполняемых тяговыми машинами с пассивными рабочими органами.

Однако таких машин становится всё меньше, даже на почвообработке, где традиционно использовались машины с пассивными рабочими органами, сегодня используются машины с приводом от ВОМ трактора.

Основная часть

Запишем уравнение характера изменения тяговой мощности трактора [2]

$$\Delta N_T = (1 - \kappa_M \kappa_O) N_{e_n} \eta_{mc}, \quad (1)$$

где κ_M – коэффициент приспособляемости дизельного двигателя по моменту;

κ_O – коэффициент приспособляемости дизельного двигателя по частоте вращения;

N_{e_n} – номинальная мощность двигателя, Вт;

η_{mc} – механический КПД трансмиссии.

У тракторных дизелей коэффициент приспособляемости по моменту $\kappa_M = 1,05 \div 1,2$, а коэффициент приспособляемости по

частоте вращения $\kappa_n = 0,8 \div 0,6$ [2].

Тогда

$$\Delta N_T = (0,16 \div 0,36) N_{e_n} \eta_{me}. \quad (2)$$

Из уравнения характера изменения тяговой мощности (2) видно, что ΔN_T в среднем не превышает $\frac{1}{3} \div \frac{1}{4}$ номинальной мощности двигателя.

Недогрузка двигателя может наблюдаться при ограничении максимальной рабочей скорости агротребованиями к выполнению операции.

Расчеты, приведенные в [3] показывают, что снижение загрузки двигателя до 60 % имеет место при работе МТА с переменной массой, например, при опорожнении кузова разбрасывателя удобрений.

В конструкции привода ВОМ трактора БЕЛАРУС 3022 предусмотрена возможность перехода на экономичный режим работы двигателя, обеспечивая частоту вращения ВОМ 1000 мин^{-1} при частоте вращения коленчатого вала двигателя 1435 мин^{-1} [3]. Однако такой переход осуществляется ступенчато, путем переключения редуктора ВОМ при остановленном тракторе.

Известны ВОМ универсально-пропашного трактора [4, 5]

Недостатком этих устройств является невозможность бесступенчатого изменения частоты вращения ВОМ, повышенная металлоемкость и сложность конструкции.

Заключение

Проведенный анализ показывает необходимость разработки стабилизированного привода ВОМ, который обеспечит возможность поддержания постоянных оборотов ВОМ и тем самым качество выполняемых работ и экономию топлива при бесступенчатом изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Список использованной литературы

1. Новиков, А.В. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства: Практикум/Под ред. Новикова А.В., Минск, БГАТУ 2011.-250с.

2. Ксенович, И.П. Системы автоматического управления ступенчатыми трансмиссиями тракторов/ И.П. Ксенович, В.П. Тарасик. – Москва.: Машиностроение. – 1979. – 280 с.

3. Бобровник, А.И. Повышение топливной экономичности агрегатов с приводом от вала отбора мощности трактора «БЕЛАРУС» / А.И. Бобровник, Д.А. Жданко, М.Ф. АЛЬ-Кинани // Агропанорама. – 2013. – № 2. – С. 5–7.

4. Вал отбора мощности универсально-пропашного трактора: пат. № 8561 Респ. Беларусь МПК7 В 60К 17/28 / А.И. Бобровник [и др.]; заявитель БГАТУ. – № u20120202; заявл. 28.02.12; опубл. 30.10.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 5. – С. 201.

5. Вал отбора мощности универсально-пропашного трактора: пат. № 8633 Респ. Беларусь МПК7 В 60К 17/28 / А.И. Бобровник, [и др.]; заявитель БГАТУ. – № u20120302; заявл. 23.03.12; опубл. 30.10.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 5. – С. 201.

УДК 633.06 + 003

Ю.И. Томкунас, к.т.н., доцент,

Т.М. Чумак, ст. преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

Введение

Основные требования к средствам механизации, соблюдение норм экологической безопасности. экологическая безопасность – допустимый уровень негативного воздействия природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду. Главной причиной не благоприятного воздействия машинно-тракторных агрегатов (МТА) на окружающую среду остается низкий технический уровень эксплуатации машин. Один из путей обеспечения приемлемой экологичной безопасности машин – пра-

вильная эксплуатация, а так же своевременное проведение технического обслуживания и ремонта.

Основная часть

Загрязнение атмосферы, вызываемое автотракторными дизелями машин, в 5 раз превышает выбросы теплостанций и в 3 раза промышленных предприятий. работающий автотракторный дизель является источником выброса малой высоты. Продукты сгорания медленно рассеиваются в атмосфере, а концентрация вредных веществ (ВВ) значительна на большом расстоянии от работающего двигателя. Часть вредных веществ вместе с воздухом попадает в органы дыхания и на кожный покров обслуживающего персонала, часть накапливается на растениях и почве, а оставшаяся часть рассеивается в верхних слоях атмосферы и непосредственно не контактирует с человеком и растительностью, но существенно влияет на состояние окружающей среды. Доказано, что выбросы отработанных газов сокращают на 25% урожайность и снижают качество сельскохозяйственных культур. Оксиды серы в атмосфере реагируют с парами воды с образованием серной кислоты, а затем с осадками попадают на землю в виде кислотных дождей. Накопление диоксида серы в атмосфере вызывает климатические изменения регионального и планетарного масштаба.

В процессе эксплуатации дизелей за счет износа деталей цилиндропоршневой группы наблюдается снижение давления конца сжатия с 4,5 до 2,8 МПа, что приводит к ухудшению процесса сгорания и увеличению потерь тепла через стенки камеры сгорания и с отработавшими газами.

Основными регулировочными параметрами топливной аппаратуры, изменяющимися в процессе эксплуатации и влияющими на расход горючего дизелем, является цикловая подача, давление начала впрыска горючего и угол опережения впрыска. Износы деталей топливной аппаратуры по-разному воздействуют на величину цикловой подачи. Износ плунжерных пар и винтовой кромки уменьшает количество впрыскиваемого горючего. Износы нагнетательного клапана, разгрузочного клапана и его седла увеличивают цикловую подачу. В результате износа деталей топливной аппаратуры нарушается величина и равномерность подачи горючего по

цилиндрам, снижается давление и изменяются продолжительность и фактический угол опережения впрыска. Износ деталей цилиндропоршневой группы и деталей топливной аппаратуры дизеля приводит к значительным нарушениям нормального процесса сгорания за счет обогащения смеси, изменения углов опережения и снижения давления впрыска. Коэффициент избытка воздуха при этом может снижаться до 1,0, в результате чего увеличивается неполнота сгорания горючего, повышается дымность выпуска, резко ухудшаются пусковые качества и экономичность. Увеличение цикловой подачи до номинального значения для изношенного двигателя недопустимо, так как это сопровождается обогащением состава смеси и уменьшением коэффициента избытка воздуха до 1,10 – 1,15 (при норме 1,2 – 1,4), что приводит к ухудшению процесса сгорания, увеличению дымности отработавших газов и возрастанию расхода горючего, недопустимому перегреву некоторых деталей двигателя вследствие значительного повышения температуры отработавших газов.

Увеличение угла опережения впрыска выше номинального приводит к уменьшению дымности с одновременным повышением расхода горючего в результате увеличения работы сжатия и уменьшения работы расширения.

Изменение дымности тракторов, самоходных сельскохозяйственных, дорожно-строительных и других машин (на базе тракторов) необходимо проводить согласно требованиям ГОСТ 17.2.2.02-98 [1], а измерение дымности самоходных, дорожно-строительных и других машин (на базе автомобилей) – согласно требованиям ГОСТ 21393-75 [2].

Заключение

Повышение дымности и величина вредных выбросов свидетельствуют не только о неисправностях механизмов и систем дизеля, по неэкономичности его работы. Таким образом, контроль и восстановления оптимальной дымности и величины вредных выбросов отработавших газов (ОГ) автотракторных дизелей одновременно обеспечивают и сохранение их оптимальной топливной экономичности.

Список использованной литературы

1. Межгосударственный стандарт 17.2.2.02-98. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения дымности отработавших газов тракторных и комбайновых дизелей.
2. ГОСТ 21393-75. Автомобили с дизелями. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений. Требования безопасности.

УДК 631.3.004

А.П. Ляхов, к.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ПУСКОВЫЕ СВОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Введение

Работа дизельных двигателей при отрицательных температурах окружающей среды сопряжена с определенными негативными последствиями как при запуске так и изменением эксплуатационных показателей и износа деталей двигателя при эксплуатации. В данной статье рассматриваются основные факторы ухудшения пусковых качеств дизеля и пути снижения негативных последствий, а также влияние отрицательных температур на основные эксплуатационные показатели и износ деталей ЦПГ.

Основная часть

С понижением температуры окружающей среды пуск дизельного двигателя затруднен. Это является следствием увеличения вязкости масла, возрастает сопротивление проворачиванию коленчатого вала, особенно ощутимо в двух первых фазах процесса пуска. Небольшая частота вращения коленчатого вала в совокупности с низкой температурой стенок цилиндров проводят к повышенным тепловым потерям рабочего тела, конденсации топлива на стенках цилиндров и уменьшению величины заряда. Низкая температура воз-

духа на впуске приводит к пониженному значению давления и температуры рабочего тела в цилиндре к концу процесса сжатия, что не создает благоприятных условий для воспламенения топлива.

С понижением температуры ухудшается состояние аккумуляторных батарей, снижается их емкость, возрастает внутреннее сопротивление, наступает быстрая разрядка батарей при уменьшении крутящего момента электростартера. С целью снижения отрицательного воздействия низких температур на пусковые свойства дизелей применяются разнообразные меры, наиболее существенными из которых являются:

- средства подогрева воздуха на впуске (свечи подогрева впускного воздуха, электрофакельные подогреватели);
- средства колоризаторного воспламенения топлива (свечи накалывания);
- пусковые приспособления для впрыскивания легковоспламеняющихся пусковых жидкостей;
- средства улучшения пусковых качеств дизеля (декомпрессионный механизм, устройства, изменяющие степень сжатия, фазы газораспределения и угол опережения подачи топлива при пуске);
- пусковые устройства повышенной мощности (пусковые двигатели, устройства для подачи сжатого воздуха в цилиндры, патроны, молекулярные накопители энергии, электростартеры повышенной мощности и внешние источники электроэнергии).

В некоторых случаях целесообразно увеличивать пусковую подачу топлива до 1,5-2 раз превышающую подачу топлива номинальном режиме. Сочетание оптимальных вариантов из вышеперечисленного позволяет облегчить пуск дизельного двигателя при низких температурах окружающей среды.

Один из наиболее отрицательных факторов пуска дизеля при отрицательных температурах является интенсивное изнашивание деталей холодного двигателя. Экспериментально доказано [2], что 100 холодных пусков тракторного дизеля Д-50 с последующим прогревом по величине износов соответствует 800-1000 ч работы дизеля в обычных нормальных условиях, при этом до 80% износа приходится собственно на пуск.

Вышесказанное определяется рядом факторов такими как отсутствие нормальной смазки деталей ЦПГ и КШМ и относительно длительным периодом ее стабилизации при холодном масле, нарушением зазоров между сопряжениями трущихся деталей при прогреве дизеля, газовыми нагрузками.

Характер изменения интенсивности изнашивания деталей дизеля V_u в процессе пуска показан на рисунке 1.

Как следует из рисунка 1, можно выделить три характерные фазы износа в процессе пуска дизеля: τ_1 – период наиболее интенсивного изнашивания в начальный период пуска, когда масло еще не поступает к трущимся поверхностям; τ_2 – период быстрого снижения интенсивности изнашивания при нарастающем поступлении количества масла на трущиеся поверхности; τ_3 – плавное снижение интенсивности изнашивания по мере прогрева дизеля и стабилизации зазоров и процесса смазки.

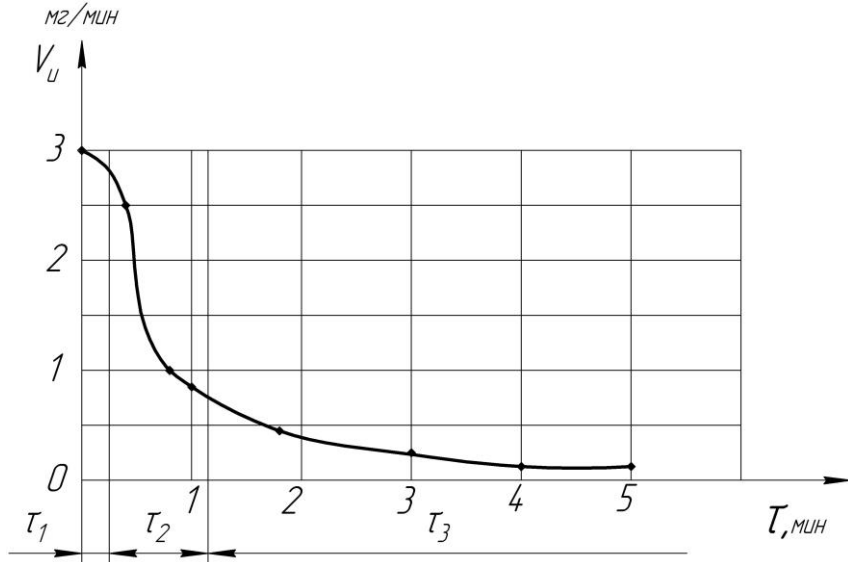


Рис.1 Изменение интенсивности износа в процессе пуска

Указанные выше закономерности изнашивания деталей дизеля Д-50 в процесс пуска характерно и для других двигателей, причем интенсивность изнашивания от исходной температуры окружаю-

шей среды $t_{окр}$ при пуске одинакова, чем она ниже тем скорость и степень изнашивания возрастает.

Влияющими факторами являются такие как величины газовых нагрузок, так и время прогрева дизеля.

Температура окружающей среды t_{cp} оказывает существенное влияние на показатели рабочего процесса дизеля. На рисунке 2 показаны изменения этих показателей дизеля Д-240 при закреплённой рейке топливного насоса и изменении t_{cp} в диапазоне от 20 до -40 °С.

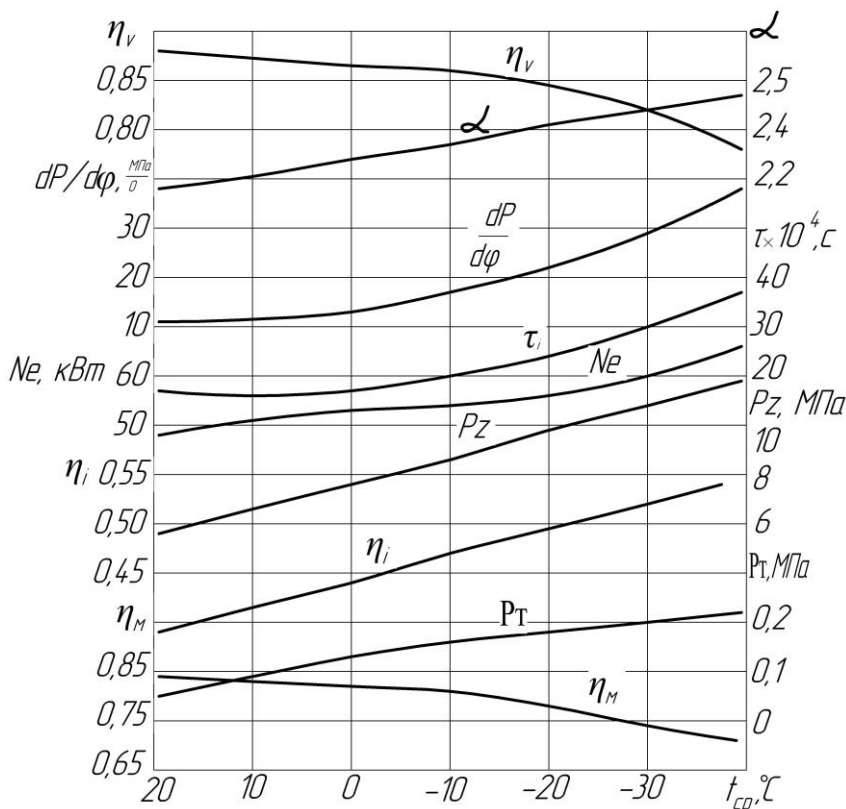


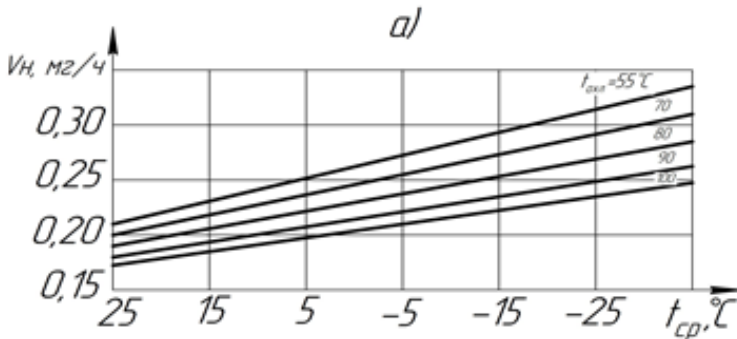
Рис.2 Влияние температуры t_{cp} на показатели рабочего процесса дизеля Д-240 при закреплённой рейке топливного насоса

Как следует из рисунка 2 со снижением температуры окружающей среды несмотря на уменьшение коэффициента наполнения η_v , коэффициент избытка воздуха α растет, что объясняется увеличением плотности воздуха и ростом массы рабочего тела, поступающего в цилиндры. Рост α с повышением цикловой подачи топлива влияет на увеличение индикаторного КПД и среднего индикаторного давления. Понижение температуры в конце такта сжатия приводит к росту жесткости рабочего процесса $dP/d\phi$ и максимальному давлению сгорания P_z . Повышенная вязкость масла приводит к росту давления трения P_T и снижению механического КПД двигателя η_m . В конечном итоге, характер изменения показателей рабочего процесса приводит к росту эффективной мощности двигателя N_e (до 13%).

Таким образом, рост потерь на трение, жесткости рабочего процесса, газовых нагрузок влияют на интенсивность изнашивания основных деталей КШМ и ЦПГ.

Следует отметить, что закономерность изменения показателей рабочего процесса со снижением температуры окружающей среды имеют место и при испытаниях других двигателей. Лишь у двигателей с разделенными камерами сгорания влияние низких температур на жесткость рабочего процесса и газовые нагрузки значительно меньше.

На характер и интенсивность износа подшипников коленчатого вала и поршни двигателя Д-240 влияют как температура окружающей среды t_{cp} так и температура охлаждающей жидкости системы охлаждения $t_{охл.}$. Указанные зависимости приведены на рисунке 3.



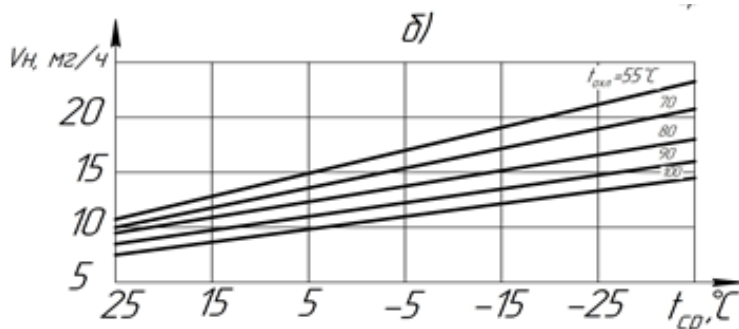


Рис.3 Интенсивность износа подшипников коленчатого вала (а) и поршней из алюминиевого сплава (б) в зависимости от $t_{охл}$ и $t_{ср}$ при неизменном положении рейки топливного насоса

Изменение температуры окружающей среды $t_{ср}$ от 25 до -35°C приводит к росту интенсивности изнашивания как вкладышей так и поршней.

С изменением температуры охлаждающей жидкости в диапазоне $55\text{--}105^\circ\text{C}$ с ее ростом интенсивность износа указанных деталей уменьшается. Зависимость скорости износа от температуры $t_{ср}$ и $t_{охл}$ практически линейная.

Заключение

С целью снижения отрицательного воздействия низких температур на пусковые свойства дизеля следует применять средства облегчения пуска.

Температура окружающей среды оказывает влияние на показатели рабочего процесса дизеля увеличивая индикаторное давление и индикаторное КПД, жесткость рабочего процесса, давление трения и снижению механического КПД двигателя.

На характер и величину износа деталей КШМ и ЦПГ оказывает влияние как температура окружающей среды, так и температура охлаждающей жидкости. Увеличение отрицательных температур окружающей среды и снижение температуры охлаждающей жидкости вызывают увеличение скорости износа по линейной зависимости.

Список использованной литературы

1. Власов П.А. Особенности эксплуатации дизельной топливной аппаратуры.-М.: Агропромиздат, 1986.-127с.
2. Костин А.К., Пугачев Б.П., Кочинев Ю.Ю. Работа дизелей в условиях эксплуатации.- Л.: Машиностроение, 1989.- 284с.

УДК 631.171:621.892

О.Л. Сапун О.Л., к.пед.н., доцент

Н.А. Сырокваш, старший преподаватель

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Использование горюче-смазочных материалов (ГСМ) нормируется для всех мобильных процессов, видов автомобилей и сельскохозяйственной техники.

Базовые нормы расхода ГСМ для автомобилей разрабатываются Республиканским унитарным предприятием «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника», которое издает Сборник норм расхода топлива и смазочных материалов для механических транспортных средств, судов, машин, механизмов и оборудования в Республике Беларусь, являющийся основным нормативным документом для контрольных органов при ревизии хозяйственной деятельности предприятий в части расходования топлива и смазочных материалов.

В период разработки организация вправе пользоваться контрольным расходом топлива, установленным заводом-изготовителем, с применением действующих в Республике Беларусь коэффициентов корректировки, утвержденных Минтрансом в установленном порядке. После утверждения норм в случае их отклонения от контрольного расхода топлива организацией предоставляются уточненные расчеты по налогам в инспекцию Министерства по налогам и сборам по месту своего нахождения.

Нормы расхода топлива предназначены для учета и контроля за фактическим расходом топлива механическими транспортными средствами, тракторами, машинами, механизмами и оборудованием, эксплуатируемыми юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

Нормирование расхода топлива – это установление его допустимой величины в определенных условиях эксплуатации для конкретной модели (модификации) механического транспортного средства. Нормирование расхода топлива производится путем применения базовой нормы (базового расхода) и соответствующих установленных величин повышений (снижений), а также величин дополнительного расхода топлива.

Нормы расхода моторных масел и смазок устанавливаются на 100 л (м³) общего расхода топлива. Нормы расхода топлива для зимних уборочных работ (сгребания снега и т. п.), а также для механических транспортных средств, предназначенных для эксплуатации исключительно в зимнее время (снегоходов и т. п.), устанавливаются для условий эксплуатации в зимнее время.

В случае отсутствия установленной линейной нормы расхода топлива до ее утверждения учет фактического расхода топлива при движении механического транспортного средства в черте города и за его пределами производится по временной норме, соответствующей контрольному расходу топлива, установленному заводом-изготовителем в инструкции по эксплуатации для соответствующего механического транспортного средства (кроме трактора), на срок не более трех месяцев.

Рассмотрим расчет технико-экономических показателей работы транспортных средств и силовых машин.

Общий фактический расход топлива (QF) транспортных средств и силовых машин определяется по формуле

$$QF = VQ + OQV - OQW, \quad (1)$$

где VQ – заправка топлива; OQV – остаток топлива при выезде; OQW – остаток топлива при возврате.

Экономия (–), пережог (+) топлива (QE) рассчитывается как разница между общим фактическим расходом топлива (QF) и общим

расходом топлива по норме (определенным расчетным путем) (QH):

$$QE = QF - QH. \quad (2)$$

Расход топлива на автотранспортных работах и тракторно-транспортных работах (по линейным нормам)

Общий расход топлива по норме (QH) для грузовых автомобилей (кроме самосвалов и самосвальных автопоездов) и тракторов (по линейным нормам) определяется по формуле:

$$QH = (QKE \cdot KE) + \frac{POM \cdot QKM}{100} \left(1 + \frac{KQP}{100} \right) + \left(\frac{OTKM \cdot TKM}{100} + \frac{(QPI \cdot VP) POM}{100} \right) \left(1 + \frac{KQP_1}{100} \right) + (QTD \cdot TRD), \quad (3)$$

где QKE – расход топлива на 1 езду, л; KE – количество ездов;

POM – пробег общий, км;

QKM – норма расхода топлива на 100 км пробега, л/100 км;

KQP – сумма (разность) всех повышающих (понижающих) коэффициентов;

KQP_1 – сумма (разность) повышающих (понижающих) коэффициентов;

$QTKM$ – норма расхода топлива на 100 тонно-километров, л/100 т·км;

TKM – грузооборот, т·км;

QTD – норма расхода топлива на 1 час работы двигателя, л/маш.-ч;

TRD – время работы двигателя, ч;

QPI – норма расхода топлива на 1 т снаряженной массы прицепа, л/т;

VP – вес прицепа (полуприцепа), т.

Количество выполненных автомобилем тонно-километров (TKM) определяется следующим образом:

$$TKM = \frac{PG \cdot PT}{KE}, \quad (4)$$

где PG – пробег с грузом, км; PT – транспортная работа, т.

Если грузовой автомобиль или трактор эксплуатируется с прицепом (полуприцепом), то необходимо определить количество выполненных тонно-километров на прицепах ($TKMP$):

$$TKMP = \frac{PGP \cdot PTP}{KEP}, \quad (5)$$

где $TKMP$ – выполнено тонно-километров на прицепах;

PTP – перевезено тонн на прицепах;

PGP – пробег с грузом на прицепах;

KE – количество ездов.

Нормативный расход топлива на тракторно-транспортных работах определяется Типовыми нормами выработки и расхода топлива на механизированные полевые и транспортные работы в сельском хозяйстве. Нормативный расход топлива на каждый вид работ (QH_v) определяется следующим образом:

$$QH_v = V \cdot QH_{vr}, \quad (6)$$

где V – фактический объем работы в натуре, га (т);

QH_{vr} – норма расхода топлива на единицу объема работы, л/га, т/га (л/т).

Общий расход топлива по норме определяется следующим образом:

$$QH = \sum QH_v. \quad (7)$$

Нормативный расход топлива на механизированных полевых работах определяется Типовыми нормами, описанными в Постановлении №17 от 17.03.2010 года на каждый вид работ (QH_v) – согласно соответствующим формам.

Для автоматизации учета горюче-смазочных материалов применяется типовый программный комплекс «НИВА-СХП», разработчиком которого является УП ГИВЦ Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Подсистема «Учет работы автотранспорта, машинотракторного парка, учета ГСМ» решает задачу организации учета работы автотранспорта,

машинотракторного парка, складского и бухгалтерского учета ГСМ по складу и материально – ответственным лицам.

Подсистема выполняет следующие учетные операции:

- обеспечивает учет работы автотранспорта с обработкой путевых листов автомобилей, расчетом показателей работы водителя: пробег, пробег с грузом, выполнено тонно - километров, расчетом расхода ГСМ по норме и фактически, расчетом прямой заработной платы водителю за выполненные работы по путевому листу.
- осуществляет учет работы машинотракторного парка с обработкой учетных листов трактористов – машинистов, расчетом показателей работы тракториста – машиниста: выполнено норм, эталонных гектаров, расход горюче – смазочных материалов по норме и фактически, расчетом прямой зарплаты тракториста - машиниста за выполненные работы по учетному листу.
- обеспечивает учет наличия и движения ГСМ: поступление, внутренне перемещение – от одного материально – ответственного лица к другому, списание, в том числе на основании информации обработки путевых листов водителей и учетных листов трактористов – машинистов о расходе нефтепродуктов;
- обеспечивает при работе документов по учету ГСМ оформление первичных учетных документов;
- обеспечивает возможность проведения инвентаризации ГСМ. Инвентаризация проводится как путем подсчета, взвешивания весовых и фасованных нефтепродуктов, так и путем замера, определения по калибровочной таблице количества наливных нефтепродуктов хранящихся в резервуарах, цистернах и других емкостях;
- обеспечивает возможность расчета средних цен и усредненной плотности ГСМ.

Работа с программным комплексом организована от первичного документа, т.е. каждому первичному документу (или группе) соответствует электронный документ, при помощи которого пользователь, например бухгалтер, разносит информацию из первичного документа в базу данных.

Подсистема позволяет организовать работу в следующих режимах:

1. Режим работы учета ГСМ с учетом путевых листов и с расчетом заработной платы (полнофункциональный режим).
2. Режим работы учета ГСМ без учета путевых листов и последующего расчета зарплат водителей в автоматическом режиме.
3. Режим работы учета ГСМ с учетом путевых листов, но без расчета заработной платы. Для расчета заработной платы применяется программа других разработчиков.

Рассмотрим возможности российской системы «НиваКонтроль», которая автоматически формирует первичную отчетность – «учетный лист тракториста-машиниста, а также отчеты по полевым работам. Затем они загружаются в программу «1С: Предприятие» при начислении заработной платы и списании ГСМ [3].

Система «НиваКонтроль» - представляет собой аппаратно-программный комплекс автоматизации бухгалтерского учета, контроля подвижных объектов (автотранспорт, трактора и т.д.) и мониторинга.

С системой «НиваКонтроль» всегда легко контролировать работу сельхозтехники в режиме реального времени (он-лайн мониторинг): перегоны, активная работа, простои, нагрузка и обороты двигателя, скорость движения, количество топлива в баке и т.д. Система работает через WEB браузер и проста в использовании.

«НиваКонтроль» разработана в целях автоматизации учетного процесса сельскохозяйственных работ, ввиду чего предусмотрена полная интеграция с обще принятой и зарекомендовавшей себя системой 1С.

Программное обеспечение предусматривает широкий вывод разнообразных отчетов, формирование которых может производиться в автоматическом режиме (сообщения по сливам топлива и любым нештатным ситуациям, отчетам по ТО, рейсы, контроль заправок и т.д.).

В системе заложен большой потенциал взаимодействия с разнообразными датчиками GPS контроля. Возможна миграция оборудования различных производителей в «НиваКонтроль», в целях оптимизации затрат. В ближайших планах в программном обеспечении для мобильных устройств будут внедрены новые возможности в дополнение к существующей системе:

- удаленной выдаче заданий механизаторам/водителям;
- контроля выполнения задания;
- план/факт анализ выполнения задания.

Программа предусматривает также возможность автономного мониторинга погоды и возможность использование как элемента в системе прогноза урожайности на основе картирование урожайности.

Картирование урожайности — это технология точного земледелия, призванная определить неоднородность главного из всех показателей — урожайности. С помощью специальных датчиков, установленных на комбайнах, а также используя бортовые компьютеры и приёмники GPS, в процессе уборки урожая можно получить пространственно-ориентированные карты урожайности и влажности зерна. Получение подобных карт является неотъемлемой частью технологии точного земледелия и позволяет осуществлять прогноз урожайности.

Таким образом, системы «НИВА СХП» и «НиваКонтроль» обеспечивает оптимизацию рабочего процесса бухгалтерии, сокращает статьи расходов и помогает взглянуть по-новому на экономику сельскохозяйственного предприятия.

Список использованной литературы

1. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые и транспортные работы в сельском хозяйстве / Респ. нормат. — исслед. Станция по тр. Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; Разраб. А.К. Дрозд и др. — Барановичи, Баранов. укуп. тип., 2012. — 108 с.
2. Энергоэффективность аграрного производства. Под ред. Гусакова В.А., Герасимовича Л.С. Минск, Беларуская навука, 2011. — 750 с.
3. <http://opap36.ru/biblioteka/> Доступ к ресурсу 20.05.2015 г.

СЕКЦИЯ 2

СОВРЕМЕННЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ: РАСЧЕТ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО

УДК 631.312

**И.Н. Шило¹, д.т.н., профессор; Н. Н. Романюк¹, к.т.н., доцент;
С.О. Нукешев², д.т.н., профессор; В.А. Агейчик¹, к.т.н., доцент**

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, Республика Беларусь; ²Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Республика Казахстан

КОМБИНИРОВАННАЯ СЕЯЛКА ДЛЯ СОВМЕЩЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ВНУТРИПОЧВЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Введение

Возможность комплексного использования машин и оборудования на основе передовых индустриальных технологий производства сельскохозяйственных культур представляет собой качество присущее современной технике в растениеводстве. Комплексная механизация работ не возможна без научно-обоснованной системы машин, обеспечивающей механизацию всех основных и вспомогательных операций возделывания сельскохозяйственных культур [1, 2].

Целью данных исследований является повышение качества дифференцированного внесения удобрений комбинированной сеялкой и сокращение времени переходного периода изменения дозы внесения высеваемого материала.

Основная часть

Проведенный патентный поиск показал, что известна сеялка [3], включающая раму, зернутоковые бункера с высевающими аппаратами, которые посредством тукосемяпроводов сообщены с однодисковыми сошниками, прикрепленными к раме сеялки

посредством поводков с нажимными штангами, кинематически соединенных с механизмом подъема и заглубления рабочих органов.

Кроме того, известна комбинированная сеялка [4], содержащая бункер с высевной катушкой, вентилятор, воздуховод, распределительную головку, расположенную в конце воздуховода, семяпроводы, сошники и штанговый рабочий орган.

Известна также комбинированная сеялка [5], содержащая бункер для семян различных культур, высевающие аппараты, двухдисковые сошники и загортаци, при этом диски сошников выполнены разновеликими по диаметру и по толщине, причем диски сошников малого диаметра имеют большую толщину, а загортаци выполнены в виде установленных на подпружиненных стойках цепей с переменной толщиной звеньев, при этом звенья цепей большей толщины установлены за дисками сошников большего диаметра.

Данные посевные машины осуществляют одновременный посев различных культур и внесение стартовой дозы минеральных удобрений единой дозой на все поле без учета внутривидовой пестроты параметров плодородия почвы в уже подготовленную почву, но не выполняют операцию предпосевной обработки почвы, а также обработку паров с одновременным дифференцированным внесением основных доз минеральных удобрений.

Известна комбинированная сеялка [6], содержащая раму с опорным колесом и прикатывающими катками, бункер, ворошитель, высевающий аппарат с блоком управления, снабженный катушкой со штифтами, шиберной заслонкой, жестко связанной посредством винтового механизма с реверсивным шаговым двигателем.

Ее недостатками являются потребность в большом усилии на передвижение расположенной заслонки и продолжительное время изменения нормы внесения высеваемого материала.

Авторами разработана оригинальная комбинированная сеялка [6], рисунок 1 (*a* – вид сбоку; *б* – поперечный разрез бункера с ворошителями и высевающим аппаратом; *в* – продольный разрез бункера с ворошителями и высевающим аппаратом вид А-А; *г* – схема привода высевающего аппарата.

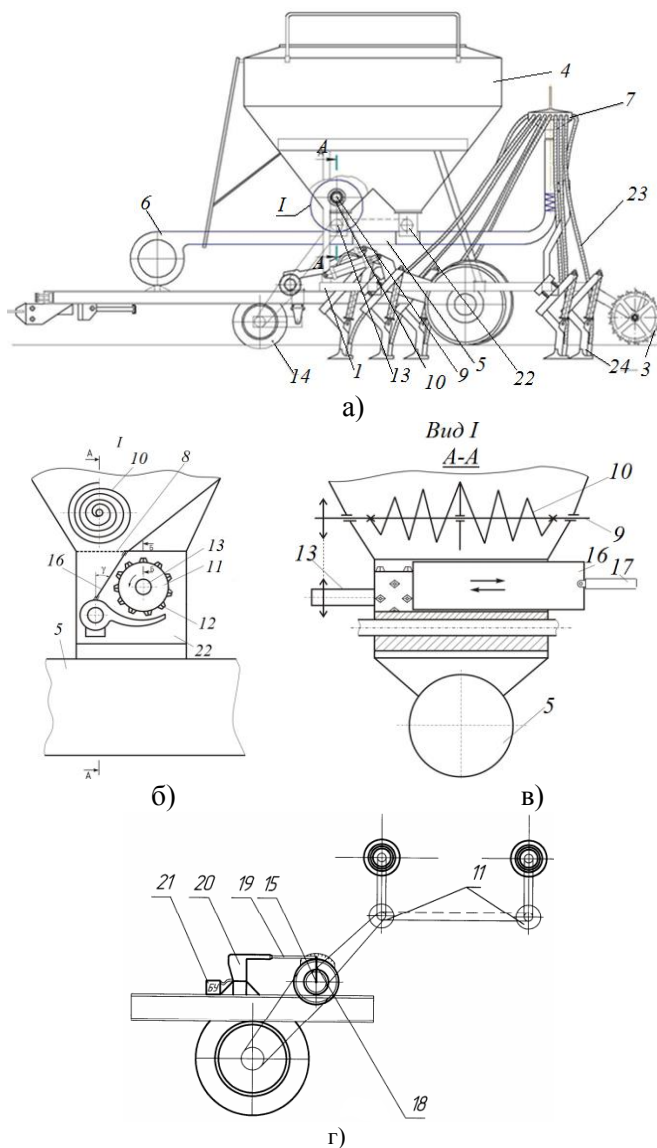


Рисунок 1 – Комбинированная сеялка

Комбинированная сеялка состоит из рамы 1 с опорными колесами 2 и прикатывающими катками 3. На раме 1 установлен

бункер 4 для семян или удобрений с материаловоздухопроводом 5, вентилятором 6 и центральным распределителем 7. В бункере 4, напротив высевных окон 8, на приводном валу 9 размещены коническо-винтовые ворошители 10, имеющие возможность продольного сжатия и растяжения. Высевальные аппараты представляют собой катушки 11 со штифтами 12 в виде усеченных пирамид размещенные на приводном валу 13, которые приводятся во вращение от колеса 14 посредством цепных передач и бесступенчатого редуктора 15. Норма внесения высеваемого материала регулируется посредством перемещения шибберной заслонки 16 расположенной под углом $\gamma=30-35^\circ$ к вертикальной оси ручкой 17 и автоматического изменения частоты вращения катушек 11, приводимых во вращение посредством цепных передач от бесступенчатого редуктора 15, изменением положения управляемой ручки 18 кинематически связанной со штоком 19 линейного актуатора 20, получающим сигналы от блока управления 21 в зависимости от содержания элементов питания на элементарных участках поля. Материаловоздухопровод 5, закрепленный на корпусе 22 высевающего устройства, соединен с вентилятором 6 и через центральный распределитель 7 и семятокопроводы 23 - с сошниками 24 для внутривспашечного ленточного внесения. Комбинированная сеялка работает следующим образом. Бункер 4 загружают семенами или удобрениями. Двигаясь по полю по заранее составленной электронной карте полей, шток 19 линейного актуатора 20 получающий сигналы от блока управления 21 автоматически изменяет положение управляемой ручки 18 бесступенчатого редуктора 15, тем самым меняя число оборотов. Коническо-винтовые ворошители 10, получая вращательное движение от опорного приводного колеса 14 через цепные передачи и бесступенчатый редуктор 15, приводные валы 13 и 9, работают на растяжение и сжатие и разрушают своды над высевными окнами. Высевальные катушки 11 со штифтами 12 в виде усеченной пирамиды производят захват туков и направляют их к материаловоздухопроводу 5. Удобрения, двигаясь по корпусам 22 высевающих устройств за счет гравитационных сил поступают в материаловоздухопровод 5 и под действием воздушного потока

транспортируются в центральный распределитель 7 и далее через семятокопроводы 23 - в сошники 24, обеспечивающие равномерное ленточное размещение удобрений внутри почвы, что обеспечивает решение поставленной технической задачи -повышение качества дифференцированного внесения удобрений комбинированной сеялкой и сокращение времени изменения нормы внесения высеваемого материала.

Заключение

Предложена оригинальная конструкция комбинированной сеялки, использование которой позволит повысить качество дифференцированного внесения удобрений и сократить время переходного периода изменения его дозы.

Список использованной литературы

1. Шилов, И.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства : монография. / И. Н. Шилов, В. Н. Дашков. - Минск : БГАТУ, 2003. - 183 с.

2. Новохатский, В.М. Повышение качества внутрпочвенного внесения твердых минеральных удобрений при основной безотвальной обработке почвы путем совершенствования параметров пневмомеханического тукораспределительного устройства: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / В.М. Новохатский. – Волгоград, 2009. – 156л.

3. А.с. №1544234, М. кл. А01С 7/20, бюл. №7, 1990.

4. А.с. №852197, М. кл. А01В 49/06, бюл. №29, 1981.

5. А.с. №950219, кл. А01С 7/00, 1982.

6. Патент РК №19960, М. кл. А01С 7/06, бюл. №5, 2011.

7. Комбинированная сеялка : инновационный патент на изобретение 28881 А4 Респ. Казахстан, МПК А 01 С 7/20 / С.О. Нукешев (KZ), Д.З. Есхожин (KZ), С.К. Тойгамбаев (KZ), В.И.Муращенко (KZ), Е.А. Золотухин (KZ), Н.Н. Романюк (BY), В.А. Агейчик (BY) ; заявитель АО «Казахский агротехнический университет им. Сакена Сейфуллина». – № 2013/1822.1 ; заявл. 04.12.2013; зарегистрир. 15.09.2014 // Государственный реестр изобретений Респ. Казахстан. – 2014. – Бюл. №9.

УДК 664.726.9

В.М. Поздняков, к.т.н., доцент, С.А. Зеленко, аспирант
*Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск, Республика Беларусь*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ СЕМЯН ЛУКА ПО УДЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ

Введение

К числу наиболее ценных биологических признаков семян относится удельная плотность. С удельной плотностью связано содержание в семенах питательных веществ, определяющих прорастание зародыша и появление дружных, здоровых всходов. Семена с наибольшей удельной плотностью обладают большим запасом питательных веществ, высокой энергией прорастания, всхожестью и, естественно, дают лучший рост растений и более высокий урожай.

Основная часть

Удельную плотность можно рассматривать как комплексную характеристику, суммарно отражающую такие показатели физико-химических свойств семени, как структура, химический состав, масса 1000 семян, и т. п. Семена лука по удельной плотности можно разделить вибропневматическим методом, который основан на избирательном транспортировании с последующим удалением отличающихся плотностью частиц зерновой смеси в псевдоожиженном слое.

Технологический процесс сепарирования семян лука на вибропневматическом сепараторе протекает на вибрирующей шероховатой поверхности – деке, которая продувается восходящим воздушным потоком. Эффективность выделения примесей, отличающихся удельной плотностью, и четкое сортирование основного (полноценного) компонента зависит не только от конструктивных особенностей оборудования, но и во многом определяется режимными параметрами работы данных машин. Поэтому определение рациональных параметров работы данных машин является актуальной

научно-практической задачей в контексте общего совершенствования работы данного оборудования.

Для проведения экспериментальных исследований процесса вибропневмосепарирования семян лука в псевдооживленном слое изготовлен экспериментальный стенд, обеспечивающий максимально эффективное разделение семян лука на фракции, отличающиеся между собой удельной плотностью в пределах 10-15% [1]. Схема экспериментального стенда представлена на рисунке 1.

В результате проведения серии отсеивающих экспериментов из всего многообразия факторов, влияющих на эффективность процесса сепарирования, для проведения экспериментальных исследований процесса разделения семян лука по удельной плотности на разработанном сепараторе вибропневматического принципа действия факторами варьирования были выбраны следующие параметры:

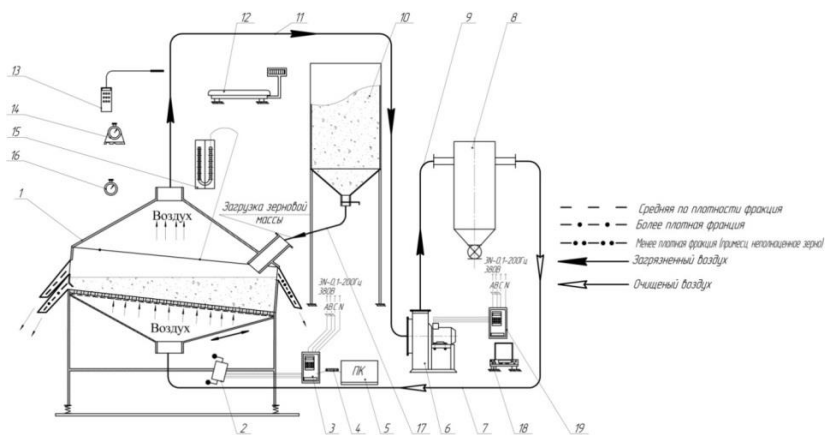


Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда:

- 1 – сепаратор вибропневматического принципа действия; 2 – электровибратор ИВ-99Б; 3 – частотный преобразователь PROSTAR PR 6100; 4 – преобразователь интерфейса AC4; 5 – персональный переносной компьютер ASUS X550C; 6 – вентилятор ВЦП-3; 7 – нагнетающий воздуховод; 8 – осадочная камера; 9 – воздуховод; 10 – бункер; 11 – всасывающий воздуховод; 12 – весы; 13 – анемометр ТКА-ПКМ50; 14 – угомер маятниковый ЗУРИ-М; 15 – U образный манометр; 16 – секундомер; 17 – патрубок для подачи зерновой массы; 18 – анализатор влажности; 19 – частотный преобразователь ВЕСПЕР E2-8300-007H.

- амплитуда колебаний сетчатой деки 1,5-3,0 мм;
- частота колебаний сетчатой деки 17-22 Гц;
- скорость воздушного потока в рабочей камере сепаратора 0,9-1,2 мм;
- угол наклона сетчатой деки к горизонту 2-5 град.

В качестве выходных функций выбраны такие показатели, характеризующие эффективность работы разработанного сепаратора, как:

- коэффициент увеличения массы:

$$K_{у.м.} = \frac{m_1 - m_{нач}}{m_{нач}} \times 100\%$$

где m_1 – масса 1000 семян лука более плотной фракции, разделенной на вибропневматическом сепараторе, г;

$m_{нач}$ – масса 1000 семян лука исходной смеси, г.

- производительность:

$$Q = \frac{m}{t}$$

где m – масса семян лука поступающих на сепарирование, кг;

t – время сепарирования, с.

Для определения оптимальных параметров работы разработанного сепаратора был проведён полнофакторный эксперимент по плану Бокса-Уилсона типа 2^4 со звездой. В результате планирования было проведено 26 экспериментов, которые проводились с двойной повторностью.

Детальный анализ влияния входных параметров на процесс сепарирования семян лука по удельной плотности был проведен с использованием современных пакетов программ обработки экспериментальных данных STATISTICA 7 и STATGRAPHICS Centurion XVI.I.

Так как критерием эффективной работы сепаратора является максимальный коэффициент увеличения массы с наибольшей производительностью, то при оптимизации необходимо было определить параметры работы сепаратора, удовлетворяющие данному условию.

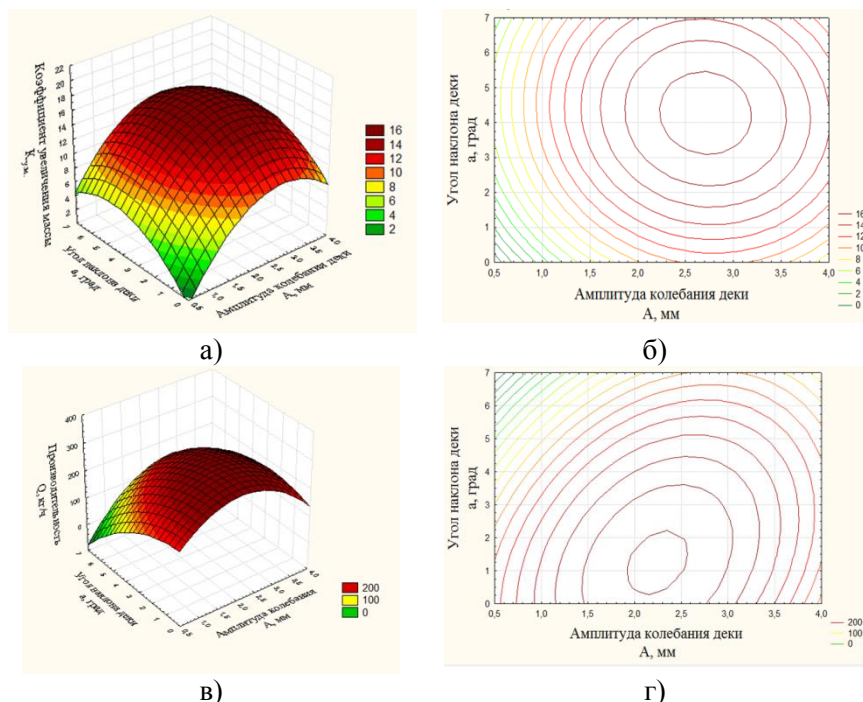


Рисунок 2 – Поверхности отклика выходных функций коэффициент увеличения массы $K_{у.м.}$ (а, б) и производительность Q (в, г) от угла наклона деки α и амплитуды колебания деки A при $f=19,5$ Гц и $v_0=1,2$ м/с.

Анализируя данные поверхности отклика можно сделать вывод о том, что данные поверхности имеют явный экстремум, т.е. оптимальную область протекания процесса самосортирования зерновой массы по удельной плотности.

Определение рациональных параметров сепаратора, обеспечивающих максимальный коэффициент увеличения массы с наибольшей производительностью, производилось графическим методом наложения линий равного уровня выходных функций (рис. 3).

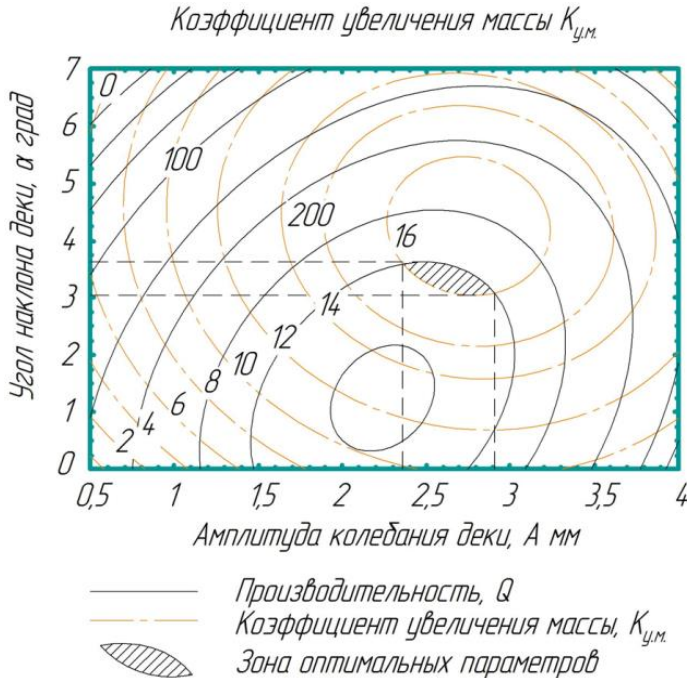


Рисунок 3 – Определение оптимальных параметров сепарирования семян лука методом наложения линий равного уровня.

На основании графического метода оптимизации в таблице 1 приведены оптимальные параметры работы сепаратора, обеспечивающие максимальный коэффициента увеличения массы и наибольшую производительность процесса сепарирования семян лука по удельной плотности.

Таблица 1 – Оптимальные параметры сепарирования семян лука по удельной плотности.

Параметры	Амплитуда колебания деки, мм	Частота колебания деки, Гц	Скорость воздушного потока, м/с	Угол наклона деки, град.
Сочетание выходных функций	2,4-2,9	19,5	1,2	3,0-3,5

С целью выяснения влияния удельной плотности на посевные качества семян, было проведено экспериментальное исследование по определению энергии прорастания и всхожести семян лука. Проведённые исследования показали высокую эффективность вибропневматического способа разделения семян по удельной плотности. По результатам обработки семян лука на вибропневматическом сепараторе всхожесть семян повышена с 66% до 91%. Масса ростков на 12 сутки проращивания составила: 0,612 г – для семян исходной фракции, 1,235 г – для семян плотной фракции после вибропневмосепарирования (т.е. увеличение более чем в 2 раза). Длина ростков равна соответственно: 30 мм – для семян исходной фракции, 55 мм – для семян плотной фракции после вибропневмосепарирования.

Исследование в данном направлении актуально, имеет практическую значимость.

Заключение

На основании графического метода оптимизации параметров работы экспериментального сепаратора вибропневматического принципа действия определены рациональные параметры процесса сортирования семян лука по удельной плотности с точки зрения обеспечения максимального коэффициента увеличения массы и наибольшей производительности: амплитуда колебания деки $A = 2,4-2,9$ мм, частота колебания деки $f = 19,5$ Гц, скорость воздушного потока $v_e = 1,2$ м/с, угол наклона деки $\alpha = 3,0-3,5$ град. Данные параметры работы сепаратора будут рекомендованы к использованию для эффективной подготовки семян лука к посеву.

Список использованной литературы

1. Поздняков В.М. Исследование вибрационных характеристик вибропневматического оборудования / Поздняков В.М., Зеленко С.А., Рублик П.В. // Исследования и результаты. – Алматы, Казахстан. – 2014. – №2. – С. 246-253.

УДК 631.348.45:378.245

И.С. Крук¹, Т.П. Кот¹, О.В. Гордеенко², А. Марчук³,
В. Романюк⁴

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь; ²Белорусская государственная сель-
скохозяйственная академия, г. Горки, Республика Беларусь;

³Университет природоведческий в Люблине, Республика Польша

⁴Институт технологических и естественных наук, Отдел в
Варшаве, Республика Польша

ОБОСНОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ ОБЪЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ

Введение

Эффективность интегрированной системы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, наряду с другими факторами, определяется работой средств механизации, которые должны обеспечивать равномерную обработку растений по объему. Однако, из попадающей на объект жидкости более 80 % оседает на верхнем ярусе, на нижнем – менее 10 % [1]. Доставка капель рабочих растворов пестицидов к объектам обработки направленным воздушным потоком представляется наиболее эффективной.

Основная часть

Эффективность работы опрыскивателей объемного действия определяется согласованностью работы воздухораспределительной и гидравлической систем. Пусть имеется направленный воздушный поток, определяемый скоростью v_B , углом β' между направлением скорости и горизонтальной плоскостью, и капля жидкости массой m_k , движущаяся со скоростью v_k под углом γ_0 к воздушному потоку и под углом α_c вправо от вертикали (рисунок 1,а). Величина относительной скорости определяется из скоростного треугольника

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{v_B^2 + v_k^2 - 2v_B v_k \cos \gamma_0}, \quad \sin \alpha_1 = \frac{v_k \sin \gamma_0}{v_{\text{отн}}}.$$

Ускорение, сообщаемое капле воздушным потоком при турбулентном режиме, определяется по формуле [2]:

$$a_{R_B} = \frac{c \rho_B S_K v_{\text{отн}}^2}{m_K} = k_{\Pi} v_{\text{отн}}^2, \quad k_{\Pi} = \frac{c \rho_B S_K}{m_K}.$$

где c – коэффициент сопротивления воздуха;

S_K – миделево сечение капли, м^2 ;

k_{Π} – коэффициент парусности.

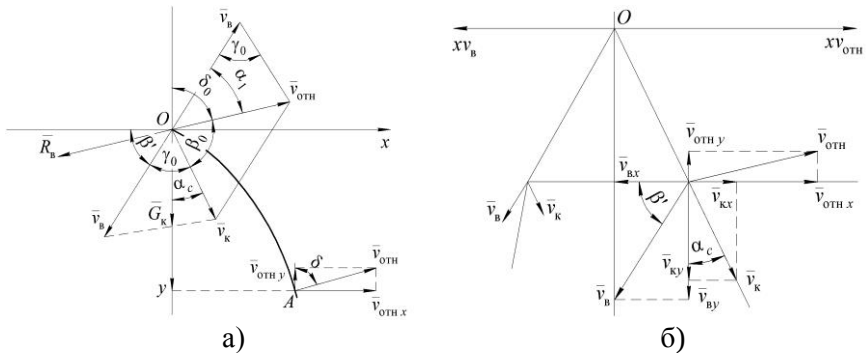


Рисунок 1 – Расчетная схема (капля движется под углом α_c от вертикали вправо): траектория относительного (а) и полного (б) движения капли в воздушном потоке

Относительное движение капли в воздушном потоке рассмотрим в системе подвижных координат, перемещаемой поступательным движением вместе с потоком (рисунок 1,а). Обозначим составляющие скорости относительного движения капли для траектории относительного движения OA – $v_{\text{отн } x}$, $v_{\text{отн } y}$, а составляющие скорости воздушного потока – v_{Bx} , v_{By} . Тогда $v_{Bx} = v_B \cos \beta'$, $v_{By} = v_B \sin \beta'$. Угол α_c определяется из формулы:

$$\operatorname{tg} \alpha_c = \frac{v_{Kx}}{v_{Ky}} = \frac{v_{\text{отн } x} - v_B \cos \beta'}{v_B \sin \beta' - v_{\text{отн } y}}.$$

где $v_{Kx} = v_{\text{отн } x} - v_{Bx}$, $v_{Ky} = v_{By} - v_{\text{отн } y}$.

В начале движения $v_{отн} = v_B$, тогда $R_B = m_K k_{\Pi} v_B^2$. Из рисунка 2 следует, что

$$\operatorname{tg} \alpha_{c_0} = \frac{R_{Bx}}{m_K g + R_{By}} = \frac{k_{\Pi} v_B^2 \cos \beta}{g + k_{\Pi} v_B^2 \sin \beta},$$

где R_{Bx} , R_{By} – составляющие сопротивления воздушного потока;

g – ускорение свободного падения, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$.

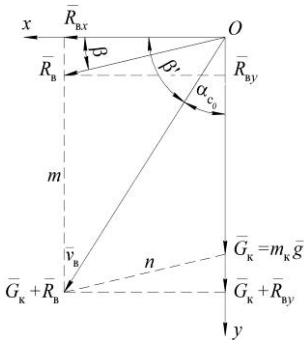


Рисунок 2 – Отклонение скорости от вертикали при $v_{отн} = v_B$

С приближением относительной скорости к вертикальному направлению, когда $v_{отн y} \rightarrow v_{отн. \text{кр}}$ (относительной критической скорости) и $v_{отн x} \rightarrow 0$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{скр}} = \frac{-v_B \cos \beta'}{v_B \sin \beta' - v_{отн. \text{кр}}} = \frac{-k_{\Pi} v_B^2 \cos \beta'}{k_{\Pi} v_B^2 \sin \beta' - g}. \quad (1)$$

Из полученных формул следует, что отклонение движения капли от вертикали изменяется вместе с коэффициентом парусности капли, скоростью воздушного потока и с изменением угла α_c .

При движении капли от вертикали влево формула (1) примет вид

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{скр}} = \frac{v_B \cos \beta'}{v_B \sin \beta' - v_{отн. \text{кр}}} = \frac{k_{\Pi} v_B^2 \cos \beta'}{k_{\Pi} v_B^2 \sin \beta' - g}.$$

Когда капля летит вертикально вниз, то ее коэффициент парусности $k_{\Pi} = 0$, скорость потока воздуха $v_B = 0$; $\beta' = 90^\circ$.

Для создания оптимальных условий обработки угол факела распыла распылителей должен быть согласован с углом факела распространения воздушного потока. Картину истечения воздуха из выпускных насадков воздухораспределительной системы можно условно разделить на три зоны: первая складывается из движения отдельных независимых струй, во второй происходит сближение струй и перемешивание пограничных слоев, т.е. сглаживание поля

скоростей, и третья – совместное движение струй.

Расстояние h_1 , соответствующее зоне двойного перекрытия факелов распределения воздуха, определяется по формуле:

$$h_1 = \frac{b_1 - 0,5d_n}{\operatorname{tg}\gamma},$$

где b_1 – межсоевое расстояние между выпускными отверстиями воздухораспределительных рукавов, м;

d_n – диаметр выпускных отверстий, м;

γ – угол бокового расширения воздушной струи, град.

Основным условием, которое должно соблюдаться при формировании единого воздушно-капельного потока является слияния факелов распыла рядом расположенных распылителей [4]. Расстояние h_2 , на котором происходит это слияние, соответствует второй зоне и определяется по формуле:

$$h_2 = \frac{0,5b_2}{\operatorname{tg}\frac{\alpha_p}{2}},$$

где b_2 – межсоевое расстояние между распылителями, м;

α_p – угол при вершине факела распыла распылителя, град.

Чтобы найти направление и скорость слившихся потоков, необходимо на векторах их количеств движения построить параллелограмм. Его диагональ E определит направление слившихся потоков, а ее величину определим по формуле:

$$E = m_{\text{вп}} v_{\text{в0}} \cos\beta + m_{\text{вкл}} v_{\text{к0}} \cos\theta,$$

где $m_{\text{вп}}$ – масса воздушного потока, кг;

$$m_{\text{вп}} = \rho_v Q_n n_n t,$$

Q_n – объемный расход воздуха через одно выпускное отверстие, $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$; $Q_n = \mu \frac{\pi d_n^2}{4} v_{\text{в0}}$.

n_n – количество выпускных отверстий, шт.;

t – время, с;

$m_{\text{вкп}}$ – масса воздушно-капельного потока, кг;

$$m_{\text{вкп}} = \rho_{\text{ж}} Q_{\text{ж}} n_{\text{р}} t,$$

$n_{\text{р}}$ – количество распылителей, шт;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность рабочей жидкости, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

$Q_{\text{ж}}$ – расход жидкости через распылитель, $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$;

$v_{\text{к0}}$ – скорость вылета капель из распылителя, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$;

β – угол, характеризующий отклонение воздушного потока от вертикали град.;

θ – угол, характеризующий отклонение воздушно-капельного потока от вертикали, град.

Тогда средняя скорость единого потока определяется по формуле:

$$v_{\text{рез}} = \frac{m_{\text{вп}} v_{\text{в0}} \cos \beta + m_{\text{вкп}} v_{\text{к0}} \cos \theta}{m_{\text{вп}} + m_{\text{вкп}}}.$$

После необходимых преобразований получаем:

$$v_{\text{рез}} = \frac{\rho_{\text{в}} \mu \frac{\pi d_{\text{н}}^2}{4} v_{\text{в0}}^2 n_{\text{н}} \cos \beta + \rho_{\text{ж}} Q_{\text{ж}} n_{\text{р}} v_{\text{к0}} \cos \theta}{\rho_{\text{в}} \mu \frac{\pi d_{\text{н}}^2}{4} v_{\text{в0}} n_{\text{н}} + \rho_{\text{ж}} Q_{\text{ж}} n_{\text{р}}}, \quad (2)$$

где $v_{\text{в0}}$ – начальная скорость истечения воздуха из выпускных отверстий, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Единый воздушно-капельный поток от зоны формирования до встречи с растительным слоем преодолевает определенное расстояние y_1 . Его скорость у входа в растительный слой определяется по формуле:

$$v_{y_1} = \frac{0,48 v_{\text{рез}}}{\frac{a * y_1}{d_{\text{н}}} + 0,145}. \quad (3)$$

Формула (3) корректна в идеальных условиях. Для реальных условий она примет следующий вид:

$$v_{y_1} = \sqrt{\left(\frac{0,73gy_1(t_0 - t_{\text{окр}})}{v_{\text{рез}} T_{\text{окр}} \cos \alpha} \right)^2 + \left(\frac{0,48v_{\text{рез}}}{\frac{a^* y_1}{d_n \cos \alpha} + 0,145} \right)^2}, \quad (4)$$

где t_0 – температура на оси струи, °С;

$t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, °С;

$T_{\text{окр}}$ – абсолютная температура окружающей среды, град. абс.;

α – угол, характеризующий отклонение направления единого потока от прямолинейного движения, град.

Из условия шевеления и поворота листьев воздушным потоком без их повреждения определим необходимую скорость вхождения потока в растительный слой [4]:

$$v_{y_1} = \frac{v_{y_2}}{e^{-\xi(y-y_1)}} = \frac{v_{y_2}}{e^{-\xi\Delta D}}, \quad (5)$$

где v_{y_2} – скорость потока в нижней зоне растительного слоя, м · с⁻¹;

ξ – коэффициент проницаемости, м⁻¹;

ΔD – толщина растительного слоя, м.

При этом должны выполняться следующие условия: $v_{y_2} > v_{\text{min\_эфф}}$, $v_{y_1} \leq v_{\text{max\_доп}}$ ($v_{\text{max\_доп}}$ – максимально допустимая скорость вхождения потока в растительный слой, $v_{\text{min\_эфф}}$ – минимальная эффективная скорость). Кроме того, скорость вхождения единого воздушно-капельного потока в растительный слой должна быть больше скорости естественного ветра ($v_{y_1} > v_a$).

С учетом формулы (5), зависимость (2) примет вид:

$$v_{\text{рез}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{a^* y_1}{d_n \cos \alpha} + 0,145 \right)^2}{0,46} \left[\left(\frac{v_{y_2}}{e^{-\xi\Delta D}} \right)^2 + \left(\frac{v_{y_2}}{e^{-\xi\Delta D}} \right)^4 - \frac{47,16y_1^2(t_0 - t_{\text{окр}})^2}{\left(\left(\frac{a^* y_1}{d_n \cos \alpha} + 0,145 \right)^2 T_{\text{окр}}^2 \cos^2 \alpha \right)} \right]}.$$

Зная результирующую скорость единого воздушно-капельного

потока, можно определить начальную скорость истечения воздуха из выпускных отверстий воздухораспределительных рукавов:

$$v_0 = 0,5v_{\text{рез}} + 0,5 \sqrt{v_{\text{рез}}^2 + \frac{4\rho_{\text{ж}}Q_{\text{ж}}n_{\text{р}}|v_{\text{к0}} \cos\theta - v_{\text{рез}}|}{\rho_{\text{в}}\mu \frac{\pi d_{\text{н}}^2}{4} n_{\text{н}} \cos\beta}}.$$

Зная начальную скорость выхода воздуха из отверстия, можно рассчитать параметры воздухораспределительных рукавов опрыскивателей объемного действия.

Заключение

На основании теоретических исследований взаимодействия направленного воздушного потока с воздушно-капельным обоснованы кинематические и конструктивные параметры воздухораспределительной и гидравлической систем опрыскивателей объемного действия. Предложены математические зависимости для определения необходимой начальной скорости воздушного потока, учитывающие взаимосвязь состояния обрабатываемого объекта и параметров воздухораспределительной и гидравлической систем.

Список использованной литературы

1. Степук Л.Я., Литвинова Т.П., Цехова Т.В. Состояние и перспективы механизации химзащитных работ // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник / ГП «БелНИИМСХ»; Под общ. ред. И.С. Нагорского. – Мн., 1998. – Вып. 36. – С. 86–96.
2. Гладков Н.Г. Зерноочистительные машины: Конструирование, расчет, проектирование и эксплуатация. – М.: Машгиз, 1991. – 367 с.
3. Литвинова Т.П. К вопросу эффективной работы раздающего воздуховода объемного опрыскивателя // Проблемы организации управления в современном обществе: теория и практика: Материалы Респ. науч.-практ. конф. / ГП «БелНИИМСХ». – Мн., 1999. – С. 239–241.
4. Лысов А.К. Средства механизации и методы, улучшающие технологию применения пестицидов в защищенном грунте: Дис. канд. техн. наук: 05.20.01. – Ленинград–Пушкин, 1983. – 204 с.

УДК 632.95:631.95

**И.С. Крук¹, к.т.н., доцент, О.В. Гордеенко², к.т.н., доцент, Т.П.
Кот¹, к.т.н., доцент, А. Марчук³, д.т.н.,
Я. Каминьский⁴, д.т.н.**

*¹Белорусский государственный аграрный технический университет,
Республика Беларусь; ²Белорусская государственная сельскохозяй-
ственная академия, Республика Беларусь; ³Университет природо-
ведческий в Люблине, Республика Польша; ⁴Варшавский
университет естественных наук, Республика Польша*

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО ВЕТРОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА К ОБОРУДОВАНИЮ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ

Введение

При обработках в ветреную погоду на протяжении всего процес-са падения, капля подвержена воздействию направленного воздуш-ного потока. Он изменяет закономерности ее движения и оказывает значительное влияние на качество выполнения технологического процесса. Поэтому исследование закономерностей сноса капель ветром из зоны обработки и проектирование устройств защиты фа-кела распыла от его воздействия является важной задачей.

Основная часть

Защита факела распыленной жидкости от воздействия ветра – одно из условий проведения качественной химической обработки растений в оптимальные сроки. Наиболее эффективным способом защиты факела распыла и снижения величины или исключения сноса рабочего раствора пестицидов является использование ветро-защитных устройств. В результате анализа способов снижения по-терь пестицидов из-за сноса и устройств защиты факела распыла от прямого воздействия ветра [1,2] были предложены конструкции ветрозащитных устройств, рабочие поверхности которых выполне-ны в форме прямоугольных (рисунок 1,а) [3] или изогнутых пла-стин [4].

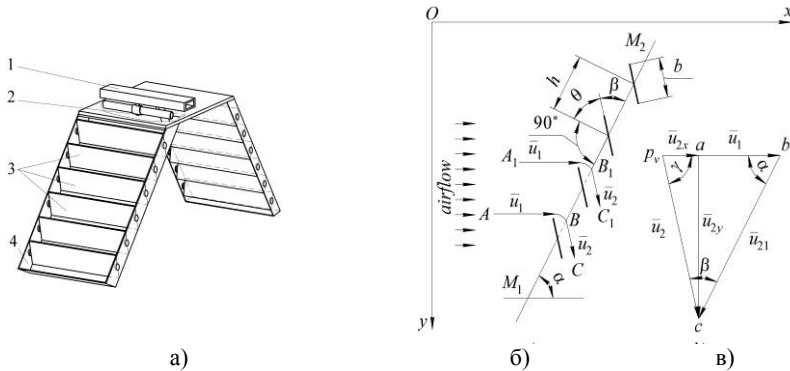


Рисунок 1. Устройство защиты факела распыла от прямого воздействия ветра комбинированного действия:

а – конструктивная схема; б – расчетная схема; в – план скоростей воздушного потока; 1 – несущая конструкция; 2 – распределительная штанга с распылителем; 3 – пластины; 4 – рамка

Ветрозащитное устройство, выполнено в виде плоской решетки, представляющей собой набор прямоугольных пластин, конгруэнтно смещенных вдоль прямой M_1M_2 (ось решетки) (рисунок 1,б). Оно позволяет изменить скорость и направление действующего на нее воздушного потока, которое определяется углом установки пластин к оси решетки β . Воздушный поток представим состоящим из отдельных одинаковых потоков, обтекающих пластины по линиям тока ABC и $A_1B_1C_1$ [5]. Тогда характер изменения его скорости будет определяться теоремой сложения скоростей:

$$\bar{u}_2 = \bar{u}_1 + \bar{u}_{21}, \quad (1)$$

где $\bar{u}_1$ и $\bar{u}_2$ – соответственно векторы скоростей линий тока воздушного потока перед и за решеткой;

$\bar{u}_{21}$ – вектор отклонения скоростей линий тока от первоначального направления, вызванного поперечным обтеканием пластин решетки.

Взаимосвязь между векторами уравнения (1) нетрудно установить по теореме синусов, представив его решение графически в виде плана скоростей с полюсом p_v (рисунок 1,в):

$$u_2 = u_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}; \quad (2)$$

$$u_{21} = u_1 \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \beta}. \quad (3)$$

где α – угол наклона оси M_1M_2 решетки к горизонтальной оси;

β – угол установки пластин относительно оси M_1M_2 решетки.

Для оценки воздействия воздушного потока, сформировавшегося за решеткой, на факел распыленной жидкости, разложим вектор скорости $\bar{u}_2$, определяемый уравнением (2), по координатным осям Ox и Oy (рисунок 2,б).

$$u_{2x} = u_2 \cdot \cos \gamma = u_1 \left[1 - \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \beta} \cdot \cos \alpha \right]; \quad (4)$$

$$u_{2y} = u_2 \cdot \sin \gamma = u_1 \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \beta} \cdot \sin \alpha. \quad (5)$$

где γ – угол между векторами скоростей $\bar{u}_1$ и $\bar{u}_2$.

По физической сущности вектор скорости $\bar{u}_{2y}$ способствует быстрейшему осаждению капель. Снос капель из факела распыла происходит под действием горизонтальной составляющей вектора скорости $\bar{u}_{2x}$. Из анализа уравнения (4) следует:

1) если $\gamma = 180 - (\alpha + \beta) < (\pi/2)$, то $u_{2x} > 0$ и капли будут сноситься из зоны обработки в сторону движения воздушного потока.

2) если $\alpha = (\pi/2)$, то $u_{2x} = u_1$, и при любых значениях угла $\beta > 0$ эффективность ветрозащитной решетки равна нулю;

3) если $\gamma = 180 - (\alpha + \beta) > (\pi/2)$, то $u_{2x} < 0$, и капли будут перемещаться в сторону ветрозащитной решетки при любом значении скорости воздушного потока;

4) если $\beta = (\pi/2)$, то $u_{2x} = u_1 \cdot \sin^2 \alpha < u_1$, и интенсивность сноса капель из зоны обработки будет определяться только углом α наклона оси решетки.

5) если $\beta = 0$, то при любых значениях угла $0 < \alpha < (\pi/2)$ горизонтальная u_{2x} и вертикальная u_{2y} составляющие скорости воздушного потока достигают величины большей, чем скорость воздушного потока перед решеткой, и факел распыленной жидкости будет смещен в сторону решетки.

Приведенный анализ показывает, что при определенном соотношении между углами α и β , за ветрозащитной решеткой можно создать условия движения капель рабочего раствора по требуемым траекториям в факеле распыла, даже при скорости ветра перед решеткой, превышающей установленные ограничения. Отметим, что при уменьшении угла α снос капель из зоны обработки снижается, а габариты ветрозащитной решетки возрастают. Уменьшение угла β установки пластин приводит к резкому возрастанию вертикальной составляющей скорости воздушного потока за решеткой, что может привести к повреждению растений. Для проверки этих предположений была разработана конструкция, изготовлена лабораторная установка и проведены исследования по изменению направления движения горизонтального потока воздуха с помощью жалюзийной решетки.

Разность между объемами жидкости, прошедшей через распылитель и осевшей на приемную поверхность макета гребня, определяет ее снос из зоны обработки и характеризуется коэффициентом k целевого использования распыленной жидкости. Так как наиболее очевиден процесс сноса препарата при ленточном внесении гербицидов, то исследования проведены с приемной поверхностью, выполненной в виде макета гребня. Количественная оценка распределения жидкости за пределами зоны обработки при различной скорости воздушного потока без ветрозащитного устройства была приведена с использованием трех распылителей: *TP40015E «Teejet»*, *30HCX3 «Lurmark»*, *РОК-0.6 «Россия»*, которые по своим характеристикам наиболее пригодны для использования при ленточном внесении гербицидов.

Анализ полученных результатов показал, что при воздействии направленного воздушного потока происходит перераспределение жидкости по объекту обработки. В опытах отмечено, что при номинальных условиях опрыскивания и скорости направленного воз-

душного потока 2 м/с, свыше 10 % и 19 % жидкости, распыленной соответственно распылителями *TP40015E* и *30HCX3*, сносятся из зоны обработки на расстояние до 0,1 м и около 0,1 % на расстояние более 1 метра. Свыше 5 % жидкости, прошедшей через щелевой распылитель *TP40015E*, оседает на боковой поверхности макета гребня. Около 4 % распыленной жидкости оседает на расстоянии 0,2...0,5 м и около 2 % распыленной жидкости сносится на расстояние более 0,5 м. Дальнейшее увеличение скорости воздушного потока приводит к резкому увеличению объема жидкости, выносимого за пределы зоны обработки. Например, при скорости воздушного потока $u = 7$ м/с, из зоны обработки сносится до 76 % капель жидкости, генерируемых распылителем *TP40015E*. При этом снос за пределы контролируемой зоны (далее 1 метра от оси гребня) возрастает с 0,2 % (при $u = 2$ м/с) до 13,1 % (при $u = 7$ м/с).

Объем жидкости, прошедший через распылитель *30HCX3* и снесенный воздушным потоком ($u = 2$ м/с) на расстояние 0,1...0,2 и 0,2...0,5 метра от центра макета гребня, соответственно составляет 5,45 и 4,95 %. Снос жидкости на расстояние более 0,5 метра, составляет около 0,1 %. С увеличением скорости воздушного потока до 6 м/с снос капель жидкости возрастает до 80...83 %. При этом около 18 % жидкости сносится на расстояние более 1 метра. Это примерно в 2 раза меньше объема жидкости, снесенного воздушным потоком с аналогичными параметрами, воздействующим на факел распылителя *TP40015E*.

Данное явление объясняется двумя причинами:

- различием высоты установки распылителей над поверхностью макета гребня;
- различием в форме факела распыла: плоский факел распылителя *TP40015E* менее устойчив к воздействию воздушного потока, чем конусообразный факел распылителя *30HCX3*, что многократно отмечено при проведении опытов.

Экспериментально установлено, что воздействие воздушного потока ($u \leq 2$ м/с) на факел распылителя РОК-0,6, практически не приводит к перераспределению жидкости, оседающей на поверхность макета гребня. Заметные изменения в распределении жидкости по поверхности макета гребня наступают при скорости воздуш-

ного потока более 4 м/с. Из полученных данных следует, что при скорости воздушного потока $u = 4$ м/с с обрабатываемой поверхности сносится около 5 % жидкости, прошедшей через распылитель РОК–0.6, что примерно в 5...7 раз меньше, чем при использовании распылителей *TP40015E* и *30HCX3* в аналогичных условиях работы. Увеличение скорости воздушного потока с 4 до 7 м/с приводит к увеличению сноса жидкости из зоны обработки до 24...75 %. Из этого следует, что факел жидкости распылителя РОК–0.6 более устойчив к воздействию воздушного потока, чем факелы распылителей *TP40015E* и *30HCX3*.

Вертикальная составляющая скорости потока за ветрозащитной решеткой определяется динамическим давлением воздуха на поверхность макета гребня. При нормальных атмосферных условиях связь между динамическим давлением и скоростью потока воздуха определяются соотношением [6]:

$$u = 1,29\sqrt{P_{din}}, \quad (6)$$

где P_{din} – динамическое давление в контролируемой точке воздушного потока, Па.

Следует отметить, что, воздействуя ветрозащитной решеткой на воздушный поток можно повысить коэффициент целевого использования жидкости, даже при скорости ветра 6 м/с. Так при установке оси решетки под углом 45° к горизонту и скорости воздушного потока 4 м/с, коэффициент целевого использования жидкости повышается с 52 % (без решетки) до 70,4 %. В сравнении с неподвижной средой этот показатель меньше на 1,2 %. При увеличении скорости воздушного потока с 4 до 6 м/с и неизменных параметрах распыла и установки решетки, коэффициент целевого использования жидкости повышается с 29,7 % (без ветрозащитного устройства) до 61 %, что на 10,6 % меньше, чем в неподвижной среде. Увеличение угла наклона оси решетки с 45° до 60° приводит к незначительному уменьшению коэффициента целевого использования на 6,4 % и 10 % соответственно при скорости воздушного потока в 4 и 6 м/с. Следует также отметить, что при изменении угла установки решетки в пределах 45° ... 60° и скорости воздушного потока 4...6 м/с, асимметрия отложения жидкости по поверхно-

сти гребня, характерная при распыле жидкости без защиты факела, заметно снижается.

Заключение

Приведены результаты теоретических и лабораторных исследований сноса рабочей жидкости при воздействии направленного воздушного потока в зависимости от скорости ветра, типа используемого распылителя и конструктивных параметров ветрозащитного устройства. Установлено, что разработанная конструкция ветрозащитного устройства позволяет качественно выполнять опрыскивание при проведении обработок в ветреную погоду.

Список использованной литературы

1. Способы и устройства защиты факела распыла при внесении пестицидов в ветреную погоду / О.В. Гордеенко, Т.П. Кот, И.С. Крук, А.Е. Маркевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник. / НППЦ НАН Беларуси по МСХ – Минск: 2007 – Выпуск 41, с. 106–113.

2. Снижение потерь пестицидов из-за сноса при проведении обработок в неблагоприятных погодных условиях / И.С. Крук, Е.В. Послед, Т.П. Кот, О.В. Гордеенко, А.Е. Маркевич // Материалы межд. научн.-практ. конф. «Экология и сельскохозяйственная техника». – Санкт-Петербург: СЗНИИМЭСХ, 2009 г. – т. 2 – с. 50–57.

3. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами: ВУ № 6648, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, О.В. Гордеенко, Е.В. Послед и др. ; заявитель Белорусск. гос. аграрн. техн. ун-т. - № u20100267 ; заявл. 18.03.2010 ; опубл. 30.10.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. Уласцівасці. – 2010. - № 5(76). – с. 161.

4. Штанга опрыскивателя с ветрозащитным устройством : пат. ВУ № 9714, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, В.А. Агейчик, Д.Р. Мальцев, О.В. Гордеенко; заявитель Белорусск. гос. аграрн. техн. ун-т. - № u20130442 ; заявл. 28.05.2013 ; опубл. 30.12.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. Уласцівасці. – 2013. – № 6(95). – с. 171.

5. Защита факела распыленного пестицида от сноса воздушным потоком / О.В. Гордеенко, И.С. Крук / Инженерный вестник, 2006 – №2(22), С. 14–18.

6. Гордеенко О.В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: Дис. канд. техн. наук / БГСХА. – Горки, 2004. – 218 с.

УДК 631.31.22

**С.Н. Герук¹, к.т.н., доцент, И.С. Крук², к.т.н., доцент,
Г.Ф. Назарова², ст. преподаватель**

*¹Национальный научный центр «Институт
механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН
Украины, п. Глеваха;²Белорусский государственный аграрный
технический университет*

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Введение

Одним из важнейших условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур является качественная обработка почвы. По степени влияния на урожайность, энергетические и трудовые затраты она занимает ведущее место в растениеводстве. От всего объема полевых работ по возделыванию и уборке сельскохозяйственных культур на обработку почвы приходится 40% энергетических и 25 % трудовых затрат. Вместе с тем, рост энерговооруженности сельского хозяйства обусловил возможности интенсификации обработок почвы. В результате увеличилось количество проходов агрегатов по полю, что привело к разрушению почвенной структуры, снижению плодородия почвы и возрастанию удельных энергозатрат.

В настоящее время осуществляется переход на ресурсосберегающие технологии возделывания культур с помощью комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов. Кроме того, целесообразно создавать сельскохозяйственную технику таким образом, чтобы отдельные ее составляющие могли использоваться самостоятельно, как однооперационные.

Основная часть

Преимуществом машин и агрегатов с активными рабочими органами является качественное рыхление почвы, полное уничтожение и заделка растительных остатков, а также равномерное перемешивание с почвой минеральных и органических удобрений по всей глубине обработки. В то же время они отличаются значительной энерго- и металлоемкостью, применяемый в их конструкциях механический привод барабанов имеет сложную конструкцию, что сдерживает создание широкозахватных агрегатов и ограниченный диапазон регулировки частоты вращения барабанов, который в значительной степени зависит от физико-механических свойств почвы (типа, влажности, твердости, задерненности и т.п.).

Кинематика рабочего органа, размещенного на барабане в плоскости круга, достаточно изучена. Однако такое расположение рабочих органов не всегда обеспечивает получение показателей, соответствующих агротехническим требованиям при минимальных затратах. При расположении рабочих органов под углом к продольной и поперечной плоскостям (рисунок 1) улучшается крошение почвы, заделка растительных остатков, минеральных и органических удобрений, так как в этом случае происходит сдвиг почвы в направлении, перпендикулярном направлению движения.

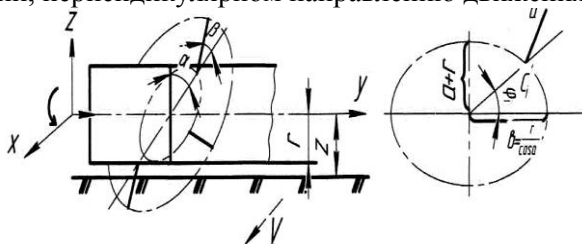


**Рис.2 Схема к определению движения рабочего органа
почвообрабатывающей машины**

Координаты движения конца рабочего органа точки C_i можно описать следующими уравнениями:

$$\begin{cases} x = (r + l_i \cos \beta) \sin \varphi_i \cos \omega t + (r + l_i \cos \alpha \cos \beta) \cos \varphi_i \cos \alpha \cos \omega t + vt; \\ y = (r + l_i \cos \alpha \cos \beta) \cos \varphi_i \sin \alpha; \\ z = -(r + l_i \cos \beta) \sin \varphi_i \sin \omega t + (r + l_i \cos \alpha \cos \beta) \cos \varphi_i \cos \alpha \cos \omega t \end{cases}$$

где l_i – длина i -го рабочего органа.

Используя данные уравнения, можно определить абсолютную скорость точки C_i , т.е. скорость резания:

$$v_0 = \omega \left[(r + l_i \cos \beta)^2 + (r + l_i \cos \alpha \cos \beta)^2 \cos^2 \varphi_i \cos^2 \alpha + \left(\frac{v}{\omega} \right)^2 - \right. \\ \left. - \frac{2v}{\omega} ((r + l_i \cos \beta) \sin \varphi_i \sin \omega t - (r + l_i \cos \alpha \cos \beta) \cos \varphi_i \cos \alpha \cos \omega t) \right]^{\frac{1}{2}}.$$

На основе кинематического анализа сделаны выводы, что все точки рабочего органа движутся по циклоиде и процесс крошения почвы изменяется в зависимости от углов установки ножа.

Для изучения динамических свойств принимаем, что нож представляет собой параллелепипед, защемленный одним концом на барабане. В случае воздействия почвы он совершает изгибные и колебательные колебания описываемые уравнениями:

$$EI_z = \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} = Sp \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} - (2Sp\omega \cos \alpha \cos \beta + 2\gamma) \frac{\partial z}{\partial t} - F(x, t); \\ c \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - c_1 \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} = I_p \rho \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} - 2\gamma_1 \frac{\partial \varphi}{\partial t} - M(x, t).$$

где EI_z – жесткость ножа при изгибе;

S – толщина ножа;

c , c_1 – соответственно жесткость при свободном кручении и секториальная;

I_p – полярный момент инерции площади поперечного сечения ножа относительно его центра тяжести;

ρ – плотность материала ножа;

2γ – коэффициент трения ножа и среды (усредненный по периоду);

$2\gamma_1$ – коэффициент пропорциональности, который учитывает влияние трения на крутильные движения ножа;

$F(x, t)$, $M(x, t)$ – соответственно внешние силы и момент, воздействующие на нож.

Согласно анализу данных уравнений, толщина ножа влияет на амплитуду его крутильных и изгибных колебаний, что в свою очередь отражается на энергоёмкости процесса крошения и гребнистости дна борозды: с уменьшением толщины ножа, при других равных условиях, энергоёмкость уменьшается, а гребнистость увеличивается.

Для расчета усилий взаимодействия ножа с почвой определим угол $\Psi_{\text{вх}}$, при котором начинается вхождение ножа в почву:

$$x^4(\cos 2\beta - 1) + \frac{x^3}{4}\sqrt{1 - x^2} \sin^2 2\beta + 2kx^3 + 2kx + k - x^2 \cos^2 \beta = 0, \quad (2)$$

$$\text{где } x = \cos \varphi_{\text{вх}}; \quad k = \frac{r^2}{l_i \sin \alpha}.$$

Так как уравнение (2) высокого порядка и его решение вызывает трудности, рассмотрим частные случаи решения.

1. Тонкий барабан превращен в вал, т.е. $k \ll 1$:

$$\varphi_{\text{вх}} = \arccos \sqrt{\frac{32 \cos 2\beta \cos^2 \beta - \sin^4 2\beta \pm \sin^3 \beta \cos \beta \sqrt{72}}{2(32 \cos 2\beta \cos^2 \beta - \sin^4 2\beta)}}.$$

Тогда результирующий момент на барабане, где размещено m секций элементов с ножами z каждая, имеем:

$$\begin{aligned} M_0 = mz & \left(1 - \frac{1}{\pi} \arccos \sqrt{\frac{32 \cos 2\beta \cos^2 \beta - \sin^4 2\beta \pm \sin^3 \beta \cos \beta \sqrt{72}}{2(32 \cos 2\beta \cos^2 \beta - \sin^4 2\beta)}} \right) \times \\ & \times \left[ql_i \cos \alpha \left(r + \frac{l_i \sin \alpha}{2} \right) + \frac{Cd_{\text{н}}}{2} \left(r + \frac{l_i \sin \alpha}{2} \right) + \right. \\ & \left. + fb_{\text{н}} \omega l_i \sin \alpha \left(r^2 + l_i r \sin \alpha + \frac{l_i^2 \sin^2 \alpha}{3} \right) \right]. \end{aligned}$$

где q – усилие резания почвы;

C – упругость почвы, зависящая от ее физико-механических свойств;

f – коэффициент трения;

b_n, d_n – геометрические размеры ножа.

Диаметр барабана и длина ножа соизмеримы и $k=1$. В этом случае выражение (2) решается численным методом. Его корни сведены в таблицу.

Таблица 1 – Корни уравнения (2) для определения угла вхождения ножа в почву

β , град	X_1	X_2
0	0,5	$\pm 1,0$
15	0,51025	-0,98730
30	0,53857	-0,95850
45	0,52080	-0,92920

Если обозначить положительный корень уравнения (2) через L , тогда суммарный момент на барабане будет равен:

$$M_0 = mz \left(1 - \frac{1}{\pi} \arccos L \right) \times \left[ql_i \cos \alpha \left(r + \frac{l_i \sin \alpha}{2} \right) + \frac{Cd}{2} \left(r + \frac{l_i \sin \alpha}{2} \right) + f b \omega l_i \sin \alpha \left(r^2 + l_i r \sin \alpha + \frac{l_i^2 \sin^2 \alpha}{3} \right) \right].$$

При выборе типа и марки гидромоторов, делителя потока и регулятора расхода жидкости, насосов и других элементов гидропривода исходными величинами являются мощность и угловая скорость вращения барабанов.

Момент на валу гидромотора определяется по формуле:

$$M = 0,159 q_0 \Delta p \eta_{\Gamma}, \quad \Delta p = p_n - p_c,$$

где q_0 – рабочий объем гидромотора;

p_n, p_c – соответственно давления нагнетания и слива;

η_{Γ} – полный КПД гидромотора.

Теоретический расход рабочей жидкости равен:

$$Q = 0,159 \frac{q_0 \omega}{\eta_0},$$

где η_0 – объемный КПД гидромотора.

Мощность, расходуемая на привод насосной станции:

$$N = \frac{P_n Q_{ст}}{\eta}.$$

где $Q_{ст}$ – расход жидкости станции:

$$Q_{ст} = \frac{Q}{(1 - \Delta\eta_0)(1 - \Delta\eta_n)},$$

где $\Delta\eta_0$, $\Delta\eta_n$ – изменение соответственно объемного КПД насосной станции и КПД гидромотора.

Подача рабочей жидкости на гидромоторы одним или несколькими насосами осуществляется при условии:

$$Q_{ст} \geq \sum_{i=1}^n Q_i.$$

Заключение

Приведенные формулы позволяют рассчитать основные эксплуатационные и конструктивные параметры почвообрабатывающей машины для поверхностной обработки почвы с активными рабочими органами.

Список использованной литературы

1. Канарев Ф.М. Обработка почвы рисовых полей ротационными машинами и орудиями в зоне рисосеяния Краснодарского края. Автореф. Дис. доктор. техн. наук. Волгоград, 1947, 47 с.
2. Марченко О.С. Обоснование параметров рабочего органа фрезы для обработки переувлажненных почв/Марченко О.С., Воробьев В.И.// Научно-технический бюллетень. / ВИМ, 1982, вып.51, с.12-15.
3. Ротационные почвообрабатывающие машины. Конструкция, расчет и проектирование / Яцук Е.П., Панов И.М., Ефимов Д.Н., Марченко О.С., Черненко А.Д./ М., Машиностроение, 1971, 256 с.

4. Жук В.Ф. Влияние параметров фрезы на энергоёмкость её рабочего процесса //Жук В.Ф.//Научн.тр./ Ленинградский СХИ, Т.249, С.14-17.

5.Чаткин М.Н.Повышение эффективности функционирования комбинированных почвообрабатывающих машин с ротационными активными рабочими органами: дис. доктор. техн. наук – Саранск, 2008. – 385с.

УДК 658.5.011:004.051

А.А. Шупилов¹, к.т.н., доцент,

В.А. Шупилов², магистр техн. наук,

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, ²ОАО «АЛЕВКУРП», Минск, Республика Беларусь

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ЗНАКОВ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ РАЗМЕЩЕНИЮ НА ПРОЕКТИРУЕМЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Введение

Особенностью современного производства является применение различных технологических процессов, сложных по своей физико-химической основе, технических средств и систем, характеризующихся наличием определенных опасных и вредных производственных факторов.

В данных условиях возрастает значимость мер предупреждающего характера, определяющая роль в реализации которых, отводится знакам безопасности, относящихся к группе предупреждающих. Очевидно, что при современном уровне развития производства требования к содержанию информации на данных знаках, а, следовательно, и количеству знаков безопасности в предупреждающей группе имеют тенденцию к увеличению.

Применение предупреждающих знаков безопасности, каждый из которых играют роль закодированного носителя соответствующей информации, является эффективной мерой профилактики травматизма, вредного воздействия на организм человека. Безопасность выполнения работ существенно зависит от доходчивости, своевременности и точности зрительной информации.

Группа основных предупреждающих знаков, стандартизированная отечественным нормативным актом [1], состоит из трех знаков. Продолжается использование на практике предприятиями республики десяти предупреждающих знаков, регламентированных стандартами СССР [2,3].

С образованием Союзного государства и единого экономического пространства между Республикой Беларусь и Российской Федерацией на практике белорусскими предприятиями в настоящее время частично используются знаки безопасности, предусмотренные в российской системе стандартов безопасности труда [4].

Очевидным является факт необходимости разработки соответствующей отечественной нормативной базы для обеспечения широкого использования знаков безопасности, в том числе предупреждающего направления, в трудовой деятельности. Например, группа только предупреждающих знаков безопасности государственного стандарта Российской Федерации включает 30 цветографических изображений [4].

Для модернизации в короткие сроки отечественной нормативной базы, регламентирующей применение знаков безопасности, целесообразно использовать международный опыт и разработку стандартов Республики Беларусь в данном направлении осуществлять идентично с соответствующими международными стандартами ISO. Основой для данной деятельности является межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 3864-1-2013. Графические символы. Сигнальные цвета и знаки безопасности. Часть 1. Принципы проектирования знаков и сигнальной разметки [5], который аналогичен международному стандарту ISO 3864-1-2011 [6]. Данный стандарт принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации с участием Госстандарта Республики Беларусь и устанавливает требования к идентификации цветов и к принципам проектирования знаков безопасности, которые вводятся в действие с 2015 года.

Основная часть

Среди материальных носителей опасности (предметы труда, орудия труда, условия труда) ключевым звеном является человек, его ошибки чаще всего приводят к наиболее тяжёлым травмам и

авариям. Чем раньше работник распознает и осознает существующую опасность, тем более безопасными будут его действия, а именно это является определяющим фактором профилактики травматизма.

Ошибки человека при производстве работ можно классифицировать и проранжировать в следующем порядке:

- ошибка в ориентации, связанная с неполученной информацией;
- принятие ошибочного (неправильного) решения;
- ошибки в выполнении действий (неправильное действие).

Предупреждающие знаки должны ориентировать работника в производственной среде на безопасные действия и заблаговременно информировать о существующей опасности, и тем самым предотвращают возможность своевременно принять правильное решение и избежать ошибок в своих действиях.

Для обеспечения своевременного зрительного восприятия предупреждающих знаков безопасности значим учет психофизиологических аспектов поведения человека. Это связано с тем, что через зрительный анализатор человека поступает свыше 90% всей информации об условиях его окружающих. От того, насколько своевременно и достоверно человек получает от своего зрительного анализатора информацию о наличии опасных факторов в окружающем пространстве, зависит безопасность его жизнедеятельности в системе «человек-среда».

Различают несколько этапов зрительного восприятия объекта: обнаружение, различение, опознавание, осмысление.

На стадии обнаружения знака, человек замечает его в поле зрения, но еще не может судить о каких-либо признаках объекта. На стадии различения человек определяет форму знака и детали изображенного на нем символа, на основании данной информации происходит дальнейшая расшифровка значения знака. С уменьшением расстояния между человеком и знаком до определенного значения происходит процесс опознавания знака. Расстояние, на котором знак опознается, т.е. идентифицируется, называется расстоянием распознавания знака. Величина расстояния распознавания знака зависит, прежде всего, от размеров знака, уровня адаптирующей яркости, контрастом между фоном и объектом. Очевидно и то, что для одного и того же размера знака величина расстояния его распо-

знавания будет зависеть от его освещенности и окружающего фона, а продолжительность зрительного восприятия и осмысления при одинаковой освещенности – от количества объектов (предметов), находящихся в поле зрения и одновременно воспринимаемых человеком. Психофизиологический фактор поведения человека особенно необходимо учитывать для обеспечения зрительного восприятия знаков безопасности в условиях возникновения аварийной ситуации.

Для проведения исследований по оценке зрительного восприятия и осмысления предупреждающих знаков безопасности, выработке требований к местам их размещения, осуществлена разработка нескольких вариантов специальных графических схем-планшетов для проведения экспериментов.

Эксперименты проводились с трехкратной повторностью с использованием специально разработанной компьютерной программы.

Проведенными исследованиями установлено, что размещение в непосредственной близости от места расположения предупреждающего знака безопасности цветографических объектов, не имеющих отношения к обеспечению безопасности и интуитивно отвлекающих внимание человека, снижают способность зрительного восприятия знака, увеличивает время на его обнаружение, различение, опознавание и осмысление до 2-х раз в сравнении одиночным его расположением.

Установлено, что отсутствие в непосредственной близости от места расположения знака безопасности - на расстоянии большем собственного габаритного размера знака, объектов, не имеющих отношения к обеспечению безопасности и интуитивно отвлекающих внимание человека, позволяет улучшить зрительное восприятие знака, т.е. сократить время на его обнаружения, различения, опознавания и осмысления.

На основании анализа содержания действующих предупреждающих знаков и учетом тенденции к увеличению их количества в группе с развитием современного производства, предлагается ввести классификацию предупреждающих знаков для их объединения в подгруппы по определенному классифицирующему признаку. Это позволит систематизировать действующие предупреждающие

знаки безопасности, исключить практику их регламентации в разных нормативных документах, например, сложившуюся в отношении знаков пожарной и радиационной безопасности, и создать единую нормативную базу.

Очевидно, что в основу классификации предупреждающих знаков безопасности должен быть положен фактор опасности или вредности производственной среды и трудового процесса, на предупреждение которого направлено действие знака. Однако, опасные и вредные производственные факторы по своему происхождению достаточно многообразны и могут классифицироваться по различным критериям.

В настоящее время классификация опасных и вредных производственных факторов осуществляется по природе влияния на здоровье человека. Факторы подразделяются на физические, химические, биологические, психофизиологические. Данная классификация не совсем совершенна. Например, физические вредные и опасные производственные факторы можно подразделить на относящиеся к оборудованию, технологии и характеризующие производственную среду. Один и тот же опасный и вредный производственный фактор может относиться одновременно к различным группам.

В основу предлагаемой классификации предупреждающих знаков безопасности предлагается положить не один, а несколько отличительных признаков, каждый из которых будет являться объединяющим в классификации знаков своей подгруппы (рисунок 1).



Рисунок 1 - Классификация знаков безопасности предупреждающей группы

Все действующие знаки безопасности, предупреждающие о наличии опасных веществ, предлагается объединить в подгруппу предупреждающих знаков безопасности «Опасные вещества». К данной подгруппе будут относиться знаки, предупреждающие о наличии в производственной среде ядовитых, едких, радиоактивных, легковоспламеняющихся и других опасных веществ.

Знаки безопасности, предупреждающие о существующих опасных физических явлениях и излучениях, предлагается объединить в подгруппу предупреждающих знаков безопасности «Опасные физические явления и излучения». К данной подгруппе будут относиться знаки, предупреждающие о возможном воздействии на работающих опасных физических явлений, таких как, электромагнитные поля высокой частоты, лазерные излучения, магнитные поля, статическое электричество, электрическое напряжение, высокая температура.

В отдельную подгруппу предлагается объединить предупреждающие знаки безопасности, информирующие о наличии в производственной среде опасных объектов и поверхностей. Подгруппа предупреждающих знаков «Опасные объекты и поверхности» будет информировать работающих о месте нахождения газовых баллонов и сосудов с высоким давлением, о возможном появлении движущихся с высокой скоростью транспортных средств, наличии горячих поверхностей и других опасностях, исходящих от объектов производственной среды.

Производственная деятельность обуславливает необходимость проведения в ряде случаев опасных работ, на производство которых предусматривается оформление специальных нарядов-допусков, и их проведение с соблюдением повышенных требований безопасности, в том числе обозначение опасной зоны соответствующими знаками безопасности. Для предупреждения о проведении опасных работ предлагается предусмотреть специальную подгруппу предупреждающих знаков безопасности «Опасные работы». К данной подгруппе будут относиться знаки, предупреждающие о производстве газосварочных работ в необорудованных местах, газоопасных и других работ повышенной опасности.

Для предупреждающих знаков, не подпадающих под выше приведенные классификационные признаки, предлагается ввести подгруппу знаков «Внимание. Опасность (прочие опасности)».

Предложенная классификация предупреждающих знаков позволяет систематизировать действующие знаки безопасности, выявить отсутствие знаков для предупреждения опасности по отдельным проявлениям опасным и вредным производственной среды и необходимость их разработки.

С учетом роста технической оснащенности и энерговооруженности производства, внедрения новых технологий, возрастания требований к обеспечению безопасности производства осуществлена разработка проектов экспериментальных цветографических изображений-символов и предложены проекты новых знаков безопасности для включения в группу предупреждающих.

Заключение

1. Определены классификационные признаки для систематизации и модернизации группы предупреждающих знаков безопасности.

2. Для учета психофизиологических факторов человека при зрительном восприятии знаков безопасности, обеспечения их быстрого с высокой точностью опознавания, предлагается ввести в практику и закрепить требованиями нормативных актов наличие для знаков безопасности «охранной зоны» - свободного от посторонней информации пространства. Предлагается «охранную зону» предупреждающего знака безопасности обеспечивать свободным пространством на расстоянии не менее максимального габаритного размера знака.

3. В результате проведенных исследований разработаны проекты экспериментальных цветографических изображений-символов и новых знаков безопасности для включения в группу предупреждающих.

Список использованной литературы

1. СТБ 1392-2003. ССПБ. Цвета сигнальные. Знаки пожарной безопасности. Общие технические требования. Методы испытаний.

2. ГОСТ 12.4.026 – 76 ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности (без отмененных на территории Республики Беларусь требований в части сигнальных цветов и знаков пожарной безопасности).

3. ГОСТ 17925-72. Знак радиационной безопасности.

4. ГОСТ Р 12.4.026-2001. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная.

5. ГОСТ ISO 3864-1-2013. Графические символы. Сигнальные цвета и знаки безопасности. Часть 1. Принципы проектирования знаков и сигнальной разметки.

6. ISO 3864-1-2011. Graphics symbols. Safety colours and safety signs. Part 1: Design principles for safety signs and safety markings.

УДК 631.8; 631.171

С.О. Нукешев, д.т.н., доцент; А.Е. Жунусова;

А.А. Шамганова

*Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина,
Республика Казахстан*

ОРИГИНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ УДОБРЕНИЙ

Введение

Отличительная особенность новых технологий в растениеводстве на современном этапе заключается в освоении методов управления продукционным процессом сельскохозяйственного производства. Главным ресурсом управления продукционным процессом являются удобрения. Их применение должно быть основано на программировании урожая с информацией о потребностях растений по фазам их роста и развития.

Целью данных исследований явилось повышение качества внесения удобрений, упрощение туковысевающего устройства и повышение надежности работы агрегата в целом.

Основная часть

Проведенный патентный поиск показал, что известен высевающий аппарат [1], который используется на двухрядной картофелепосадочной машине для совмещения операций: посадки клубней и локального внесения органических удобрений.

Аппарат состоит из бункера сыпучих удобрений и дозирующе - транспортирующего блока, который содержит донный скребковый транспортер, установленный на выгрузном окне бункера, рыхлитель, опоры вала которого установлены на бункере и имеют возможность перемещаться по горизонтали, тем самым изменяя щель между рыхлителем и донным скребковым транспортером, что в совокупности со сменными звездочками позволяет регулировать норму подачи удобрений.

Дозирующе - транспортирующий блок содержит подающий шнек, принимающий удобрения с донного транспортера и сдвигающий их своими лопастями через щель, образованную его кожухом над транспортером подачи удобрений на ленту последнего. На ленте транспортера расположены лопасти, сдвигающие удобрения в лунки борозды. Для этого, перестановкой сменных звездочек на ведущем валу подающего транспортера регулируют скорость его движения и добиваются правильного расположения лопастей относительно лунок.

Недостатками известного устройства являются:

- низкая степень локализации, которая определяется конструкцией подающего транспортера, не способного из-за высокой влажности удобрений сопровождающейся адгезионными процессами, обеспечить дискретность внесения и приводит к растягиванию порций вдоль посадочной борозды;

- конструкция высевающего аппарата увеличивает габариты посадочной машины по длине, что приводит к снижению производительности машинно-тракторного агрегата из-за увеличения времени его разворота на поворотной полосе, а также к необходимости отбивать достаточно широкие разворотные полосы.

Известен спиральный питатель-дозатор [2], включающий трубчатый корпус с загрузочной и разгрузочной горловинами и размещенной в нем транспортирующей спиралью, привод и стержень. При этом стержень размещен в полости

транспортирующей спирали с противоположной стороны от привода, с возможностью осевого перемещения на требуемую глубину.

Недостатком данного питателя-дозатора является дискретный характер регулирования дозы, поскольку при введении стержня на любую глубину в полость транспортирующей спирали, площадь поперечного сечения перемещаемого потока сыпучего материала в трубчатом корпусе уменьшается на постоянную величину, равную площади поперечного сечения стержня. Кроме того, ограничена сфера использования данного типа питателя-дозатора, в частности при размещении транспортирующей спирали непосредственно в бункерах при большом давлении вышележащего сыпучего материала.

Известен дозатор сыпучих материалов непрерывного действия [3], содержащий сужающийся книзу бункер с выгрузным отверстием, размещенный на днище бункера вал с транспортирующей спиралью и привод, при этом транспортирующая спираль расположена на валу с возможностью изменения шага витков и своими концами связана с валом посредством втулок с фиксатором.

Дозатор данного типа с изменяемым шагом витков транспортирующей спирали, по сравнению с ранее описанным, обеспечивает возможность плавного дозирования сыпучего материала. Однако в конструкции этого дозатора необходимое изменение шага витков спирали на длине ее рабочей части, находящейся в зоне выгрузного отверстия, осуществляется за счет осевого растяжения или сжатия всей длины спирали, что связано с громоздкостью конструкции дозатора.

Известен катушечный высевальный аппарат [4], содержащий бункер, выгрузное окно, высевальную катушку, являющуюся дозатором, которая имеет внутреннюю обойму, закрепленную на валу привода высевального аппарата, и наружную обойму с загрузочными окнами, имеющая возможность поворота относительно внутренней обоймы, причем наружная и внутренняя обоймы связаны между собой посредством упругого элемента.

Недостатками устройства являются сложность установления нормы высева, так как удобрения после высева в тукопровод имеют

возможность отражаться от него, и часть их снова окажется в загрузочной полости, кроме того в процессе работы происходит усталостное изнашивание пластинчатых пружин, они теряют свою упругость, что сопровождается изменением нормы высева удобрений в тукопровод, а, следовательно, влияет на локализацию размещения порции удобрения, которая определяется конструкцией подающего транспортера, способного обеспечить лишь ленточное внесение удобрений, но никак не луночное.

Авторами разработано оригинальное устройство для равномерного распределения и дозирования сыпучих удобрений (рисунок 1).

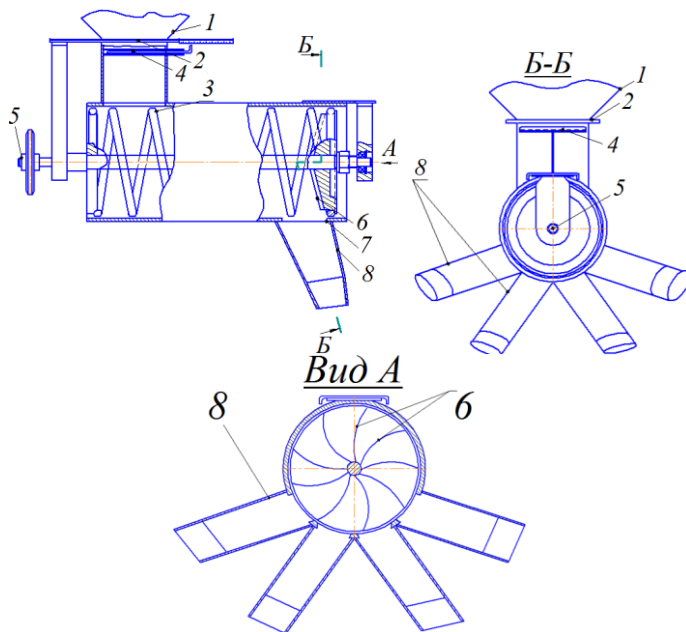


Рисунок 1 – Устройство для равномерного распределения и дозирования сыпучих удобрений

Устройство включает бункер 1 зерновой сеялки в форме усеченного конуса, в нижнем отсеке бункера выполнено высевное окно 2, количество поступающего из бункера на дозатор 3 удобрения регулируется заслонкой 4, с регулировочной шкалой

установки нормы высева материала. Дозатор 3, представляет собой спиралевидное упругое тело, закрепленное на валу 5 привода высевающего устройства, на котором закреплен конический сегментный отражатель 6 с выгрузными окнами 7 и тукопроводом 8.

Сегментный отражатель 6 представляет собой конус с рифами, форма которых описывается формулой:

$$L = \pi r \alpha / 180^\circ,$$

где L — длина дуги, м; r — радиус окружности, м; α — центральный угол в градусах.

Устройство для равномерного распределения и дозирования сыпучих удобрений работает следующим образом. Удобрение из бункера 1 через высевное окно 2 самотеком поступает в спиральный дозатор 3. Дозатор 3, вращаясь, транспортирует удобрение к выгрузному окну 7, при этом сегментный отражатель 6 равномерно распределяет удобрение по тукопроводам 8.

Заключение

Предложено оригинальное устройство для равномерного распределения и дозирования сыпучих удобрений, использование которого позволит реализовать равномерное внесение сыпучих удобрений, повысить качество и надежность работы агрегата в целом.

Список использованной литературы

- 1 Старовойтов, В.И. Локальное внесение органических удобрений при посадке / В.И. Старовойтов, М.В Старовойтова // Картофель и овощи. 1998. – №2, С.11–12.
- 2 Патент RU №2012527, МКИ В65G 33/24, 1994.
- 3 А.с. СССР №222781, кл.А01С 15/16, 1967.
- 4 Патент RU №2130244, МКИ А 01 С 7/12, 1999.

УДК 631.8; 631.171

С.О. Нукешев¹, д.т.н., доцент; А.Е. Жунусова¹;
А.А. Шамганова¹; Н.Н. Романюк², к.т.н., доцент;
В.А. Агейчик², к.т.н., доцент;

¹Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина,
Республика Казахстан;

²Белорусский государственный аграрный технический
университет, Республика Беларусь

ОРИГИНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАССЕИВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Введение

Увеличение производства продукции растениеводства и животноводства остается ключевой проблемой сельского хозяйства страны. Повышение валового производства продукции во многом определяется разработкой и внедрением новых прогрессивных технологий и технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур с учетом зональных условий производства.

Целью данных исследований явилось повышение эффективности внутрипочвенного внесения удобрений, регулирование ширины посева удобрений в зависимости от высеваемой культуры.

Основная часть

Проведенный патентный поиск показал, что известен рабочий орган для внесения минеральных удобрений одновременно с безотвальной обработкой почвы [1], включающий плоскорежущую лапу со стойкой, тукопровод, распределительную камеру с установленным в ней отражателем воздушно-туковой смеси, камеру завихрения воздушного потока.

Недостатком этого устройства является то, что оно обеспечивает только ленточное внесение минеральных удобрений в почву.

Известно устройство для внесения минеральных удобрений одновременно с безотвальной обработкой почвы [2], включающий

плоскорежущую лапу с лемехом и полевой доской, стойку, тукопровод, распределительную камеру с установленным в ней отражателем воздушно-туковой смеси, выполненной в виде полый усеченной пирамиды, а отражатель выполнен в виде клина с полуконусом на задней грани.

К недостаткам данного устройства относится невозможность регулирования ширины рассева минеральных удобрений в зависимости от высеваемой культуры.

Известен рабочий орган для внесения минеральных удобрений одновременно с безотвальной обработкой почвы [3], включающий плоскорежущую лапу со стойкой, тукопровод, распределительную камеру с установленным в ней отражателем воздушно-туковой смеси, в котором в основании тукопровода над отражателем воздушно-туковой смеси установлена камера завихрения воздушного потока, а отражатель воздушно-туковой смеси выполнен в виде конической втулки с пластинами, расположенными на разной высоте и направленными в противоположные стороны.

К его недостаткам относится высокая степень неравномерности распределения минеральных удобрений, не способность направить поток туков по ширине захвата рабочего органа.

Авторами разработана оригинальная конструкция устройства для рассеивания минеральных удобрений (рисунок 1): *а* – рассеиватель минеральных удобрений, вид сбоку; *б* – вид сверху; *в* – вид спереди.

Устройство для рассеивания минеральных удобрений устанавливается перед рабочим органом фрезерного культиватора и представляет собой клин 1, сзади которого монтируется плита 2, в основании которой установлен патрубок 3. Внутри патрубка 3 размещен четырехзаходный винтовой завихритель 4, который регулируется по высоте относительно патрубка. Для надежной фиксации плиты 2 и клина 1 монтируется ребро 5 со стороны клина 1. В растворе патрубка 3 расположен распределитель минеральных удобрений 6, выполненный в форме части гиперболического полуконуса, который соединен с плитой 2 с помощью винтов 7. На патрубке 3 установлен держатель 8 с фигурными пазами для

изменения положения рабочего органа – рассеивателя минеральных удобрений.

Устройство для рассеивания минеральных удобрений работает следующим образом.

Удобрения из бункера подаются к высевашему аппарату и далее по тукопроводу попадают в патрубок 3 рассеивателя.

В патрубке 3 минеральные удобрения вовлекаются во вращательное движение за счет четырехзаходного винтового завихрителя 4. Частицы удобрений приобретают упорядоченный закон движения и попадают на поверхность распределителя 6 и далее равномерно распределяются на обрабатываемый слой почвы на ширину захвата рабочего органа фрезерного культиватора.

Ширина рассева регулируется изменением высоты расположения четырехзаходного винтового завихрителя 4.

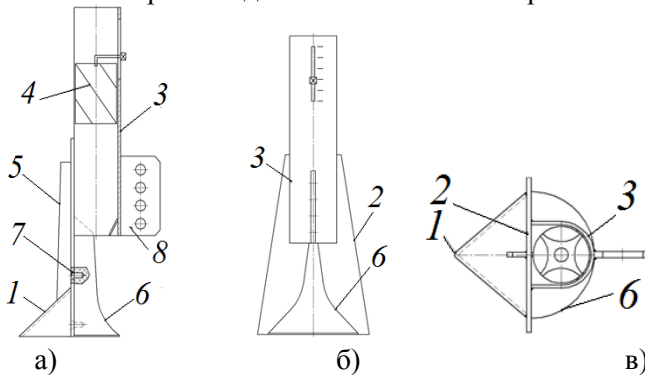


Рисунок 1 – Устройство для рассеивания минеральных удобрений

Заключение

Устройство для рассеивания минеральных удобрений обеспечит равномерность распределения удобрений на поверхность почвы. Заделывание удобрений рабочим органом фрезерного культиватора на весь объем обрабатываемой почвы позволит растениям использовать их на протяжении всего периода вегетации растений, что обеспечит рациональное питание и развитие растений. Подобное выполнение устройства позволяет регулировать ширину рассева удобрений на поверхность почвы в зависимости от высеваемой культуры.

Список использованной литературы

- 1 Заявка на изобретение RU №94022954/15, М.кл. А01С 7/20, опубл. 20.03.1996.
- 2 Патент RU №2363132, кл. А01С 7/20, бюл. №22, 2009.
- 3 Патент RU №2075273, кл. А01В 49/00, А01С 7/00, опубл. 20.03.1997.

УДК 631. 354. 2

**А.В. Клочков, доктор техн. наук, профессор,
В.Ф. Ковалевский, магистр технических наук, аспирант**
*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная
академия», Горки, Республика Беларусь*

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗЕРНА ИЗ СЛОЯ
СОЛОМЫ РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ
РЕЖИМОВ ВСТРЯХИВАНИЯ**

Введение

При работе соломотрясов зерноуборочных комбайнов полнота выделения зависит от плотности обрабатываемой массы и интенсивности встряхивания. Для проведения опытов по определению закономерностей выделения зерна из слоя соломы была принята пластиковая прозрачная емкость (для визуального контроля процесса) объемом 0,006 м³. Данная емкость устанавливалась на специальной лабораторной установке с клавишами соломотряса зерноуборочного комбайна «ПАЛЕССЕ» GS12, где обеспечивались условия работы, приближенные к реальным. Закреплялась емкость в прорезь ячейки клавиши, а для исключения колебаний в стороны крепилась к клавише с помощью проволоочных растяжек. Высота слоя соломы в емкости составляла 0,27 м. Для опытов использовалась навеска зерна озимой пшеницы массой 10 г, что в пересчете на зерна составляет 374 шт. Емкость заполнялась соломой с созданием различной плотности. В верхнюю часть емкости засыпалась навеска зерен и включалась установка с различной частотой вращения вала соломотряса.

Основная часть

На основании известных данных [1] по возможной плотности соломы на соломотрясе выбраны значения: 15, 20 и 25 кг/м³. Для обеспечения заданной плотности в емкости, рассчитали массу соломы, которая должна находиться в емкости 0,006 м³. На основании анализа известных конструкций зерноуборочных комбайнов и возможных режимов колебаний клавиш соломотряса [2, 3] устанавливали пределы от 150 до 215 мин⁻¹. Данный диапазон в максимальном значении также ограничен техническими возможностями установки. Для опытов были приняты 9 режимов колебаний: 150, 160, 170, 180, 190, 195, 200, 210, 215 мин⁻¹. Изменение частоты колебаний осуществлялась в механизме электропривода преобразователем частоты с векторным управлением МХ2. Производилось включение установки на одном и выбранных режимов на время 10 с. Повторные включения осуществлялись до тех пор, пока в уловитель не переставало поступать зерно. Количество пусков для различной плотности соломы и режимов колебаний было различным.

В исследовании соломистого вороха при значении плотности 15 кг/м³ масса навески составляла 90 г. Полученные закономерности сепарации изображены графически (рис. 1).

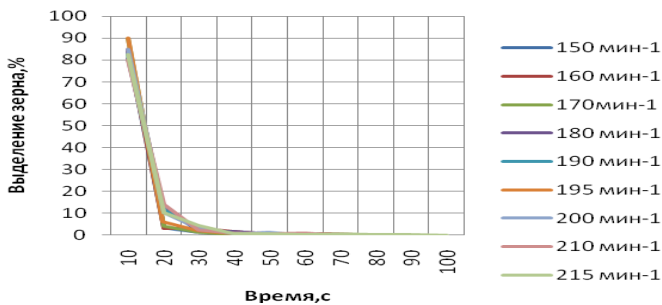


Рис. 1. Выделение зерна из слоя соломы высотой 0,27 м при плотности 15 кг/м³ и различной частоте колебаний по времени встряхивания

Как видно из рис.1, максимальное выделение зерен из соломы плотностью 15 кг/м³ наблюдается за время 10 с, где максимальное значение выделения зерна при частоте колебаний 195 мин⁻¹ составляет 89,84 %, а минимальное значение – 79,95 % при частоте

колебаний 210 мин^{-1} . В дальнейший период времени от 20 до 40 с выделение зерна находилось примерно в среднем значении, которое составляло около 3,9 %. Последующий характер выделения описывается прямой, так как изменения процентного отношения на интервале времени от 50 до 100 с составляют менее 1 %. Из рис. 1 отчетливо видно, что при объемной массе соломы 15 кг/м^3 зерна пшеницы достаточно легко проходят сквозь решетку соломы и 84,34 % выделяются за первые 10с.

При плотности соломы 20 кг/м^3 ее масса в емкости составляла 120 г. Основные изменения процесса сепарации изображены на рис. 2, из которого видно, что выделение происходит в основном в период времени от 10 до 50 с.

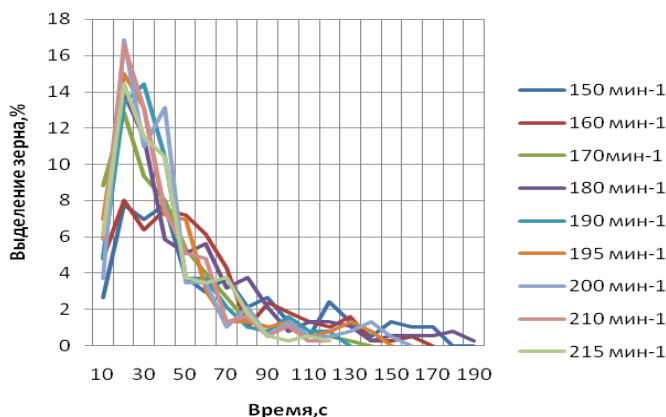


Рис. 2. Выделение зерна из слоя соломы высотой 0,27 м при плотности 20 кг/м^3 и различной частоте колебаний по времени встряхивания

В период времени 10 с при разной частоте колебаний выделение зерна различно. К примеру, при частоте колебаний 150 мин^{-1} выделение составляет 2,67 %, а для этого же промежутка времени и для частоты колебаний 170 мин^{-1} выделение составляет 8,82 %. В дальнейшем, к времени 20 с, наблюдается скачок выделения. Это объясняется тем, что за первые 10 с выделяется то зерно, которое легко проходит через решетку соломы. В дальнейшие 20 с зерно, которое за первые 10 с дошло примерно до середины слоя, выделяется в большем объеме. В данном промежутке наблюдается максимальное

выделение зерна из соломы, которое при частоте колебаний 200 мин^{-1} составляет 16,84 %. Минимальное значение в этом пределе занимает частота колебаний 150 мин^{-1} с показателем 7,74 % выделения зерна. За последующий промежуток времени 50–100 с наблюдается выделение зерна по падающей зависимости, и примерно на всех частотах колебаний среднее значения выделения составляет 2,67 %. Дальнейшее выделение зерна незначительно и колеблется в пределах до 1,5 %. Характерной при выделении зерна из слоя соломы плотностью 20 кг/м^3 является частота колебаний 180 мин^{-1} . Для данной частоты наблюдается максимальное значения выделения зерна в 63,37 %. Это на 3 % превосходит результаты колебаний 200 мин^{-1} , которые зарекомендовали себя при плотности 15 кг/м^3 как наилучшие, когда суммарное выделение зерна составило 100 %. Что же касается осредненной закономерности выделения зерна при плотности 20 кг/м^3 по времени встряхивания, то среднее значение выделения зерна на всех частотах колебаний составляет 57,55 %.

Основные закономерности выделения зерна при плотности 25 кг/м^3 и различной частоте колебаний по времени встряхивания (рис. 3) подобны отмеченным ранее при плотности 20 кг/м^3 . Основное количество зерна выделяется за время 30–110 с. Максимумы выделения наблюдаются за первые 10–30 с процесса встряхивания. Относительное увеличение сепарации отмечается при режимах встряхивания $180\text{--}190 \text{ мин}^{-1}$.

Скорость вертикального перемещения зерна сквозь солому можно определить исходя из известной высоты емкости и установленном времени его прохождения сквозь решетку соломы.

Максимальное значение времени, за которое происходит выделение зерна для плотности 15 кг/м^3 , составляет 90 с (рис. 1). Для основной массы зерна (более 90 %) скорость вертикального перемещения при плотности соломы 15 кг/м^3 составляет $0,0135 \text{ м/с}$, а минимальная расчетная скорость равна $0,003 \text{ м/с}$.

При плотности соломы 20 кг/м^3 и условии выделения до 50 % зерна время будет составлять 50 с (рис. 2). Следовательно, скорость продольного перемещения зерна при заданной плотности составляет $0,0054 \text{ м/с}$. В дальнейшем, время выделения более 90 % зерна составило 190 с. При плотности соломы 20 кг/м^3 – это еще и

максимальное значение, в связи с тем, что за весь опыт на данной плотности из 374 зерен выделилась только 57,55 %. Следовательно, скорость будет равна 0,0014 м/с.

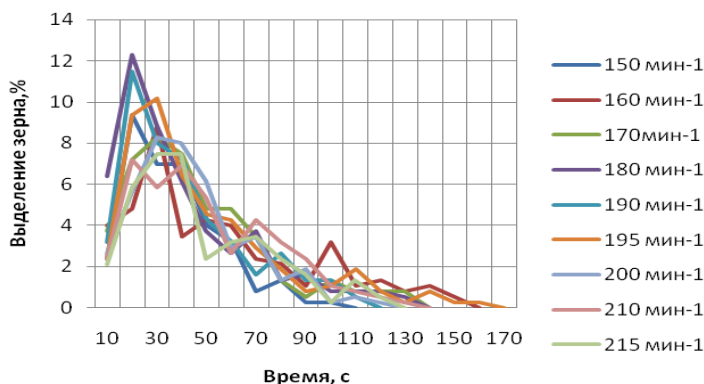


Рис. 3. Выделение зерна из слоя соломы высотой 0,27 м при плотности 25 кг/м³ и различной частоте колебаний по времени встряхивания

При плотности соломы 25 кг/м³ время выделения 50 % зерна составит 70 с (рис. 3), а скорость на данном промежутке времени – 0,0039 м/с. Максимальный период времени, за которое происходило выделение зерна на плотности 25 кг/м³, составляет 170 с, при этом скорость относительно невысока – 0,0015 м/с.

Заключение

Процесс прохождения зерен через слой соломы обусловлен плотностью ее сложения и в меньшей степени зависит от интенсивности встряхивания. Основное время выделения зерна из слоя соломы высотой 0,27 м находится в пределах от 10–50 с, а полное выделение длится около 100 с. При увеличении плотности соломы наблюдается существенное снижение количества выделенного зерна. Так, для плотности 15 кг/м³ оно составляет 97,50 %, для плотности 20 кг/м³ составляет 57,55 %, для плотности 25 кг/м³ – 43,29 %. В результате опытов только в одном случае было достигнуто полное выделение зерна из емкости. При этом частота колебаний составила 200 мин⁻¹. Скорость вертикального перемещения зерна через слой

соломы изменяется в пределах 0,0014-0,0135 м/с и зависит от плотности соломы, а также режима встряхиваний.

Исходя из полученных результатов, активизирующее устройство на соломотрясе целесообразно применить при плотности соломы свыше 20 кг/м³, что будет способствовать ее разрыхлению и выделению зерна за меньший промежуток времени, что приведет к сокращению потерь зерна за соломотрясом.

Список использованной литературы

1. Летошнев, М.Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет проектирование и испытание – Государственное издательство сельскохозяйственной литературы/ М.Н. Летошнев //, Москва. 1955. – 658 с.
2. Клочков, А.В. Зерноуборочные комбайны: этапы совершенствования, современное состояние, перспективы развития/ А.В. Клочков, А.А.Дюжев, В.В.Гусаров//. – Горки: БГСХА, 2012. – 182 с.
3. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов. – М.: ВИМ, 2001. – 146 с.

УДК 631. 354. 2

В.В. Гусаров, старший преподаватель, инженер,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Горки, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛОТИЛЬНОГО АППАРАТА С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ ПОДБАРАБАНЬЕМ

Введение

Важнейшим узлом любого зерноуборочного комбайна является молотильно-сепарирующее устройство (МСУ), обеспечивающее выделение из колосьев (метелок, стручков, коробочек) зерен и начальное их отделение из соломистого вороха. От эффективности работы МСУ во многом зависят все показатели, в том числе энергозатраты и качество обмолота.

Целью настоящего исследования является интенсификация обмолота и сепарации зерна, снижение энергопотребления при

работе МСУ за счет создания подбарабання, имеющего дифференцированную рабочую поверхность с повышенными эксплуатационно-технологическими характеристиками на базе использования теоретических основ процесса обмолота при ударно-перетирающем действии.

Основная часть

Технологическое действие молотильного аппарата обусловлено влиянием различных факторов, которые можно разделить на макрофакторы (глобального характера) и микрофакторы (особенности конструкции) [1]. К первым относятся тип конструкции, режим работы МСУ, свойства обмолачиваемого материала и т.п. Микрофакторы – это факторы, влияющие непосредственно на процесс сепарации – форма планки, ее материал, радиус скругления кромки, диаметр прутка и т.д.

Решающая роль в МСУ принадлежит сепарирующему подбарабанию, как устройству, предназначенному для максимального выделения зерна из обмолачиваемой массы. Основной функцией подбарабання является максимально возможное просеивание вымолоченного зерна при минимальной степени перебивания стеблей молотильно-сепарирующим устройством[2,3].

Возможности сепарирующего действия подбарабання МСУ не исчерпаны. Вероятность просеивания через решетку подбарабання эквивалентна вероятности прохождения зерна через отдельную ячейку решетчатой поверхности, очерченную смежными прутками и планками – элементарной вероятности сепарации; при таком подходе вероятность просеивания приравнивается «живому сечению» ячейки – отношению площади просвета ячейки к общей ее площади [4]. По степени интенсивности воздействия на растительную массу в молотильном пространстве МСУ можно выделить три зоны:

- вход – самая активная зона, где под воздействием ударов бичей вымолачивается максимальное количество зерна, но вследствие увеличения молотильных зазоров в этой зоне практически отсутствует перетирающее воздействие на колосья;
- средняя зона – менее активная вследствие смягчения удара бичей, перемещающих обмолачиваемый слой с меньшим количеством свободного зерна;

– выход – выделение зерна в этой зоне повышается за счет роста перетирающего воздействия при минимальных зазорах.

Следствием этого являются различные по длине подбарабаны количественные и качественные показатели сепарации зерна из вороха. Интенсивность сепарации в качестве характеристики активности подбарабана по зонам определяется как отношение количества зерна, выделенного в зоне, к количеству, поступившему на ее начало. От конструктивно-технологических параметров молотильного аппарата в решающей

степени зависит его сепарирующее действие в целом, что подтверждает практика испытаний [5,6].

Следовательно, улучшение процессов обмолота и сепарации в молотильном аппарате комбайна остается актуальной и достаточно сложной проблемой.

С целью повышение пропускной способности и полноты выделения вымолоченных зерен разработано подбарабанье с дифференцированной рабочей поверхностью (рисунок 1, а). Достигается это тем, что у молотильного устройства, включающего барабан с бичами и подбарабанье с поперечными планками, между которыми имеются сепарирующие отверстия, расстояния между поперечными планками уменьшаются от входа (рисунок 1, в) к выходу из подбарабана (рисунок 1, б), а высота поперечных планок относительно продольных прутков увеличивается [7].



а – общий вид подбарабана с дифференцированной рабочей поверхностью; б – выходная зона подбарабана; в – входная зона подбарабана.

Рисунок 1 – Подбарабанье с дифференцированной рабочей поверхностью

рирующие отверстия, расстояния между поперечными планками уменьшаются от входа (рисунок 1, в) к выходу из подбарабана (рисунок 1, б), а высота поперечных планок относительно продольных прутков увеличивается [7].

Сравнительные испытания с двумя типами подбарабаний про-

водились с целью определения соответствия показателей работы комбайнов требуемым параметрам по типовой методике проведения испытаний зерноуборочных комбайнов, используемой в РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике» [8].

Характеристики испытываемых подбарабань представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика испытываемых подбарабань

Наименование	Подбарабанье	
	Серийное	Экспериментальное
Общая площадь, м ²	1,37	1,37
Количество поперечных планок	17	15
Полезная площадь сепарации, м ²	0,956	1,051

Расстояние между поперечными планками у базового подбарабанья неизменно и составляет 50 мм, а у экспериментального расстояния изменяются от 44 мм до 70 мм с шагом 1,85 мм. Расстояние от продольного прутка до верхней кромки поперечной планки составляет 14 мм у базового подбарабанья, и от 14 мм до 25 мм с шагом 0,8 мм – у экспериментального подбарабанья.

При проведении испытаний фиксировались такие показатели как: пропускная способность по зерну и по зерностебельной массе (кг/с), потери зерна за решетным станом (%), потери за клавишным соломотрясом (%), производительность по зерну (т/ч), производительность по площади (га/ч) и расход топлива (л/т, л/га).

Результаты проведенных сравнительных испытаний зерноуборочных комбайнов с серийным и экспериментальным подбарабаньями представлены в таблице 2.

При скорости движения более 5,9 км/ч у зерноуборочного комбайна с серийным подбарабаньем происходило нарушение технологического процесса из-за нехватки мощности двигателя, выражающееся в снижении оборотов двигателя с вероятностью его остановки. У зерноуборочного комбайна с экспериментальным подбарабаньем удалось достичь большей скорости при работе, что обуславливается увеличенными зазорами между барабаном и подбарабаньем. Так, рабочий зазор при работе с экспериментальным подбарабаньем на выходе составлял 18 мм.

Таблица 2 - Результаты сравнительных испытаний зерноуборочных комбайнов «ПАЛЕССЕ GS10» с различным типом подбарабашев молотильного аппарата

Наименование показателей	Подбарабашье						
	Серийное			Экспериментальное			
Скорость движения, км/ч	3,8	5,1	5,9	5,1	5,9	7,2	10,5
Пропускная способность, кг/с:							
-по зерну	2,85	3,45	4,32	3,74	4,41	5,28	7,14
-по зерностебельной массе	6,98	9,22	11,04	9,22	10,6	13,12	19,38
Потери зерна за решетным станом, %	0,35	0,46	0,72	0,27	0,52	0,71	1,19
Потери зерна за клавишным соломотрясом, %	0,57	0,77	0,97	0,45	0,51	0,71	2,56
Общие потери зерна за молотилкой, %	0,19	1,13	1,69	0,72	1,03	1,42	3,74
Производительность по зерну, т/ч	9,9	11,9	14,9	12,9	15,2	18,2	24,7

По результатам сравнительных испытаний получены следующие результаты: увеличение пропускной способности по зерностебельной массе в среднем для трех режимов работы составило 26,0 %, производительность увеличилась в среднем для трех режимов на 27,1 %, снижение потерь за соломотрясом в среднем для трех режимов составило 23,2 %, снижение потерь за очисткой в среднем для трех режимов составило 3,3 %, в целом снижение потерь за молотилкой составило 17,8 %;

Для сравнения работы двух комбайнов построены графические зависимости общих потерь зерна за молотилкой в зависимости от пропускной способности по зерностебельной массе (рисунок 2).

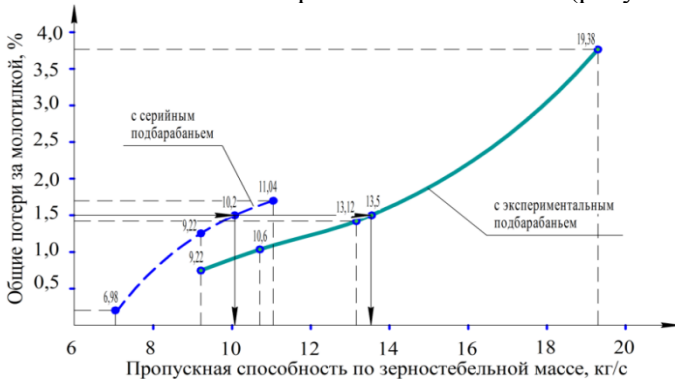


Рисунок 2 – Зависимость общих потерь зерна за молотилкой от пропускной способности по зерностебельной массе

Из графика (рисунок 2) видно, что уровень общих потерь за молотилкой в 1,5 % достигается у зерноуборочного комбайна с серийным подбарабашем при пропускной способности по зерностебельной массе 10,2 кг/с и 13,5 кг/с – у зерноуборочного комбайна с подбарабашем, имеющим дифференцированную рабочую поверхность.

Заключение

Разработана конструкция молотильного аппарата с дифференцированной рабочей поверхностью подбарабаша. Отличительной особенностью данного подбарабаша является возможность работы с увеличенным молотильным зазором, что позволяет повысить пропускную способность комбайна благодаря улучшению сепарации зерна через решетку подбарабаша и снижения затрат энергии на преодоление сопротивлений, связанных с протаскиванием через него обмолачиваемой массы. Благодаря этому наблюдается снижение удельного расхода топлива, затрат труда, себестоимости механизированных работ. Установка подбарабаша с дифференцированной рабочей поверхностью на зерноуборочный комбайн «ПАЛЕССЕ GS10» не влечет увеличения его стоимости, так как изготовление данного подбарабаша не требует дополнительных затрат.

Список использованной литературы

1. Кузин, Г.А. Интенсификация процессов обмолота и сепарации в молотильных аппаратах зерноуборочных комбайнов/ Дис. ... докт. техн. наук.– Ростов–на–Дону, 1989.– 503с.
2. Кузин, Г. А. Выделение зерна подбарабашем с переменным шагом планок / Г. А. Кузин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – №6. – С. 14–16.
3. Липкович Э.И., Исследование процесса обмолота с одновременной сепарацией зерна из грубого вороха в молотильном аппарате с целью изыскания возможности их интенсификации / Тр. ВНИИМЭСХ г. Зерноград, 1969г.
4. Айкель Г. Зерноуборочный комбайн JohnDeere 9780iCTS/ Тракторы и другая сельхозтехника. Специальный выпуск журнала «Профи».с. 134–137.
5. Алферов С.А., Брагинцев В.С. Обмолот и сепарация зерна в

молотильных устройствах как единый вероятностный процесс/ Тракторы и сельхозмашины.–1972.–№4.– с.23–26.

6. Дзодцоев, Г.И. Исследование процесса перемещения хлебной массы в молотильном пространстве/ Дис. ... канд. техн. наук.– М.,1969

7. Гусаров, В.В. Сравнительные показатели работы зерноуборочного комбайна с дифференцированной рабочей поверхностью подбарабана молотильного аппарата / В.В. Гусаров // Вестн. Белорус. гос. с.х. акад. – 2013. №3. – С 132–137.

8. ТКП 151–2008 (ОСТ 10.2.18–2001) Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей.

УДК 631.3:001.895

**Т.В. Бойко, к.т.н., доцент, Н.Л. Ракова, к.т.н., доцент,
А.С. Яцкив, студент, В.С. Пуль, студент,
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь**

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПОСЕВНОЙ ТЕХНИКИ

Когда приходит время посева его необходимо провести качественно и в кратчайшие сроки. Для этого необходимо выбрать лучшее оборудование, которое должно быть технологичным, надежным и производительным и проводить посев по различным современным технологиям.

В области производства посевной сельскохозяйственной техники инновационные решения направлены на повышение производительности, энергосбережения, качества выполнения технологического процесса, расширения области применения.

Повышение производительности можно достичь увеличением ширины захвата сеялок, почвообрабатывающе-посевных агрегатов, их рабочих скоростей.

Увеличение ширины захвата ограничивается маневренностью, проблемой транспортировки по дорогам общественного пользования, ухудшением качества копирования поверхности (не выдерживается глубина посева) .

Повысить производительность можно и за счет основного времени работы посевной машины (сократить количество заправок и время на них). На широкозахватных посевных агрегатах устанавливаются бункеры объемом от 2300л. до 7000л и более, Фирмы выпускают сеялки (Horsch – ,ATD18/35-ширина захвата 18,2,объем бункера 5000м, Kverneland- Accord DG- ширина захвата до 15м , объем бункера 6000л),ОАО Брестский электромеханический завод выпускает модульную прицепную сеялку С-6 шириной захвата 9м,объем бункера 6000л ,выпускаются сеялки с бункером, фронтально установленным на трактор, который может использоваться для семян и удобрений при переходе с рядового на пунктирный способ посева, а также он обеспечивает оптимальное распределение веса и нагрузки на оси трактора, безопасное движение на склоне.

Фирмы выпускают рядовые комбинированные пневматические сеялки шириной захвата до 24м «Sulky», до 12 м и 24-рядные сеялки для пунктирного высева «Case», «Citan» , 9 , 12 «Amazonе», оснащаются бункерами более 15000 л, которые устанавливаются на отдельные тележки , опирающиеся на пневматические катки , благодаря этому достигается равномерное распределение веса агрегата .Наблюдается тенденция выпуска раздельно-агрегатных полуприцепных посевных машин с двух, трех- секционными бункерами возможностью высева одной ,двух культур и минеральных удобрений, у которых вес агрегата частично переносится на заднюю ось трактора, что исключает пробуксовку его колес.

На рядовых широкозахватных сеялках используется центральная дозирующая система (ЦДС), в которой реализован принцип централизованного дозирования семян с пневматическим транспортированием их и удобрений. Это позволяет использовать бункеры большого объема с несколькими отделениями со специальными загрузочными устройствами или выдвигающимися в перед, которые опираются на посевной блок и опорные колеса или установленные на отдельную тележку, внутри их установлены датчики веса материала, Применяются три бункера , установленных один впереди и два сзади, автоматически распределяя их вес на боковые секции посредством гидравлики, что обеспечивает равномерное заглубление рабочих органов .

Среди посевных машин широко используются пневматические системы, которые работают как на избыточном давлении воздуха так и на вакууме.

Для максимальной всхожести семян требуется равномерное распределение семян, необходимая глубина заделки, хороший контакт с почвой без бокового уплотнения борозды. Равномерное распределение семян пневматическими высевальными аппаратами с единичным отбором (сеялки точного высева) обеспечивается за счет увеличения диаметра диска и отбора их с двух его сторон, это увеличивает время отбора, сокращаются пропуски.

Пневматические системы с дозированным потоком (рядовые сеялки) обеспечивают для принятой ширины захвата производительность, устойчивость высева без повреждений семян и равномерное их распределение при условии синхронной подачи семян высевальным аппаратом и пневмосистемой. На сеялках устанавливаются круглые делительные головки с отсечными клапанами, позволяющими изменять ширину междурядья. Для равномерного распределения семян в системе ЦДС (централизованного дозирования семян) используют дополнительные трубопроводы (рисунок 1), которые повышают давление в центральной колонне и тем самым улучшают распределение семян на 20%.

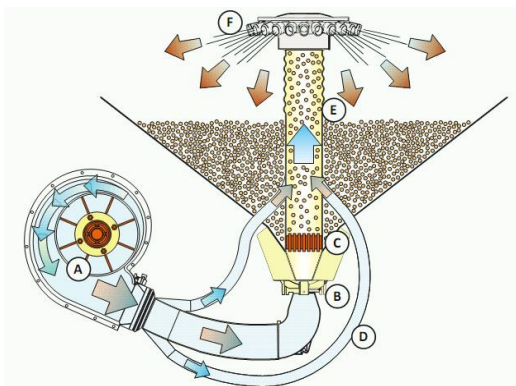


Рис. 1 – фирма Gaspadro сеялка GIGANTE 500 – 600 байпасная система

А – вентилятор, В – система Venturi, С – распределительный трубопровод,

Д – два боковых перепускных трубопровода, Е – зона смешивания

центральной колонны, F – делительная головка

Применение герметизированных бункеров у которых давление над семенами в бункере и зоне захвата воздухом одинаково дозируемый поток семян полностью отбирается от высевающего аппарата, обеспечивая равномерный высев.

Фирма John Deere выпускает отдельные пневмоприцепы 1910 с бункерами, которые агрегатируются за сеялкой (рисунок 2). Центральные семяпроводы диаметром 6,4см, равномерно распределяют семена и удобрения к вторичным семяпроводам на сеялке. На прицеп могут устанавливаться одноконтурные или двухконтурные центральные трубопроводы. Первые необходимо выбирать для внесения стартовых норм удобрений одновременно с посевом, вторые для внесения высоких норм удобрений одновременно с посевом в разные борозды. Переключение с одного контура на второй производится рычагом в течении нескольких секунд. Такая система удобна при внесении удобрений, так как позволяет вносить семена и большие объемы удобрений раздельно.

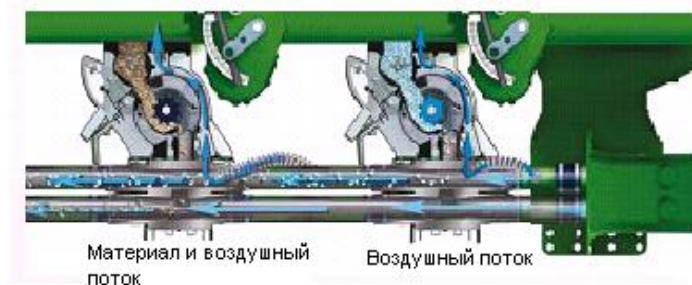


Рис. 2 – фирма John Deere система дозирования пневмоприцепа 1910

Фирма Great Plains на пропашных сеялках Yield- Pro предлагает телескопическое дышло, которое позволяет переместить сеялку (ширина захвата 18,3м) ближе к трактору и уменьшить радиус разворота на краю поля. Для лучшего копирования поверхности почвы рама посевного блока выполнена секционной, сошниковая группа крепится с помощью параллелограммной подвески к шинному уплотнителю. Глубина заделки семян регулируется установкой или снятием упоров на штоки гидроцилиндров поднятия или заглубления сошников. Для внесения удобрений имеется два бун-

кера (жидких и сухих удобрений) взаимозаменяемых вместо бункеров для каждой секции .

На пропашной сеялке Yield-Pro Planters используется система избыточного давления воздуха (рис.3), благодаря которой выпуск воздуха под давлением осуществляется непосредственно к земле и очень близко к поверхности поля. Высевающие аппараты Great Plains Air-Pro способны обеспечить максимальную точность высева и проводить ленточный посев.

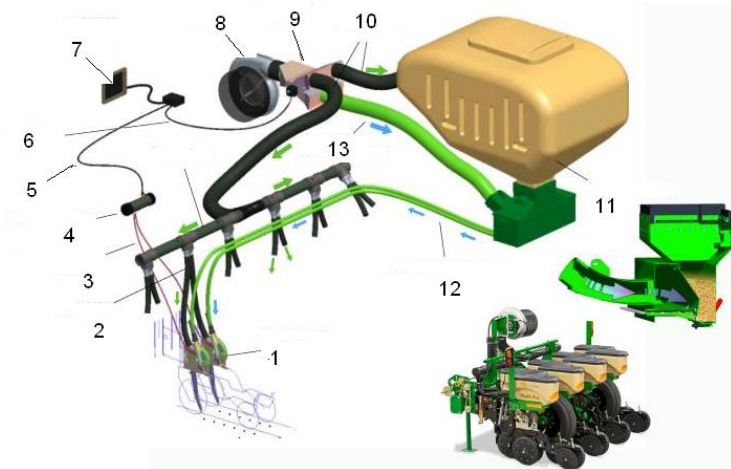


Рис. 3. Пневматическая высевающая система AIR-PRO

1-высевающий аппарат, 2-воздуховоды, 3-линии датчика давления, 4-датчики давления воздуха, 5-линия обратной связи, 6-линия управления, 7-монитор IntelliAg, 8-вентилятор, 9-клапан регулирования давления, 10-воздуховоды, 11-семенной бункер, 12-система подачи семян, 13-воздух для подачи семян из бункера.

Фирма выпускает сеялку Centurion с шинным уплотнителем большого диаметра перед сошниками оси которого смещены относительно друг друга на 8мм, что позволяет формировать борозду на самом твердом грунте при этом и вес переносится на сошник, давление составляет 160 кг. Применение прикатывающих колес большого диаметра (740мм) позволяет снизить тяговое сопротивление за счет снижения инерции последних. Повышение рабочих скоростей ограничивается качеством выполнения технологического процесса, поэтому совершенствуются рабочие органы.

Зубчатые дисковые сошники позволяют совместить преимущества наральникового и дискового сошников, что ведет к снижению тягового сопротивления сошника и уменьшению расхода топлива. Конструкция сошника обеспечивает формирование ложа с плотным дном и не осыпающимися краями на заданной глубине, что способствует одинаковой глубине заделки всех семян, а также исключает забивание сошника растительными остатками. Кроме того после каждого сошника установлено обрезающее прикатывающее колесо, которым регулируется давление на сошник и глубина его ход. Применение таких колес обеспечивает равномерное уплотнение засеянных полос и уменьшает тяговую нагрузку на трактор. На сеялках работающих на скоростях до 20км/ч, устанавливаются в сошник различного рода успокоители семян. В зависимости от условий работы используют очистители рядков: волнообразные, игольчатые (плоские, выпуклые), вырезные диски, конусообразные ограничители глубины хода дисковых сошников из различных материалов (чугуна – большое давление, стали – малое давление).

Заделку семян проводят дифференцированно в зависимости от почвенно-климатических условий, что способствует созданию оптимальных условий для прорастания и развития всходов. В зависимости от условий сеялки оснащаются набором сменных рабочих органов. Для того чтобы почва не пересыхала, после прикатывающих колес установлены пружинные зубья – загортаци, слегка разрыхляющие верхний слой почвы.

На сеялках с ЦДС применяют круглые головки с отсечными клапанами, позволяющие изменять ширину междурядий. Для увеличения объемов бункера они вынесены за его пределы бункера.

Минимальная технология, основанная на применении широкозахватных комбинированных машин, положительно сказывается на снижении энергетических затрат за счет уменьшения числа и глубины обработок однако ухудшает копирование рельефа поля, по этому используют параллелограммные подвески, пневмосистемы для бесступенчатого регулирования давления на секцию.

Выпускаются универсальные сеялки для пунктирного и рядового высева с различными модулями для предпосевной обработки .

ОАО «Брестский электромеханический завод» выпускает пневматическую multifunctionalную сеялку СПМ-6 «Берестье» для

рядового посева по традиционной, минимальной и нулевой агротехнологии без внесения и с внесением стартовых доз минеральных удобрений, у которых уникальная рама и общая компоновка позволяет равномерно распределять вес по всей ширине, установлен один дозатор для всех видов семян. Почвообрабатывающе-посевной многофункциональный агрегат АПП-6АБ используется для отвальных, безотвальных систем обработки почвы и посева, оснащен фронтальным бункером может комплектоваться различным набором рабочих органов.

В заключении можно сказать, что в системе почвозащитных технологий широкое распространение получили модульные комбинированные агрегаты. Перспективна мульчирующая технология (особенно на обработке стерневых фонов), для которой эффективны орудия совмещающие рыхление почвы, выравнивание обработанного поля и посев зерновых или пропашных культур с прикатыванием рядков. Отличительная особенность последних моделей – высокая точность посева по любым агрофонам.

Наблюдается тенденция увеличения ширины захвата сеялок и комбинированных агрегатов, проводящих посев на скорости до 20 км/ч. с устройствами, повышающими равномерность размещения семян вдоль линии сева.

Увеличилось число конструкций с системами электронного контроля и автоматизации. Для дозирования семян применяется переменный привод (гидравлический, электрический), позволяющий изменять норму высева на разных участках. В совокупности с системами они дают возможность осуществлять посев в системе точного земледелия.

Разработаны и используются пневматические высевальные системы, обеспечивающие снижение общей неравномерности распределения на 20%.

Применяемые конструкторские решения направлены на создание условий для повышения урожая, экономии семян, сохранения плодородия и предотвращения эрозии почвы, на повышение производительности и снижение энерго- и трудозатрат, на максимальное упрощение и комфортность настройки и обслуживания широкозахватных почвообрабатывающе-посевных агрегатов (зачастую путем использования дорогостоящих конструкций).

Список использованной литературы

1. Кленин, Н.И., Киселев, С.Н., Левшин, А.Г. Сельскохозяйственные машины: учебник и учеб. Пособие для студентов высших учебн.заведений. М.: КолосС, 2008-816с.

2. www.horsch.com

3. www.kvernelandgroup.com

4. www.bemzbrest.by

5. www.sulky-burel.com

6. www.cnh.com

7. www.amazone.de

8. www.deere.com

9. www.greatplainsmfg.com

УДК: 631. 356. 41

С. Р. Белый, к.т.н., доц. Г. А. Радишевский,

В.Н. Еднач, А.А. Гончарко

*Белорусский государственный аграрный технический
университет, Минск, Республика Беларусь*

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ БОТВЫ КАРТОФЕЛЯ РОТОРНЫМ БОТВОДРОБИТЕЛЕМ

Введение

В настоящее время в Республике Беларусь, как и в большинстве стран мира, возделывающих картофель, принята технология, которая предполагает удаление ботвы перед уборкой клубней.

Этот прием оказывает влияние и на потребительскую ценность клубней картофеля за счет выбора срока удаления ботвы: на семенных участках – с учетом выхода семенной фракции и ценности семенного картофеля; на участках продовольственного картофеля – с учетом выхода товарной продукции и ее продовольственных качеств. На участках, занятых картофелем для переработки – с учетом оптимального состава веществ клубней, а на участках занятых техническим картофелем – с учетом получения максимального содержания крахмала [1, 2, 3].

И если со стороны агрономических исследований по изучению влияния процесса удаления ботвы на качество клубней практиче-

ски нет вопросов, то инженерные исследования требуют дальнейших разработок, направленных на обеспечение более качественной и производительной работы ботвоуборочных машин, что улучшит качество закладываемых на хранение клубней картофеля.

Основная часть

Для проведения предуборочного удаления боты картофеля целесообразно использовать ботводробитель с роторным рабочим органом, представляющим собой барабан, на котором закреплены длинные и короткие цепочно-проволочные петли (режущие элементы) [5].

При проектировании данной машины использовались следующие рассуждения.

При работе ботводробителя любая точка совершает сложное движение, а именно: вращательное с частотой ω вокруг оси барабана и поступательное со скоростью агрегата V_m . Как известно, траектория абсолютного движения указанной точки представляет собой циклоиду, которую можно описать уравнениями:

$$\begin{cases} X = V_m t - R \sin \omega t \\ Y = R(1 - \cos \omega t) \end{cases}, \quad (1)$$

где R – радиус точки режущего элемента.

Выбор и расположение рабочих элементов на роторе производился с учетом исключения пропусков и обеспечения копирования поверхности картофельной грядки. Кроме того, при проектировании ротора принималось во внимание минимальность необработанных зон и величина измельчения стеблей l .

Расчет данных параметров производился по общеизвестной методике проектирования рабочих органов роторного типа с горизонтальной осью вращения.

Так как режущий элемент, закрепленная за оба конца при вращении находится под действием центробежной силы и сил сопротивления резанию, то в плоскости, проходящей через ось вращения барабана, она принимает форму, близкую эллипсу, малая ось которого равна расстоянию между двумя его концами, а большая зависит от длины режущего элемента. Зная размеры картофельной

грядки, изменением длины режущего элемента и расстояния между его концами, можно добиться такой формы петли, при которой будет наблюдаться наиболее полное копирование поверхности поля, т.е. будет наиболее полно удаляться растительность с поверхности картофельной грядки.

Также было сделано предположение, что согласно теории резания Желиговского, установка режущего элемента под некоторым углом к оси вращения, приведет к трансформации «угла лезвия», т.е. лезвие станет «острее», что положительно скажется на качестве работы ботводробителя.

Но в данном случае необходимо учитывать и форму петли в проекции на плоскость, перпендикулярную оси вращения барабана. Для определения формы указанной проекции проанализируем силовое воздействие, которое испытывает петля при выполнении технологического процесса удаления ботвы.

Режущие элементы на роторе установлены радиально, поэтому интенсивность ударов режущим элементом изменяется в радиальном направлении прямо пропорционально расстоянию точек элемента от центра вращения барабана. Следовательно, сила удара по длине элемента различна.

Но для перерезания ботвы требуется определенное усилие, которое обуславливает постоянство ударного воздействия во всех его точках, т.е. выполняется условие:

$$V_{y\partial} = V_{oi} \cdot \cos \alpha_i \quad (2)$$

где $V_{y\partial}$ - скорость ударного воздействия режущего элемента на ботву, м/с.

V_{oi} - окружная скорость режущего элемента в любой точке;

α_i - угол между точкой режущего элемента и ботвой.

Точки режущего элемента, расположенные на его поверхности удалены от центра вращения на различные расстояния, поэтому можно записать:

$$V_{y\partial} = \frac{\pi R_o n}{30}; \quad V_o = \frac{\pi R n}{30}. \quad (3)$$

Подставив значения $V_{y\partial}$ и V_o в уравнение (1) получим:

$$R = \frac{R_o}{\cos \alpha} \quad (4)$$

Рассмотрим рисунок 1.

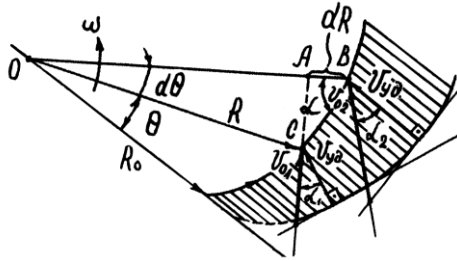


Рисунок 1 – Схема к анализу воздействия на режущий элемент

Из рисунка следует:

$AC = R d\theta$, $AB = dR$ угол $ABC = \alpha$, $OC = OA = R$.

$$AC/AB = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\frac{R d\theta}{dR} = \operatorname{tg} \alpha \quad (5)$$

Дифференцируя уравнение (4) получим:

$$dR \cos \alpha - R \sin \alpha d\alpha = 0,$$

откуда

$$\frac{dR}{R} = \operatorname{tg} \alpha d\alpha \quad (6)$$

После подстановки значения из выражения (6) в уравнение (5) и некоторых преобразований имеем:

$$d\theta = \operatorname{tg}^2 \alpha d\alpha \quad (7)$$

Проинтегрировав выражение (7) при $\theta=0$, $C = -(\operatorname{tg} \alpha_0 - \alpha_0)$ имеем:

$$\theta = \operatorname{tg} \alpha - \alpha + C.$$

Окончательно получим

$$\theta = (\operatorname{tg} \alpha - \alpha) - (\operatorname{tg} \alpha_0 - \alpha_0) \quad (8)$$

Профиль, который отвечает условию постоянства ударного воздействия во всех точках режущего элемента, можно описать уравнениями:

$$\begin{cases} \theta = (\operatorname{tg} \alpha - \alpha) - (\operatorname{tg} \alpha_0 - \alpha_0) \\ R = R_0 \cos \alpha_0 / \cos \alpha \end{cases} \quad (9)$$

Эти уравнения представляют собой уравнения эвольвенты. Т. е. при взаимодействии режущего элемента с ботвой, петля в боковой проекции приобретет форму эвольвенты. Указанное заключение позволяет сделать вывод, что концы режущего элемента нельзя устанавливать под углом к оси вращения ротора, иначе произойдет искривление формы петли, что не позволит точно копировать поперечный профиль картофельной грядки и ухудшит полноту удаления ботвы картофеля.

Для проверки данного предположения была проведена серия экспериментов, целью которых было установить влияние установки петли под различными углами к оси вращения на качество выполнения технологического процесса ботводробителя.

По результатам этих опытов можно сделать вывод, что установка петель под различными углами к оси вращения, ведет к нарушению формы петли и нарушению технологического процесса работы ботводробителя. Это подтверждает теоретические выводы о силовом воздействии на петлю, изложенные выше.

С учетом вышесказанного разработан рабочий орган для предуборочного удаления ботвы картофеля и изготовлен экспериментальный образец ботводробителя с указанным рабочим органом (рисунок 2).



Рисунок 2 - Опытный образец ботводробителя

Данная конструкция позволяет повысить полноту уборки картофельной ботвы обеспечением копирования поверхности картофельной грядки и слабо подвержена износу от ударов о почву и другие предметы.

Изношенные или разрушенные цепочно-проволочные петли могут быть быстро изготовлены и заменены даже в полевых условиях.

Предуборочное удаление ботвы данным ботводробителем производилось в СПК «ЛУКИ-АГРО» Кореличского района Гродненской области на сортах картофеля «Журавинка», «Дар», «Гусляр», с плотностью посадки 50 - 55 тыс. шт./га. Урожайность клубней картофеля составила 280-290 ц/га, урожайность ботвы – 150-160 ц/га. На момент удаления ботва была сильно развитая, частично пожелтая, полеглость составляла около 15%.

В ходе хозяйственной проверки фактическая рабочая скорость агрегата составила $V=1,7 - 2,2$ м/с. Одновременно с оценкой качества работы экспериментального проволочного ботводробителя проводились замеры расхода топлива на технологический процесс, которые показали, что на агрегатирование ботводробителя и привод его рабочего органа использовалось менее 30% мощности двигателя трактора.

Заключение

Для предуборочного удаления ботвы целесообразно применять рабочий орган, обеспечивающий повышение полноты удаления ботвы картофеля обеспечением копирования поверхности картофельной грядки.

При взаимодействии режущего элемента с ботвой, петля в боковой проекции приобретет форму эвольвенты. Данное обстоятельство необходимо учитывать при определении длины отрезка проволоки, необходимого для изготовления режущего элемента.

Установка петель под различными углами к оси вращения ведет к искривлению формы петли, что не позволит точно копировать поперечный профиль картофельной грядки и нарушит технологический процесс работы ботводробителя.

Список использованной литературы

1. Рапинчук А. Л., Азаренко В. В. Состояние и перспективы развития механизации картофелеводства Республики Беларусь// Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межвед. тем. сб. Вып. 38. Мн., 2004. с. 132–140.

2. Национальный Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс] / «Влияние комплекса агроприемов на урожайность и качество семенного картофеля в условиях Костромской области» Жукова О.Н., Николаев А.В., Анисимов Б.В. Костромской научно-исследовательский институт сельского хозяйства Отдел картофеля. – Режим доступа: <http://www.kosmin.ru>. – Дата доступа: 26.11.2014.

3. Национальный Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс] / «Как защитить картофель от фитофтороза» Н. Я. Кваснюк, Л. Н. Жеребцова, Е. И. Филиппова ВНИИ фитопатологии. – Режим доступа: <http://www.kartofel.org>. – Дата доступа: 08.04.2009.

4. Белый С. Р. Результаты экспериментальной проверки ботводробителя с роторно-проволочным рабочим органом / Инженерный вестник №1 2007. – с. 49 – 51.

УДК 621.43:631.353

к.т.н., доц. А. Д. Четкин, к.т.н., доц. Г. И. Гедроит
*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ТИПА ДВИЖИТЕЛЕЙ КОРМОУБОРОЧНЫХ МАШИН ДЛЯ ПОЧВ С НИЗКОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Введение

В настоящее время придается большое значение развитию кормовой базы произрастающих на почвах с низкой несущей способностью в том числе на торфяно- болотных и глинистых почвах, которые обладают повышенной деформативной способностью под действием внешних нагрузок. Эта особенность указанных почв требует создания кормоуборочной техники высокой проходимости.

Применение машин высокой проходимости обеспечивает уменьшение себестоимости корма, значительное сокращение затрат труда как на уборке так и на транспортировке измельченной массы,

сокращение номенклатуры и парка машин, необходимого для заготовки кормов в сжатые агротехнические сроки.

Основная часть

Большинство кормовых культур производится на мелиорированных землях, основную часть из которых составляют торфяно-болотные. В Республике Беларусь торфяно-болотные почвы, используемые в сельскохозяйственном производстве, составляют около 3 млн. га, а засеянных травами – свыше 300 тыс. га, что предъявляет одно из основных требований к самоходным кормоуборочным комбайнам – требование высокой проходимости.

Значительная часть кормовых культур высевается на орошаемых и осушаемых землях. В Республике Беларусь из 2,2 млн. га осушаемых земель в сельском хозяйстве используется 1,9 млн. га, из них 57% занято лугами и пастбищами. Как видно, что большая часть кормовых культур высевается на почвах с низкой несущей способностью.

Наиболее труднопроходимые указанные почвы в период уборки кормовых культур, когда выпадает наибольшее количество осадков.

Одним из важнейших условий получения высокого урожая многолетних трав является создание для них благоприятного водного режима.

Установлено [1], что оптимальный водный режим для многолетних трав складывается при залегании грунтовых вод в среднем за вегетационный период на глубине 60...80 см от поверхности и влажности пахотного слоя почвы 70...80% от полной влагоемкости. Понижение грунтовых вод до 100 см и глубже и влажности корнеобитаемого слоя почвы ниже оптимальных величин отрицательно сказываются на урожае, а период отрастания трав после скашивания увеличивается. К моменту уборки травостоя почва не должна быть излишне увлажнена. В противном случае техника разрушает дернину, что приводит к снижению урожая трав в последующие годы.

Как показывают исследования [2] полная потеря проходимости колесного кормоуборочного комбайна КСК-100 наблюдается при влажности торфяно-болотной почвы 74% и выше из-за недоста-

точных опорных и низких конструктивно- дорожных свойств. Существенно, на показатели свойств проходимости кормоуборочных комбайнов влияет неравномерность распределения нормальной нагрузки на колеса (на правое заднее колесо приходится на 8,0...10кН больше, чем на левое заднее), и гусеницы (на правую гусеницу нагрузка больше чем на левую на 15...20 кН). Работа комбайна КСК- 100 с серийным ходом сопровождается повышенным слеодообразованием (глубина следа достигает 120...140 мм) и буксование (до 30%).

При указанных выше условиях колесами комбайнов происходит прорезание дернового покрова, что в последующем сказывается на урожайности. В связи с нарушением агротехнических требований (прорезание дернового покрова, большая глубина следа, уплотнение почвы) на производство кормоуборочных работ колесными движителями на почвах с низкой несущей способностью возникает необходимость использовать гусеничные движители.

Установлено, что оптимальная влажность для нормального роста и развития трав в условиях торфяно- болотных почв согласно агротехническим требованиям находится в пределах 70...80% от полной влагоемкости. Отсюда следует, что даже при условии нормального водного режима на полях с многолетними травами (даже без учета сезонов с повышенной влажностью) ходовой аппарат КСК-100 не обеспечивает проходимости машины и выполнение технологического процесса т. е. комбайн КСК-100 не соответствует условиям работы на дернине многолетних трав, произрастающих на торфяно- болотных почвах.

Предварительные исследования комбайна КСК-ПГ (на полугусеничном ходу) показали, что он имеет достаточно высокие опорные свойства на участках влажностью 70,7 и 75,6%. Однако его работа связана со срывом дернины гусеничными грунтозацепами при прямолинейном движении и особенно на поворотах. В связи с тем что колесный движитель и полугусеничный ход на почвах с низкой несущей способностью не обеспечивают достаточной проходимости ПО «Гомсельмаш» разработало самоходный комбайн на гусеничном ходу с бункером КСГ-Ф-70 унифицированный с комбайном КСК-100. Этот комбайн благодаря своей универсальности может

быть использован на тех же технологических процессах заготовки кормов, как комбайн КСК-100.

Гусеничный ход благодаря наличию опорных плит, гусениц специальной формы, подрессоренной подвески кареток, а так же ведущего моста с фрикционными механизмами поворота, обеспечивает высокую проходимость и маневренность в условиях бездорожья.

Имеющиеся исследования [3] показывают, что на торфе влажностью 87% осадка гусеничного движителя комбайна составила 50...60 мм при значении среднего давления в зоне контакта 22 кПа. При движении гусеничный движитель комбайна не срывал и не продавливал дерновой слой, что подтверждает его высокие опорные свойства.

Существующие гусеничные обводы в своем конструктивном решении требуют дальнейшей разработки перспективных вариантов, уменьшающих отрицательное воздействие на корневую систему растений и их повреждаемость. С этой целью целесообразно использовать обрезиненные и облегченные гусеничные цепи, пневмогусеничные движители, резинометаллические гусеницы, оказывающие меньшее влияние на будущий урожай трав.

Учитывая вышеотмеченные недостатки кормоуборочных комбайнов по критерию проходимости ПО Гомсельмаш разработало комбайн кормоуборочный КВК-6028С на гусеничном ходу с бункером «Палессе FS6028С».

Кормоуборочный комбайн ПАЛЕССЕ FS6028С, оснащенный гусеничным ходом с резиновыми армированными гусеницами и бункером-накопителем с выгрузным транспортером, создан специально для заготовки кормов в зонах с повышенным увлажнением почвы. В таких условиях, когда кормовые поля становятся непроходимыми для автотранспорта, комбайн обеспечивает заготовку измельченного корма с накоплением его в бункере, а выгрузка массы из бункера в кузова транспортных средств производится на краю поля.

При нормальной несущей способности почвы выгрузка может производиться и непосредственно через силосопровод в кузов идущего рядом автомобиля или тракторного прицепа.

Отдельный гидропривод каждой гусеницы обеспечивает комбайну высокую маневренность, в том числе – возможность разво-

рота на месте с «нулевым» радиусом (движение гусениц в разные стороны).

Комбайн имеет высокую степень унификации с моделью ПА-ЛЕССЕ FS6025 и во многом идентичную технологическую схему.



Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что наиболее перспективным ходовым аппаратом для машин работающих при влажности торфяно- болотной почвы выше 74% является гусеничный ход, что требует дальнейшей разработки и исследований перспективных вариантов гусеничных обводов уменьшающих отрицательное воздействие на дерновой покров.

Список использованной литературы

1. В.И. Белковский. Структурная мелиорация мелкозалежных торфяников. пол
2. П. Н. Синкевич. Изыскание и исследование способов и средств повышения проходимости самоходного кормоуборочного комбайна КСК-100 в условиях торфяно - болотных почв. Автореф. канд. дис. Мн. 1982.
3. А.Д. Четчин. Улучшение агротехнических показателей проходимости гусеничного движителя кормоуборочного комбайна на задернелых торфяно-болотных почвах. Автореф. канд. дис. Горки 1989.

УДК 633.416: 631.331

**М.Н. Гурнович, Н.П. Гурнович, Г.Н. Портянко, А.И. Сазон,
А.В. Леонович**

*Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск, Республика Беларусь*

КАТУШЕЧНО-ЯЧЕЙСТЫЙ ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ ДЛЯ ПОСЕВА СВЕКЛЫ

Введение

Кормовые корнеплоды имеют важное значение в обеспечении животноводства сочными кормами, экономия зернофуража при этом составляет до 30% [1].

Применяемыми современными пневматическими сеялками невозможно добиться 100%-го однозернового высева. Исследованиями ряда ученых установлено, что к одному отверстию в диске прилегают несколько семян, или же отверстие остается пустым. В связи с этим норму высева необходимо увеличивать [2].

В Швейцарии, Франции, США, Японии появился целый ряд оригинальных решений точной укладки семян и обеспечения благоприятных условий для их прорастания [3]. Одним из перспективных приемов является использование влагорастворимых лент с заранее заделанными в них семенами. Такие работы проводятся в Беларуси, Японии, Франции и ряде других стран.

Анализируя как отечественные, так и зарубежные литературные источники установлено, что одним из способов повышения урожайности кормовой свеклы является технология ее выращивания с применением биолент [4].

Биолента представляет собой быстроразлагающийся экологически чистый материал с наклеенными на него семенами свеклы.

Однако при применении известных высевающих аппаратов точного высева конструкция установки становится габаритной и металлоемкой

В процессе разработки машины для изготовления биолент были рассмотрены ряд патентов, заявок, полезных моделей. Для высева семян свеклы применяются: катушечный многозаходный винтовой высевающий аппарат, ячейисто дисковый высевающий аппарат, дис-

ковый высевающий аппарат с выталкивателем, все они имеют ряд недостатков.

Основная часть

Для изготовления биолент с семенами кормовой свеклы в БГА-ТУ разработана установка на базе устройства ОКА-0,5. Данная установка позволяет изготавливать 12 лент одновременно.

Предлагаемый нами высевающий аппарат рисунок 2, содержит корпус 1 с установленной в нем на валике 7 катушкой 2, под которой расположена воронка 5 и семяпровод 6, отличается тем, что катушка выполнена с радиальными каналами 8, оснащенными регулирующими пробками 9, образующими гнезда под высеваемые семена 10 [8].

Высевающий аппарат крепится к бункеру с семенами, в корпусе аппарата 1 размещается катушка 2, зазор между катушкой и дном 3 регулируется болтом 4, высевающий аппарат соединен с воронкой 5, на которой смонтирован семяпровод 6, направляющий семена к ленте.

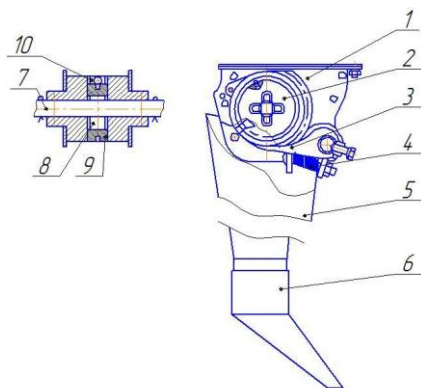


Рисунок 2 – Высевающий аппарат

1 – корпус; 2 – катушка; 3 – дно; 4 – болт; 5 – воронка; 6 – семяпровод; 7 – вал;
8 – радиальный канал; 9 – пробка; 10 – гнездо.

Катушка смонтирована на валу 2. В ней выполнены радиальные каналы 3 с регулирующими пробками 4, образующими необходимое количество гнезд 5 под высеваемые семена.

Высевающий аппарат работает следующим образом. В корпус 1 засыпаются, например, семена кормовой свеклы, которые заполняют высевающий аппарат и при вращении катушки 2 заполняют гнезда 10, образованные при перемещении регулировочных пробок 9 по радиальному каналу 8 в сторону вала 9. При этом глубину гнезд делают до 20% больше основного размера высеваемого семечка, что позволяет до минимума уменьшить зазор между катушкой 2 и дном 3.

Когда гнездо 10 с семечком достигает края дна 3, оно падает в воронку 5 и далее движется внутри семяпровода 6 и затем укладывается на почву.

При работе катушечного высевающего аппарата вращающаяся катушка силами трения увлекает соприкасающийся с ним слой семян, сообщая ему некоторую абсолютную скорость U_c , меньшую окружной скорости и центра ячейки катушки.

При единичном или небольшом слое семян западание происходит в тот момент, когда центр тяжести семени оказывается у края ячейки (рисунок 3, а).

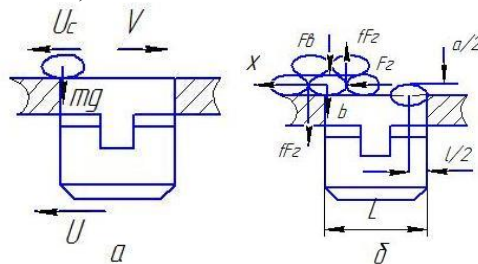


Рисунок 3 - Схема процесса западания семени в ячейку
а- при единичном слое; б – при большом слое семян

Если же высота слоя семян в банке значительна, что типично для катушечных высевающих аппаратов, то на семя, кроме силы тяжести mg , действуют силы вертикального F_b и горизонтального F_r давлений, а также силы трения fF_r , (рисунок 3, б). При таком действии сил западание семени начинается только после смещения его центра тяжести относительно края ячейки на некоторое расстояние δ . Для свекловичных семян, например, $\delta = (0,35...0,45) l$, где l – длина семени ($l=5$ мм).

Если пренебречь сопротивлением воздуха, то движение семени при западании в ячейку можно рассматривать, как свободное падение тела с начальной относительной скоростью V . При западании семени в ячейку длиной L , ($L=15\text{мм}$) центр его тяжести проходит путь:

в горизонтальном направлении:

$$x_c = L - \delta - l/2 = V \cdot t,$$

$$x_c = 15 - 0,45 - \frac{5}{2} = 12,05 \text{ мм},$$

в вертикальном направлении:

$$z_c = \frac{gt^2}{2}.$$

Семя упадет в ячейку, если центр его тяжести окажется ниже или на уровне поверхности катушки, т.е. $z \geq a/2$. Подставив в предшествующее выражение вместо z_c значение $a/2$, получим:

$$t \geq \sqrt{a/g}.$$

$$t \geq \sqrt{0,005/9,8} = 0,023 \text{ с}.$$

Имея в виду, что $V = u - u_c$, а $t \geq \sqrt{a/g}$, и подставив в выражение для x_c их значения, получим:

$$U \leq U_c + \frac{L - \delta - l/2}{\sqrt{a/g} f_1 f_2},$$

где f_1 – коэффициент трения покоя семян свеклы ($f_1=0,57$);

f_2 – коэффициент внутреннего трения свеклы ($f_2=0,87$).

Норма высева составляет 1,2...1,3 п.е./га. При таких значениях, расстояние между семенами в рядке составляет от 15,4 до 16,7 см, что является оптимальным значением на почвах легкого гранулометрического состава, следовательно на 1 м необходимо высеять 6...7 семян.

Рекомендуемая скорость движения МТА при посеве: $V_{agr}=6...8$ км/ч = 1,7...2,2 м/с. По максимально допустимой скорости за 1 секунду сеялка пройдет 2,2 м пути, для чего необходимо 13,2...15,4 семян. Среднее количество семян, $N_c=14,3$.

Зная количество ячеек в катушке проверим, достаточно ли их для обеспечения необходимой густоты посадки и выполняется ли условия западания семян в ячейки.

В таком случае катушке необходимо вращаться с максимальной частотой вращения:

$$n = N_c / N_k,$$

где N_c – среднее количество семян необходимое для посадки 2,2 м за 1 секунду;

N_k – количество ячеек в катушке, ($N_k = 4$) (в соответствии с [8]).

$$n = 14,3 / 4 = 3,575 \text{ с}^{-1}.$$

Такую частоту вращения катушки обеспечит следующий набор сменных шестерен ($Z_1=45$, $Z_2=10$), и число зубьев сменных звездочек, $a=20$.

Определим окружную скорость центра ячейки:

$$U = \omega r,$$

где ω – угловая скорость вращения катушки, с^{-1} ;

r – радиус катушки, м. ($r = 30 \text{ мм}$).

$$\omega = \pi n / 30.$$

$$\omega = 3,14 \cdot 3,575 / 30 = 0,37 \text{ с}^{-1}.$$

Из выше изложенного следует, что для западания семян окружная скорость центра ячейки U должна быть тем меньше, чем больше размеры семян a и l , короче длина ячейки L и меньше скорость движения семян U_c .

$$U_c = \frac{X_c}{t}.$$

$$U_c = \frac{12,05}{0,023} = 523,9 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 0,52 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$0,01 \leq 0,52 + \frac{0,015 - 0,45 - \frac{0,005}{2}}{0,023} \cdot 0,57 \cdot 0,87 = 2,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Заключение

В агрегате для изготовления биолент с уложенными в них семенами, с заданным расстоянием между ними, необходимая скорость движения ленты должна быть 2,0 м/с, а скорость центра ячейки при этом достигает – 0,01 м/с.

Список использованной литературы

1. Шлапунов В.Н., Лузинский Д.В., Кулак Н.А. Проблемы и перспективы возделывания кормовой свеклы // НТИ и рынок. – 1997. – №4. – С. 20–22.
2. Шлапунов В.Н., Гуринович Ж.А., Лукашевич Т.Н., Надточаев Н.Ф., Якимовец П.В. Выращивание кормовых культур в условиях Беларуси Аналитический обзор. Минск. – 2002. – 67с., С. 49–56.
3. Адаптивные системы земледелия в Беларуси. – Мн.: БелНИИАЭ, 2001, –3028 С., с. 15...22, 51...101, 117...120, 140...141, 292...294.
4. Кондратьев В.Н., Гурнович М.Н. Новая технология выращивания кормовой свеклы // Белорусское сельское хозяйство. –2002. – №5 – С. 30–32.
5. Патент 12954 Республика Беларусь, МПК А01С1/04, Высевающий аппарат / Кондратьев В.Н., Гурнович Н.П., Гурнович М.Н., Оскирко С.И., заявитель и патентообладатель, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» опубл. 05.08.2007, 5с.: ил.;

УДК 637.356.47.07

Г.А. Радишевский¹, к.т.н., доцент, С.Р. Белый¹,
ст. преподаватель, С.В. Стуканов², ст. преподаватель,
В.В. Маркевич¹, студент

¹ УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» (БГАТУ), г. Минск, Республика Беларусь;

² УО «Гродненский государственный университет» (ГГАУ),
г. Гродно, Республика Беларусь.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕПАРАЦИИ ПОЧВЫ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРИЕМНОЙ ЧАСТИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Введение

Картофель является одной из ведущих культур в Республике Беларусь и одним из трудоемких процессов при возделывании является уборка, на которую приходится более 60% затрат труда. Одним из направлений снижения затрат является повышение производительности за счет увеличения поступательной скорости картофелеуборочной машины. Однако увеличение поступательной скорости машины ограничивается сепарирующей способностью рабочих органов. Поэтому одним из перспективных путей повышения производительности является совершенствования конструкции приемной части картофелеуборочных машин и, в частности подкапывающих рабочих органов, которые относятся к числу основных органов, определяющих работоспособность картофелеуборочных машин и качество выполняемого этими машинами технологического процесса.

Поэтому с учетом выше сказанного, совершенствование выкапывающих рабочих органов должно идти по пути поиска технологических решений, обеспечивающих рациональное подкапывание с интенсивным крошением пласта в начале процесса подкапывания.

Основная часть

Процесс подкапывания клубней, форма и параметры подкапывающих рабочих органов обуславливается специфической особенностью возделывания картофеля.

В результате анализа исследований ряда авторов установлено, что параметры подкалывающих рабочих органов картофелеуборочных машин зависят от параметров картофельной грядки, сформированной при посадке и последующих обработках по уходу за растениями; формы и размеров клубневого гнезда, а также распределением плотности почвы по поперечному сечению подкалываемого пласта.

Наиболее эффективным способом повышения эффективности сепарации почвы является интенсификация разрушения пласта в процессе подкапывания пласта лемехом. При подкапывании пласта происходит частичный забор почвы из междурядий, где прочность комков выше.

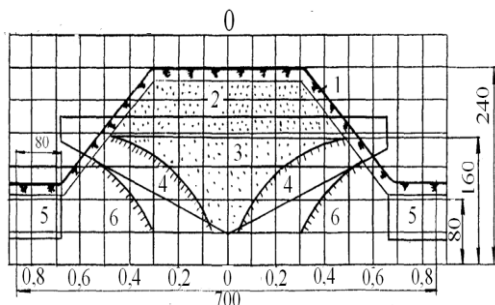


Рисунок 1 – Расположение зон плотности комков в поперечном сечении картофельной грядки:

- 1- 0,8-1,1 кг/см³; 2- 0,5-0,8 кг/см³; 3- 0,4-0,55 кг/см³; 4- 0,8-1,1 кг/см³; 5- 0,7-0,8 кг/см; 6- 1,1-2,0 кг/см³

зон 4 и 5, и составляют 30% от профиля грядки при ширине междурядий 0,70 м (глубина подкапывания 0,18 м). Образование плотных зон вызвано воздействием ходового аппарата машин; разрушить их до подкапывания посредством катов различной формы не удастся [2] и при обосновании формы подкалывающих лемехов необходимо учитывать расположение уплотненных зон грядки.

Из приведенных графиков (рисунок 2) видно, что с увеличением глубины хода лемехов и ширины захвата, расстояние между смежными значениями изменяется и следовательно почва, поступающая из более глубоких участков грядки и междурядья менее склонна к

М.А. Кандаулов [1] установил, картофельная грядка по своему составу неоднородна и в зависимости от плотности имеет пять зон. На рисунке 1, показано расположение различных зон грядки и следует, что прочные почвенные комки, поступающие на рабочие органы машины, образуются в основном за счет

сепарации так, как величина коэффициента объемного смятия возрастает.

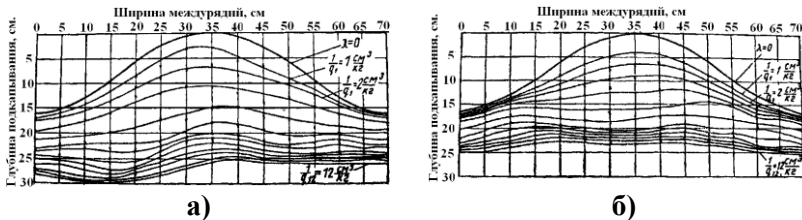


Рисунок 2 Сопротивление почвы смятию штампом $P = f(\lambda)$ в поперечном сечении картофельной грядки:
а — до прохода колес трактора; б — после прохода колес

Поэтому с целью обеспечения разрушения пласта в начале процесса подкапывания необходимо обеспечить нарушение внутренних связей. С этой целью в БГАТУ разработан и испытан в почвенном канале составной лемех, состоящий из пассивной передней подрезающей частью и активным удлинителем [3].

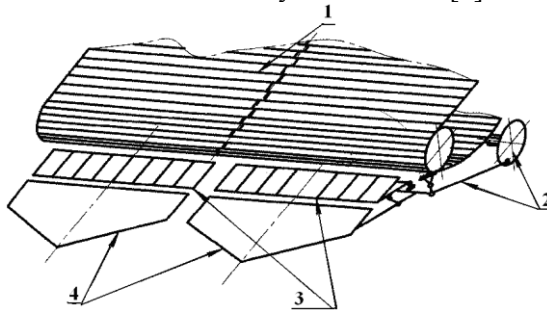


Рисунок 3 – Лемех картофелеуборочной машины с активным удлинителем:
1 – сепарирующая поверхность; 2 – привод; 3 – активный удлинитель;
4 – пассивная часть лемеха

Клиновидная подрезающая пластина лемеха с активным удлинителем (рисунок 3) состоит из двух частей: передней пассивной 4 и активной 1. С механизмом привода активная часть пластины лемеха связана кинематически с кривошипом приводного вала 3. В верхнем крайнем положении лемеха активная часть пластины расположена в одной плоскости с пассивной, а профили обращенных друг к другу поверхностей обеих частей пластины выполнены дугообразными, с одинаковыми радиусами вращения.

Активный лемех работает следующим образом.. Подрезанный передней пассивной частью пластины пласт картофельной грядки поступает на ее активную часть. При перемещении этой части пластины вниз пласт крошится под воздействием собственного веса, а затем при перемещении ее вверх, отделенная порции клубненоносной массы направляется к последующим рабочим органам. При падении этой массы на переднюю часть пластины происходят дополнительное крошение почвенных комков от удара. Механизм привода активной части пластины обеспечивает перемещение таким образом, что ее передняя нижняя кромка при движения вверх не выходит за верхний уровень передней пассивной части пластины, а при движении вниз передняя кромка активной части пластины не выходит за нижнюю плоскость компенсатора, что предохраняет активный лемех от заклинивания.

Для обеспечения подбрасывания поступающей массы показатель кинематического режима активной части лемеха должен удовлетворять неравенству $\kappa > \frac{\omega r}{g}$, при котором отрыв частицы массы от активной части лемеха происходит в его крайнем верхнем положении. Условие отрыва в принятой системе координат имеет вид

$$m\omega^2 r \sin \beta \geq mg \cos \alpha .$$

Откуда

$$\omega \geq \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{r \sin \beta}} , \quad (1)$$

где r - расстояние от центра вращения до передней кромки активного удлинителя, м;

ω - частота колебаний активного удлинителя, с⁻¹;

α - угол в продольно—вертикальной плоскости между радиусом, проходящим через переднюю кромку, и плоскостью удлинителя, град.

Анализ выражения (1) показывает, что условие отрыва частицы клубненоносной массы улучшается с увеличением угла α и β . Значение частоты колебаний, необходимой для отрыва пласта от активной части лемеха, особенно резко возрастает при малых значениях радиуса. Такая зависимость прослеживается при рассмотрении кри-

вых 1–4 (рисунок 4). Наиболее оптимальными значениями являются $r = 0,075 - 0,150\text{ м}$ и $\beta = 30 - 50^\circ$.

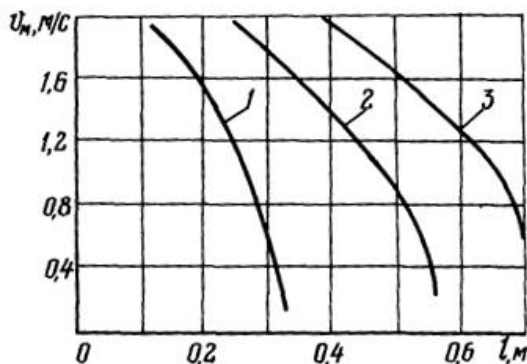


Рисунок 4 – Зависимость частоты колебаний активного удлинителя от радиуса вращения при различных углах отрыва: 1 — $\beta = 15^\circ$; 2 — $\beta = 30^\circ$; 3 — $\beta = 45^\circ$; 4 — $\beta = 60^\circ$.

Исследование лемеха с активным удлинителем проводились в почвенном канале БГАТУ на среднем суглинке влажностью 20 – 21 %. Показатели качества процесса подкапывания картофельной грядки лемехом с активным удлинителем в сравнении с серийным приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты лабораторных исследований

Показатели	Лемех	
	модернизируемый	серийный
Скорость движения, м/с	1,00	1,00
Глубина подкапывания пласта, м	0,20	0,20
Чистота картофеля в таре, %		
- клубни;	87,9	82,4
- почва.	–	3,1
Полнота уборки клубней, %		
- собрано в тару;	89,0	85,4
- оставлено почве.	9,6	9,7
Потери, всего %	11,4	14,6

Заключение

В результате проведенных исследований выявлено, что чистота картофеля в таре при использовании лемеха с активной частью выше по сравнению с серийным на 5,5 % при параметрах: $l = 0,25\text{ м}$; $r = 0,075\text{ м}$ и $\beta = 30^\circ$.

Список использованной литературы

1. Кандаулов Н.М.. О рациональной форме подкапывающих лемехов картофелеуборочных машин.//Науч. труды. ЦНИИМСХ. – Минск, 1964. –Том 3. С 247-251.
2. Марченко Н. М., Птицина Л. В. К обоснованию технологии подкапывания картофеля./Сб. научн. трудов ВИМ. — М.: ВИМ, 1963. — Том 33. С. 34-39.

УДК 631.358:633.52

**Г.А. Радишевский, к.т.н., доцент,
С.Р. Белый, ст. преподаватель, А.В. Перевозников, аспирант,
А.В. Мицевич, студент,
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» (БГАТУ), г. Минск, Республика Беларусь**

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ОЧЕСЫВАЮЩИХ АППАРАТОВ ЛЬНОУБОРОЧНЫХ МАШИН И ПУТИ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Введение

Производство льна является одной из важнейших отраслей сельского хозяйства РБ, приносящая доход в виде валюты. Продукция, получаемая из льна, пользуется широким спросом во многих странах мира. Однако площади, занятые этой культурой, в республике сократились, а валовые сборы льноволокна уменьшились в 1,5 раза. Это связано с нехваткой семян высоких посевных кондиций, высокими трудо- и энергозатратами.

Основная часть

В настоящее время для отделения семенной части урожая от стеблей используются очесывающие, плющильные и комбинированные устройства. При обработке льна различного качества они

должны обеспечивать полноту выделения семян не ниже 98 %, потери семян не более 5 %, отход стеблей в путанину не более 3 % и повреждения стеблей не более 5 %. В современных льноуборочных машинах используются в основном очесывающие устройства, причем наибольшее распространение получили роторно-бильные (в подборщиках–очесывателях бельгийской фирмы Unipon-23) и однобарабанные гребневые (в комбайнах ЛК-4А, “УЛС–3,5 и др.). Роторнобильные устройства дают однородный, практически свободный от путанины ворох, но чистота очеса и надежно технологического процесса существенно зависят от влажности льна. Преимущества однобарабанного гребневого аппарата – универсальность и компактность конструкции и высокая надежность выполнения технологического процесса (высокая чистота очеса и полнота отделения семян и коробочек от стеблей независимо от спелости, влажности и качества лент льна). Наряду с этим потери семян выносом с лентой, повреждения и отход стеблей в путанину у однобарабанного гребневого аппарата, как показывают результаты испытаний, превышают установленные нормативы.

Поэтому актуальным вопросом является повышения качества очеса коробочек льна однобарабанным гребневым аппаратом.

Наиболее широкое применение в нашей стране получил гребневой очесывающий аппарат (рисунок 1, а) состоящий из очесывающих зубьев 2, зажимного транспортера 1, основное преимущество которого – высокая чистота отделения семенных коробочек независимо от их влажности и толщины ленты льна 3. Но он имеет существенный недостаток: зубья гребенок на каждом сантиметре не менее трех раз прокалывают ленту со скоростью 0,8 м/с, повреждая до 40% стеблей в виде обрыва, излома стеблей, обсекания или размочаливания их верхушек. Поэтому, в результате прочесывания ленты льна гребнями в ворох, кроме семенных коробочек и свободных семян, попадает большое количество (до 30%) примесей в виде обрывков стеблей льна и сорняков, наличие которых значительно увеличивает массу и объем получаемого вороха, превращая его в трудноразделимый на отдельные порции несипучий материал.

В щелевых очесывающих аппаратах задача щелевого элемента заключается в создании возрастающего давления на коробочки, под действием которого они отрываются от цветоножки. Но эти аппа-

раты не нашли широкого применения из-за низкой пропускной способности. Пневматический очесывающий аппарат отделяет семенные коробочки от стеблей практически без механического взаимодействия с рабочими органами, что способствует минимальным деформации стеблей и отходу в путанину. Однако устройство этого аппарата весьма сложно.

В роторно–бильных очесывающих аппаратах многократное воздействие рабочего органа на тонкий слой стеблей позволяет получить качественный очес коробочек, не требующий дополнительной обработки при выделении их него семенных коробочек. Однако часть коробочек при очесе остается на стеблях находящихся внутри слоя, не очесывается и выносятся вместе с лентой.

Одним их недостатки роторно–планчатых очесывающих аппаратов является потеря семян из-за недоочеса и последующего выноса с лентой. Кроме того, происходит повреждение, как семян, так и стеблей в виде излома стеблей льна.

С целью устранения недостатков гребневых и роторно–планчатых аппаратов [2] предлагается использовать спиральновинтовой очесывающий аппарат (рисунок 1, б) состоящий из барабана 1, очесывающей спирали 2 и плоских зубьев 3. Он обеспечивает очес стеблей в ленте разной толщины с чистотой гребневого аппарата, но с меньшими затратами энергии и меньшим количеством путанины в ворохе за счет протаскивания небольшого пучка в несколько десятков стеблей в зазоре между двумя зубьями или пластинками, но с минимальным количеством прокалываний ленты.

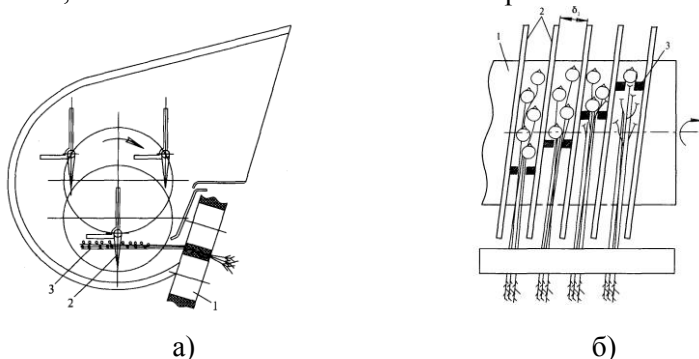


**Рисунок 1 – Типы очесывающих аппаратов льноуборочных машин:
а – гребневой; б – спиральновинтовой**

Основным элементом очесывающих барабанов является рабочая длина планки, зависящая от положения стеблей в момент обрыва. Рабочая длина планок зависит от положения стеблей в момент отрыва. Стебель льна высотой $L_{ст}$ с шириной расположения семенных коробочек B_1 , перемещаясь зажимным транспортером со скоростью $V_{тр}$ попадает в рабочую щель очесывающего аппарата и двигаясь параллельно самому себе до тех пор, пока семенная коробочка не войдет в контакт с рабочей поверхностью планок. Длина рабочей части планок ротора, можно определить из условия

$$L_p = B \cdot \cos(\beta - \varphi / \cos \beta),$$

где L_p – длина рабочей части планки;

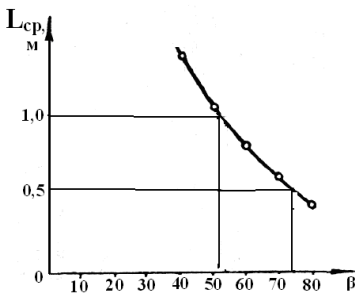
B – ширина расположения льна;

β – угол установки планки;

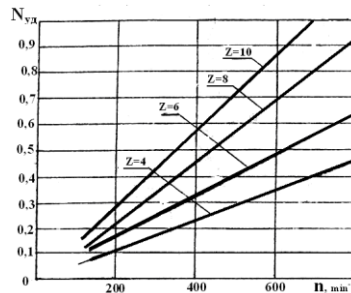
φ – угол трения коробочек о сталь.

Фактическая длина рабочей части планки должна быть больше расчетной, так как лента, поступающая к барабану растянута.

Длина планки определяется по графику, представленному на рисунке 2.а, устанавливающим зависимость рабочей длины от угла их установки относительно направления перемещения ленты.



а)



б)

Рисунок 2 а – зависимость рабочей длины планок от угла установки относительно направления перемещения ленты, б – зависимость

$N_{вд}$ от n при $b_n = 10$ мм, $\beta = 53^\circ$ и $V_{тр} = 1,6$ м/с

Интенсивность $N_{уд}$ воздействия планок очесывающего барабана на ленту (рисунок 2, б) определяется зависимостью из условия непрерывности процесса очеса [1]

$$N_{y\partial} = b_n \cdot n \cdot Z / (60V_{mp} \sin \beta),$$

где n – частота вращения ротора, мин⁻¹.

Наиболее эффективно участвуют в процессе очеса планки, находящиеся в вершинной части эллипса, где с достаточной вероятностью можно описать окружностью с приведенным диаметром D_n .

Зона очеса начинаться будет в крайнем левом положении, что соответствует наибольшему – отклонению планки ротора от линии, проходящей через центр ротора и определяется выражением

$$B = [d^2 + 2D(d - S) - S^2]^{1/2},$$

где d – диаметр стебля льна, $d = 2-3$ мм.

Для льноуборочного комбайна КЛС–3,5 при диаметре очесывающего барабана $D = 500$ мм и зазоре в очесывающем аппарате $S = 5 \dots 10$ мм зона очеса должна составляет $B = 0,28$ м.

Заключение

В результате теоретических исследований установлено для обеспечения качественного очеса коробочек льна очесывающим аппаратом льнокомбайна КЛС–3,5 должна быть не менее $B > 0,28$ м.

Список использованной литературы

1. Ростовцев Р.А. Теоретическое обоснование и расчет рабочих органов машин для уборки льна-долгунца и приготовление тресты: монография/Р.А. Ростовцев. – Тверь: Агросфера, 2009. – 157 с.
2. Устройство для очеса стеблей льна: пат. № 246576 МПК А 01 D 45/06/А.Г. Тарлецкий, А.В. Галкин; опубл. 10.11.2012, Бюл. № 31.

УДК 631. 431

А.Н. Орда¹, В.А. Шкляревич¹, А.С. Воробей²,
С.А. Касько¹, Я.Р. Каминский³

¹ Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск, Республика Беларусь;

² Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства, г. Минск, Республика Беларусь;

³ Варшавский аграрный университет, г. Варшава,
Республика Польша

ЗАВИСИМОСТЬ ГЛУБИНЫ СЛЕДА ОТ ДАВЛЕНИЯ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ НА ПОЧВУ

Введение

В процессе эксплуатации почвообрабатывающих агрегатов возникает следующая проблема – чрезмерное уплотнение почвы их ходовыми системами, в особенности колесными, приводящее к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, повышению затрат энергии на передвижение и последующую обработку почвы, снижению производительности [1]. Имеющиеся к настоящему времени результаты экспериментальных и теоретических исследований указывают на противоречивость данных по воздействию на почву ходовых систем почвообрабатывающих агрегатов в начальной стадии деформирования почвы [2]. Поэтому требуется уточнение аналитической зависимости описываемой процесс вдавливания деформатора в почву.

Основная часть

В земледельческой механике наибольшее распространение находят следующие зависимости между напряжением сжатия и осадкой штампа [3]:

$$\sigma = k h, \quad (1)$$

$$\sigma = p \frac{P}{F} h, \quad (2)$$

$$\sigma = c h^{\mu}, \quad (3)$$

$$\sigma = c_0 \varepsilon^{\mu}, \quad (4)$$

$$\sigma = p_0 \left(1 - e^{-h/k_0}\right), \quad (5)$$

$$\sigma = p_0 \left(1 - e^{-L'\varepsilon}\right), \quad (6)$$

$$\sigma = p_0 th \left(\frac{k}{p_0} h \right), \quad (7)$$

$$\sigma = \frac{P_0}{1 + C e^{-c_1 p_0 h}}, \quad (8)$$

где k – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м³; $\bar{p}$ – среднее удельное давление при $P h = F$, Па; P – периметр опорной площади, м; F – опорная площадь, м²; c – константа; μ – показатель степени деформируемости почвы; c_0 – константа деформируемости с постоянной размерностью, Па; $\varepsilon = h / D$ – относительная деформация; D – диаметр штампа, м; p_0 – предел несущей способности почвы, Па; k_0 – константа деформируемости, м; L' – безразмерный коэффициент относительной жесткости; ε_m – относительная деформация почвы в точке перегиба кривой деформирования.

Проанализируем возможность применения закономерностей деформирования почвы штампом (1)-(8) к процессу передвижения колес.

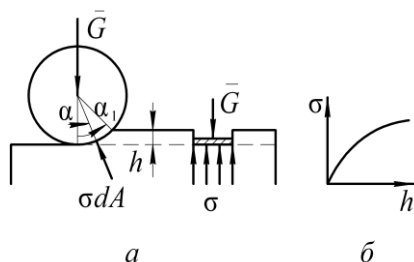


Рис. 1. Деформация почвы:

a – схема деформирования почвы колесом и штампом;

b – зависимость между напряжением σ и деформацией почвы h [4]

Для того чтобы можно было применить закономерности дефор-

мирования почвы штампом применительно к качению колеса, применяются следующие допущения [4].

1. Сила реакции почвы на элементе поверхности колеса проходит через его ось и равна напряжению σ , умноженному на площадь элемента dA (рис. 1, *a*).

2. Напряжение σ под колесом равно напряжению под штампом, вдавленным в почву на глубину, на которой находится рассматриваемый элемент поверхности колеса.

При выполнении данных допущений можно применять зависимость между напряжением σ и осадкой штампа h (рис. 1, *б*) для определения напряжений в размеченных точках контакта колеса с почвой.

При изучении процесса вдавливания деформатора установлено [5], что кривая изучаемого явления может быть симметричной лишь в некоторых частных случаях. В общем случае деформирования бесконечного полупространства почвы она ассиметрична относительно точки перегиба [5]. Поэтому процесс осадки почвы под воздействием деформатора будем характеризовать аналитическим описанием кривой вдавливания, состоящей из вогнутого и выпуклого участков. Так, Д. И. Золотаревская, используя результаты исследования Г. И. Покровского и предложенную В. В. Кацыгиным зависимость гиперболического тангенса между сопротивлением и осадкой почвы (7), получила следующую формулу [6]:

$$\sigma = p_0 \left[th \frac{E_m}{p_0} (\varepsilon - \varepsilon_m) + th \frac{E_m}{p_0} \varepsilon_m \right], \quad (9)$$

где E_m – максимальный модуль деформации почвы, Па; $\varepsilon = h / h_0$ – относительная осадка; h_0 – эквивалентная высота деформируемого слоя, м; ε_m – относительная осадка почвы, соответствующая точке перегиба кривой.

Формула (9) больше приемлема для практического использования, чем выражение (8), так как входящие в нее коэффициенты имеют физический смысл и легко определяются из опыта. Однако, она также симметрична относительно точки перегиба, что не совсем точно отражает процесс вдавливания в начальной стадии.

Для нахождения уравнения кривой вдавливания введем вспомогательную систему координат $\bar{\sigma}C\bar{h}$. Начало данной системы координат поместим в точку перегиба C . Выпуклый участок кривой вдавливания в системе координат $\bar{\sigma}C\bar{h}$ описывается уравнением:

$$\bar{\sigma} = pth \frac{k_m}{p} \bar{h}, \quad (10)$$

где k_m – коэффициент объёмного смятия почвы в точке перегиба C , Н/м³.

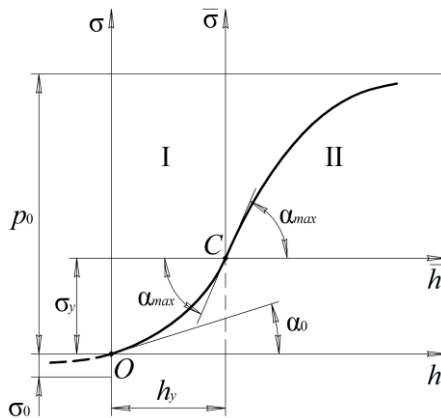


Рис. 2. Зависимость между сопротивлением и осадкой штампа

Кривую вдавливания (рис. 2) будем описывать двумя уравнениями. Зависимость между сопротивлением и осадкой для вогнутого участка имеет следующий вид [5]:

$$\sigma_1 = \sigma_y - (\sigma_0 + \sigma_y) th \frac{k_m}{\sigma_0 + \sigma_y} (h_y - h). \quad (11)$$

Для практического использования равенство (11) неприемлемо из-за трудности определения напряжения σ_0 , обусловленного сцеплением почвы. Выразим его через коэффициент k_0 объёмного смятия в начале процесса вдавливания ($k_0 = \text{tg}\alpha_0$). Возьмем производ-

ную напряжения σ_1 по осадке h из уравнения (11), одновременно воспользовавшись тем, что при $h = 0$, $\sigma_1 = 0$, а $k_0 = d\sigma_1 / dh$.

Зависимость сопротивления от глубины на вогнутом участке кривой вдавливания в таком случае будет иметь вид:

$$\sigma_1 = \sigma_y - \frac{k_m h_y}{\text{Arch} \sqrt{k_m / k_0}} \text{th} \left(\frac{h_y - h}{h_y} \text{Arch} \sqrt{k_m / k_0} \right). \quad (12)$$

Для выпуклого участка зависимость между сопротивлением и осадкой запишем следующим образом:

$$\sigma_2 = \sigma_y + (p_0 - \sigma_y) \text{th} \frac{k_m}{p_0 - \sigma_y} (h - h_y). \quad (13)$$

где σ_2 – сопротивление вдавливанию деформатора во второй стадии, характеризуемой выпуклым участком кривой, Па;

Найдём глубину следа в зависимости от давления движителя на почву. Если давление меньше сопротивления вдавливанию в точке перегиба, глубина следа определяется из формулы (12):

$$h = \frac{h_y}{A_0} \left[A_0 - \text{Arth} \frac{A_0 (\sigma_y - \sigma)}{k_m h_y} \right], \quad (14)$$

где $A_0 = \text{Arch} \sqrt{k_m / k_0}$.

Для случая, когда давление движителя на почву превышает сопротивление вдавливанию в точке перегиба, глубину следа находим из выражения (13):

$$h = h_y + \frac{(p_0 - \sigma_y)}{k_m} \text{Arth} \frac{\sigma_y - \sigma}{p_0 - \sigma_y}. \quad (15)$$

По формулам (14) и (15) строим зависимость деформации почвы с различными механическими свойствами от давления на неё (рис. 3). Рыхлая почва ($\sigma_y = 80$ кПа; $h_y = 0,058$ м; $k_m = 2500$ кПа/м; $k_0 = 300$ кПа/м; $p_0 = 200$ кПа); почва средней плотности ($\sigma_y = 200$ кПа;

$h_y = 0,058 \text{ м}$; $k_m = 5000 \text{ кПа/м}$; $k_0 = 1500 \text{ кПа/м}$; $p_0 = 500 \text{ кПа}$; почва высокой плотности ($\sigma_y = 300 \text{ кПа}$; $h_y = 0,058 \text{ м}$; $k_m = 7500 \text{ кПа/м}$; $k_0 = 2250 \text{ кПа/м}$; $p_0 = 750 \text{ кПа}$).

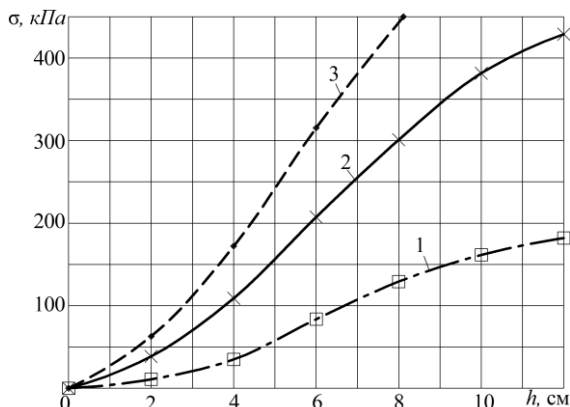


Рис. 3. Зависимость деформации почвы от давления
1 - при $k_0 = 300 \text{ кПа/м}$; 2 - — при $k_0 = 1500 \text{ кПа/м}$;
3 - - - - при $k_0 = 2250 \text{ кПа/м}$

Из рис. 3 видно, что для почвы небольшой исходной плотности ($k_0 = 300 \text{ кПа/м}$) четко выделяются три участка: вогнутый, близкий к прямолинейному и выпуклый. Для почвы с высокой исходной плотностью ($k_0 = 2250 \text{ кПа/м}$) четко выделяется средний прямолинейный участок, а выпуклый — отсутствует.

Закключение

1. В общем случае деформирования, когда плотность почвы в различных горизонтах мало различима, зависимость между напряжениями сжатия и осадкой штампа имеет S-образный характер. График этой зависимости, имеющий вогнутый и выпуклый участки, является ассиметричным относительно перегиба.

2. Для определения глубины следа при воздействии колес следует применять предложенные зависимости, описывающие аналитические вогнутый и выпуклый участки кривой деформирования. Из графиков, построенных по полученным зависимостям видно, что с увеличением рыхлости почвы

усиливается вогнутость в начальной стадии и выпуклость в конечной стадии деформирования.

Список использованной литературы

1. Орда, А. Н. Свойства почвы и их изменение под воздействием ходовых систем почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов // А. Н. Орда, А.С. Воробей, В. А. Шкляревич . – Инженерный вестник, № 1 (25). – 2008, С.68-73

2. Орда, А. Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.20.03 / А. Н. Орда; Белорус. аграр. тех. ун. – Минск, 1997. – 36 с.

3. Кацыгин, В. В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных с.х. машин и орудий / В. В. Кацыгин // Вопросы сельскохозяйственной механики. Минск. –: Сельхозгиз БССР, 1964.– Т.13. С. 5-147.

4. Кулен, А. Современная земледельческая механика/ А. Кулен, Х. Купперс. – Москва, Агропромиздан, 1986. – 350 с.

5. Бойков, В. Обоснование зависимости между сжимающими напряжениями и осадкой почвы / В. Бойков, Ч. Жданович, А. Орда // Y Miedzynarodowe sympozjum Ekologiczne aspekty mechanizacji nawożenia, ochrony roślin i uprawy gleby. – Warszawa, 1998. – S. 161-168.

6. Золотаревская, Д. И. Зависимость между сжимающими напряжениями и осадкой почвы / Д. И. Золотаревская. – Механизация и электрификация сел. хоз-ва, 1980, № 2 , С. 30 - 32.

УДК 631.312.65

А.А. Зенов, ассистент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РЫХЛЕНИЕ ПОЧВЫ — ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР

Введение

Способ обработки почвы является одним из важнейших факторов, влияющих на рост, развитие и формирование урожая сельскохозяй-

ственных культур, а также на степень деградации почв. От нее зависят агрофизические характеристики почвы, определяющие водно-воздушные и термические условия, от которых во многом зависит судьба произрастающих растений. Агрономической наукой установлено, что в идеале для роста растений почва обрабатываемого слоя должна содержать примерно 45 % минеральных веществ, 5 % органических веществ и 50 % пористого пространства, заполненного равным количеством (по 25 %) воды и воздуха. Нарушение этого состояния ведет к недобору урожая. Например, излишнее разрыхление почвы особенно легкой по механическому составу, ускоряет процессы испарения влаги, снижает капиллярный подъем ее к корневой системе растений, в результате чего создается дефицит влаги, ведущий к снижению урожая до 10-12 %.

С другой стороны, снижение воздушной составляющей в результате переуплотнения почвы катками, ходовыми колесами тракторов и другой техники, наличие плужной подошвы, а также уплотненных слоев почвы после прохода культиваторных, плоскорезных и других лап приводит к недобору урожая до 10-20 %.

Кроме плужной подошвы отрицательно сказываются на развитии растений и уплотненные слои в почве, которые образуются после прохода культиваторных и других плоских рыхлительных лап. В процессе произрастания корней растений, встречая слой повышенной плотности, начинают расти в стороны, а не вглубь, что отрицательно сказывается на урожае. Для устранения данного недостатка все больше распространение получает вертикальная обработка почвы.

Основная часть

Особенностью данной системы обработки почвы является то, что по сравнению с традиционной «горизонтальной» обработкой почвы в структуре почвы отсутствуют слои повышенной плотности, которые образуются после прохода традиционных машин: дисковая борона, культиватор, плуг (рис.1).

Отсутствие слоев повышенной плотности позволяет корням растений расти не в стороны, а вглубь. Поэтому растения, выросшие в условиях вертикальной обработки почвы, более засухоустойчивые,

получают больше питательных веществ и, в целом, имеют намного более развитую корневую систему, что обеспечивает на всех типах почв и всех культурах прибавку урожая 8,5 ц/га.



Рисунок 1 — Схема развития растений после традиционной и вертикальной обработки почвы

Вертикальная обработка почвы требует применения специальных рабочих органов. Рассмотрим их на примере продукции фирмы Great Plains.

Основной отличительной особенностью американских агрегатов является применение специальных дисков (турбоколтеров) и катков (турбочопперов).

Турбоколтер представляет собой специальный волнистый диск, предназначенный для обработки почвы без перемешивания ее слоев (рис. 2). Именно турбоколтеры по сравнению с пружинными или волнистыми дисками, а тем более со сферическими дисками предотвращают появление слоев повышенной плотности.



Рисунок 2 —Турбоколтер

Турбочоппер — каток со спиралевидными лезвиями, предназначенный для измельчения растительных остатков (рис.3). Он разрезает пожнивные остатки перпендикулярно в двух направлениях за один проход, а также образует ровный и однородный слой почвы.

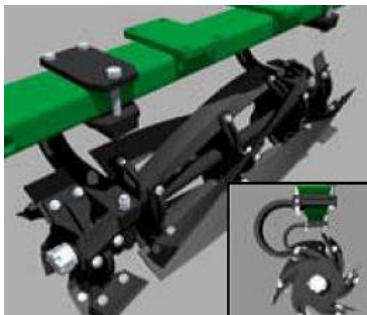


Рисунок 3 — Турбочоппер

Еще один рабочий орган для вертикальной обработки почвы, предназначенный для разуплотнения слоев, которые образуются после использования техники для горизонтальной обработки, такой как плуги, диски, традиционные орудия с лаповыми рабочими органами, является глубокорыхлитель (рис. 4). Фирма Great Plains предлагает два вида стоек толщиной 19 и 32 мм, позволяющих обрабатывать как только нижний слой почвы, так и нижний и верхний. Стойка толщиной 19 мм оборудуется наконечником шириной 25,4 мм, а стойка толщиной 32 мм может оборудоваться шестью разновидностями наконечников шириной 5,1; 12,7 или 17,8 см. Кроме того, на глубокорыхлителе впереди стоек устанавливаются разрезные диски и как опция — прикатывающий каток.



Рисунок 4 — Глубокорыхлитель

Предлагаемые фирмой Great Plains рабочие органы для вертикальной обработки почвы позволяют качественно произвести обработку легких и склоновых почв, а также послеуборочную обработку агрофонов высокостебельных культур, что скажется на повышении плодородия почвы и урожайности возделываемых культур.

Заключение

Таким образом из вышесказанного видно, что с целью повышения урожайности культур, сохранения почвы и снижения затрат труда необходимо внедрить в производство новую систему вертикальной обработки почвы, при которой по сравнению с традиционной не образуется уплотненный слой почвы, что позволяет корням растений расти не в стороны, а вглубь.

Для осуществления технологических операций вертикальной обработки почвы необходимо применять комплекс машин для измельчения пожнивных остатков, в том числе и кукурузы, мелких и более глубоких обработок почвы со специальными рабочими органами.

Список использованной литературы

1. Трусов В.И. и др. Приемы обработки почвы в условиях засухи / В.И. Трусов, И.П. Корнилов, М.И. Сальников; ГНУ Воронежский НИИСХ Россельхозакадемии. – 2006 г.–12с.

2. Фирма «Great Plains» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.greatplainsint.ru/ru/products/709/%D0%B3%D0%BB%D1%83%D0%B1%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%8B%D1%85%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C>. – Да-

та доступа: 20.05.2015.

УДК 261

Н.Д.Лепешкин, А.А.Точицкий

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Беларусь*

ПРЯМОЙ ПОСЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ – БЛИЖАЙШАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Введение

Технология прямого посева представляет собой посев сельскохозяйственных культур по стерне, обычно с предварительной обработкой гербицидами общеистребительного действия, или дернине без какой-либо механической обработки почвы, за исключением формирования мелких бороздок для высева семян.

Основная часть

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук по механизации сельского хозяйства» разработало сеялку прямого посева СПП-9 [1] (рисунок 1).

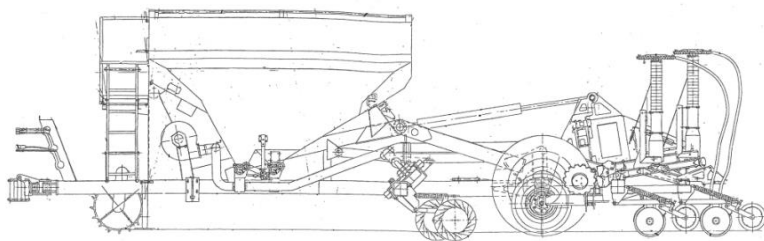


Рисунок 1 – Сеялка прямого посева СПП-9

Сеялка предназначена для прямого посева зерновых и крестоцветных культур с одновременным внесением в почву гранулированных минеральных удобрений.

Сеялка имеет ширину захвата 9 м и агрегатируется с тракторами мощностью 260 кВт («БЕЛАРУС-3522» и др.).

Сеялка может использоваться на всех типах минеральных почв, засоренных камнями со средним диаметром не более 5 см и влажностью в зоне заделки семян не более 25%. Твердость почвы в слоях 0-5 и 5-10 см не должна превышать соответственно 1,5 и 3,5 МПа. Уклон поля не должен превышать 8°. Микрорельеф должен быть выровненным. Высота гребней и глубина борозд не должна превышать 40 мм. Высота стерни не должна превышать 15 см, наличие на поле скоплений неубранной соломы не допускается. Сеялка используется на высококультуренных почвах. Почва не должна быть засорена пыреем и многолетними сорными растениями с глубокой корневой системой (бодяк щетинистый, осот, одуванчик, хвощ).

Участки для прямого посева сеялкой должны выбираться в зависимости от возделываемых культур. При возделывании яровых культур (ячмень, овес, рапс) участком является зябь. При возделывании озимых зерновых и крестоцветных культур (рожь, пшеница, тритикале, редька масличная, сурепица) характерным участком может быть участок со стерней яровых зерновых и зернобобовых культур. До проведения сева этот участок должен быть обработан гербицидами общеистребительного действия.

Семена и минеральные удобрения должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов.

Сеялка СПП-9 является полунавесной машиной и состоит из следующих основных узлов: рамы; навески; колесного хода; бункера; бруса с волнистыми дисками; сошников бруса; двух пневматических высевальных систем (одна для высева семян, вторая – для минеральных удобрений); привода высевальных аппаратов для высева семян и удобрений; автоматизированной системы контроля высева семян и удобрений; двух маркеров; гидравлической системы; пневматической тормозной системы; стояночного тормоза и электрооборудования.

Регулирование норм высева семян зерновых культур и минеральных удобрений производится изменением длины рабочей части основных катушек высевальных аппаратов. Регулирование норм высева крестоцветных культур производится также изменением длины рабочей части катушек после перекрытия их ячеек специальными выдвижными вставками для уменьшения ширины и пред-

варительной перестановки шестерен в приводе высевających аппаратов для уменьшения числа их оборотов.

Сеялка комплектуется системой контроля за процессом сева, которая обеспечивает контроль вращения катушек высевających аппаратов и рабочих колес вентиляторов, уровня семян и удобрений в отсеках бункера и учет засеянной площади, а также автоматическое закрытие – открытие соответствующих отверстий в патрубках распределителей для образования технологической колеи. Технологическая колея формируется с целью выполнения агроприемов по уходу за посевами возделываемых культур в период их вегетации.

Технологический процесс, выполняемый сеялкой, осуществляется следующим образом. На поворотной полосе поля в начале гона тракторист переводит сеялку из транспортного положения в рабочее. Сначала он предварительно открывает четыре шаровых крана, установленных около распределителя трактора, и шаровой кран гидравлической страховки сошниковых секций. Потом при помощи гидросистемы раскладывает секции сошников бруса и боковые секции бруса волнистых дисков, переводит опорные колеса сошников бруса и распределители высева семян и удобрений в рабочее положение и опускает сошниковый брус на опорные колеса. После чего производит одновременное опускание в рабочее положение бруса с волнистыми дисками, приводного колеса, сошников бруса с заглублением сошников в почву и раскладывает маркеры. Гидроцилиндром навесного устройства трактора выравнивает раму сеялки в горизонтальное положение.

После перевода сеялки в рабочее положение в соответствии с тарировочной таблицей по шкале устанавливаются заданные нормы высева семян и гранулированных минеральных удобрений путем изменения винтовыми механизмами рабочей длины катушек четырех высевających аппаратов (два для высева семян и два для высева удобрений). Проверяются идентичность индивидуальных регулировок глубины хода сошников и вылет маркеров. Производится загрузка отсеков бункера семенами и удобрениями. После чего тракторист включает привод вентилятора системы высева семян и ВОМ трактора для вращения гидронасоса независимой гидросистемы сеялки для привода вентилятора системы высева удобрений. Потом включается одна из рабочих передач трактора и начинается движе-

ние посевного агрегата вдоль гона по полю. Процесс высева семян и минеральных удобрений протекает следующим образом. Семена и удобрения из отсеков бункера поступают раздельно самотеком в приемные камеры высевających аппаратов. Вращающиеся от приводного колеса посредством цепной и карданных передач катушки высевających аппаратов подают их в четыре пневмоматериалопроводы (два для семян и два для удобрений), соединенные с четырьмя распределителями. Воздушные потоки, создаваемые двумя вентиляторами, транспортируют семена и удобрения в распределители, а из распределителей в двухдисковые сошники, оборудованные прикатывающими катками. Распределители равномерно распределяют высеваемое количество семян и удобрений по шестидесяти сошникам. Сошники прокатываются по рядкам, предварительно разрыхленным волнистыми дисками. Сошники оборудованы разновеликими дисками. При этом удобрения подаются под диски большего диаметра, что обеспечивает их расположение в рядках глубже семян, которые подаются под диски меньшего диаметра. Окончательно заделка семян и удобрений в почве на заданной глубине производится прикатывающими катками сошников. После завершения рабочего хода в конце гона производится поворот посевного агрегата на поворотной полосе. Перед поворотом производится подъем приводного колеса, сошников бруса, бруса волнистых дисков и выключаются приводы вентиляторов. После поворота сеялка опять переводится в рабочее положение: опускаются сошниковый брус, брус волнистых дисков и приводное колесо, переводится соответствующий маркер в рабочее положение, включаются приводы вентиляторов и осуществляется рабочий ход в очередном гоне.

Вождение трактора при посеве осуществляется по следу маркера. Движение на поле производится челночным способом с петлевыми поворотами на поворотных полосах. Формирование технологической колеи производится с помощью пульта автоматизированной системы контроля сева, расположенного в кабине трактора.

После засева основной площади поля производится обсев поворотных полос.

По окончании работ сеялка переводится в положение дальнего транспорта. Перевод осуществляется в следующем порядке после остановки посевного агрегата:

- выключаются приводы вентиляторов;
- складываются маркеры на сошниковый брус;
- производится одновременный подъем в транспортное положение бруса с волнистыми дисками, приводного колеса и сошниково-го бруса для выглубления сошников из почвы;
- переводятся опорные колеса сошникового бруса и распределители высева семян и удобрений в транспортное положение, и производится окончательный подъем сошникового бруса;
- складываются боковые секции бруса волнистых дисков;
- складываются сошниковые секции и включается их гидравлическая страховка;
- закрывается шаровой кран гидравлической страховки сошниковых секций;
- закрываются четыре шаровых крана, установленных около распределителя трактора.

После этого производится транспортировка сеялки на другое поле или на машинный двор.

Опытный образец сеялки СПП-9 был изготовлен в ОАО «Брестский электромеханический завод» и проведены его предварительные испытания (протокол № 4-2014 П от 12 августа 2014 года). Испытания проводились в агрегате с трактором «БЕЛАРУС-3522» на полях с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой ОАО «Птицефабрика Медновская» Брестского района Брестской области по агрофону стерня озимой ржи после уборки на зеленый корм. Прямой посев сеялкой производился редьки масличной с нормой 22,8 кг/га с одновременным внесением в рядки гранулированного аммофоса с нормой 62 кг/га. [2]

Заключение

В результате испытаний установлено, что сеялка СПП-9 по агротехническим показателям соответствует требованиям технического задания (ТЗ). Неустойчивость высева семян и удобрений от заданной нормы составила: редьки масличной 5,3% (по ТЗ – не более 10%) и аммофоса 5,2% (по ТЗ – не более 10%). Неравномерность распределения семян и удобрений между сошниками при ширине захвата 9 м и ширине междурядий 15 см составила: редьки масличной 3,8% (по ТЗ – не более 10%) и аммофоса 7,0% (по ТЗ – не более 10%). При установленной глубине заделки семян редьки масличной

30 мм средняя глубина была равна 29,8 мм. Аммофос заделывался в рядках глубже семян с почвенной прослойкой 15 мм.

При агрегатировании сеялки СПП-9 с трактором мощностью 260 кВт рабочая скорость и производительность за час основного времени соответственно составили 10 км/ч и 9 га/ч.

Испытания показали, что сеялка СПП-9 соответствует своему назначению. Она обеспечивает выполнение технологии прямого посева сельскохозяйственных культур по стерневому агрофону с одновременным внесением в рядки гранулированных минеральных удобрений.

Список использованной литературы

1. Концепция системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции до 2015 и на период до 2020 года: (рекомендации по применению) Национальная академия наук Беларуси [и др.]; подгот.: В.Г. Гусаков [и др.]. - Минск: НАН Беларуси, 2014. - 138 с.

2. Лепешкин, Н.Д. Специальная сеялка для прямого посева трав, промежуточных и зерновых культур. / Н.Д. Лепешкин, А.А. Тоцицкий, П.П. Костюков, А.Л. Медведев, Н.Ф. Сологуб, Н.Н. Дягель, Г.И. Павловский // Белорусское сельское хозяйство. - 2009. - №3. - С. 50-55.

УДК 631.171.631.353.6

С. В. Крылов, к.т.н., доцент; В. Б. Ловкис, к.т.н., доцент;

А. В. Иванов, магистрант

*Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск, Республика Беларусь*

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРАБЛЕЙ-ВОРОШИЛКИ ГВЦ-3 (№7-61-83) И ВОРОШИЛКИ-ВСПУШИВАТЕЛЯ ВВР-7,5 (№077Б1/4-2008)

Введение

Данное сравнение позволит выявить изменения в процессе организации и оформления проведения приемочных испытаний, а также

наглядно показать, как изменились машины для ворошения травыва 25 лет.

Основная часть

Общее количество страниц протокола №077Б1/4-2008, составляет 54 страницы двухстороннего текста, а в протоколе 1983 года текст расположен на одной стороне листа и составляет 93 страницы. В отличие от версии 1983 года, в 2008 году протокол обрел оглавление и программу-методику приемочных испытаний. В протоколе 2008 года выделяют отдельно средства измерения и испытательное оборудование, применяемое при проведении измерений. В протоколе 1983 года подобное выделение отсутствует. В процедуре проведения испытаний, разница заключается в том, что метеорологические условия (средняя температура воздуха, осадки, влажность воздуха, скорость ветра) в протоколе 1983 года, приведены подекадно. В версии 2008 года, эти условия соответствуют показаниям в день проведения испытаний.

В протоколе 1983 года представлены данные о химическом составе стали, из которой сделаны грабли и проведен анализ твердости граблины, вышедшего из строя, в ходе проведения испытаний, орудия. В протоколе 2008 года о наличии таких поломок данных нет. И, насколько известно авторам, в настоящее время, Белорусская МИС не может самостоятельно провести такого рода анализ.

Протокол образца 2008 года позволяет получить информацию о проведении испытаний в большем объеме и более развернутой форме. Это касается и используемых на испытаниях средств измерений, данные о которых в протоколе 1983 года, практически отсутствуют. Тем не менее, можно констатировать, что средства измерения, за прошедшие 25 лет, не претерпели кардинальных изменений, особенно, в области определения производительности машин. Трудно, что-либо сказать об определении расхода топлива в период испытаний в 1983 году, поэтому, лишь это сравнение вызывает неопределенность. Производительность за час основного времени составляет для ГВЦ-3 – 3,03; 3,69 (га/ч), для ВВР-7,5 – 8,3 (га/ч). Данный показатель, за 25 лет, увеличился в 2,2 раза. А удельный расход топлива остался фактически на том же уровне и

составляет для ВВР-7,5 – 1,30 кг/га; для ГВЦ-3 – 1,26 кг/га. О точности определения расхода топлива в 1983 году трудно, что-то сказать.

Относительную и абсолютную погрешность производительности, мы определим по формулам (1) и (2) [1,2]:

$$W = 0,1 \cdot B \cdot V \quad (1)$$

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta t}{t} \quad (2)$$

где W – производительность, за основное время работы, $га/ч$;

B , ΔB – ширина захвата и абсолютная погрешность соответственно, $м$;

V , ΔV – скорость движения агрегата и абсолютная погрешность соответственно, $км/ч$;

S , ΔS – путь пройденный агрегатом, на котором происходит замер скорости и абсолютная погрешность соответственно, $м$;

t , Δt – время, за которое агрегат пройдет путь S и абсолютная погрешность соответственно, $с$.

Абсолютная погрешность определения ширины захвата ΔB , данных машин, должна быть одинакова т. к. принцип их действия один и тот же. В силу ряда факторов, максимальное значение данного параметра не может составлять более 0,1 метра. ΔS – так же одинакова, в силу того, что методика измерения скорости за 25 лет не изменилась и максимально может достичь 0,5 метра. Δt – одинакова, т.к. время измерялось секундомером и составит 1 секунду.

По формуле (2) получим:

- для ГВЦ-3

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{0,1}{3} + \frac{0,5}{50} + \frac{1}{19} \approx 0,094$$

- для ВВР-7,5

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{0,1}{7,4} + \frac{0,5}{50} + \frac{1}{16} \approx 0,086$$

Так как методика и средства измерений не изменились, то значение относительной погрешности $\Delta W/W \approx 0,09$, для обеих машин. Разница будет только в абсолютных величинах, так как производительность возросла в 2,2 раза.

Для ГВЦ-3 получим:

$$W \pm \Delta W \Rightarrow 3,60 \pm 0,30 \Rightarrow W = (3,60 \pm 0,30) \text{ га/з.}$$

Для ВВР-7,5 получим:

$$W \pm \Delta W \Rightarrow 7,4 \pm 0,7 \Rightarrow W = (7,4 \pm 0,7) \text{ га/з.}$$

Заключение

За прошедшие 25 лет, значительно улучшилась информативность протокола испытаний. Средства измерений и методика проведения испытаний фактически остались прежними. Производительность машин возросла более чем в два раза.

Список использованной литературы

1. Основы научных исследований в примерах и задачах: учебно-методическое пособие / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис; под ред. А.Н. Леонова. – Минск : БГАТУ, 2013. – 136с.
2. Основы научных исследований и моделирования : учебно-методический комплекс / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис; под ред. А.Н. Леонова. – Минск : БГАТУ, 2010. – 276с

УДК 631.31

Антонишин Ю.Т., к.т.н., доцент, Сокол В.А.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Рабочие органы почвообрабатывающих машин эксплуатируются в абразивной почвенной среде и интенсивно изнашиваются, из-

меняя свою форму и размеры, из-за чего их приходится часто заменять или ремонтировать.

Для основной обработки почвы - пахоты используются рабочие органы, конструкционные параметры которых были разработаны 40.50 лет назад. Если в 60-х годах прошлого века скорости вспашки были до 5 км/ч, сегодня они составляют 8. 10 км/ч. Учитывая значительный рост массы уборочных машин, вызвавший повышение уплотняемости почв, нагрузки на рабочие органы пахотных агрегатов возросли примерно в 4 раза, хотя сами они не изменились.

Испытания серийных рабочих органов лемешных плугов показывают, что средняя наработка на отказ долотообразных лемехов в зависимости от видов почв и их физического состояния колеблется от 5 до 20 га, грудей отвалов - от 10 до 100 га, крыльев отвала -от 40 до 270 га, полевых досок от 20 до 60 га. Ограничен ресурс рабочих органов других почвообрабатывающих машин: диски лущильников и дисковых борон - 8. .20 га, лапы культиваторов - 7...18 га.

Основными агентами изнашивания рабочих органов являются твердые (HV 7-11 ГПа) минеральные частицы кварца и гранита. Их количество в почве 36-70%. Потом следуют полевой шпат, слюда и другие минералы (HV 6-7,2 ГПа).

До 70% расходов на ремонт сельскохозяйственной техники приходится на приобретение новых запасных частей и замену изношенных. Износ 85% деталей машин не превышает 0,3 мм, причем много из них имеют остаточный ресурс 60% и больше, и только 20% деталей подлежат бракованию. Себестоимость восстановления составляет 15-70% себестоимость изготовления.

Основными направлениями повышения долговечности рабочих органов мелиоративных и сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин являются:

- изменение (упрочнение) свойств рабочей поверхности;
- применение износостойких материалов;

- применение биметаллических материалов, полученных наплавкой;
- применение двухслойного проката;
- применение твердых сплавов;
- изменение формы деталей при ее конструировании.

При упрочнении поверхности индукционной наплавкой износостойким чугуном в месте сплавления наблюдается ярко выраженная структура эвтектического чугуна. На поверхности наплавленного слоя хрома в 2,5 раза больше, чем в сердцевине; а кремнию в 2 раза меньше. Во время наплавки содержащие хром фазы выгорают меньше, потому они остаются в наплавленном слое. После наплавки требуется закалка с последующим отпуском.

Упрочнение режущей части рабочих органов почвообрабатывающих машин с использованием дуговой наплавки заключается в том, что на относительно небольшой объем металла воздействуют с большими скоростями потоками энергии высокой интенсивности, одновременно деформируя и быстро охлаждая металл за счет отведения тепла в глубину материала. Порошковая проволока, например, ПП-АН170М, диаметром 3,2 мм плавится под воздействием электрической дуги, образуя конусы проплавления, что в результате активной диффузии твердого сплава в основной металл, упрочняет детали, повышая их износостойкость.

В последнее время рынок почвообрабатывающих машин в нашей стране, значительно расширился за счет предложений зарубежных фирм. Широкое распространение в получили плуги известных фирм: «Lemken» (Германия), «Kverneland» (Норвегия), «Vogel-Noel» (Австрия), Land(США, Великобритания). и др.

Несмотря на ряд преимуществ плугов зарубежных фирм, из-за дороговизны самих плугов, а также сменяемых деталей рабочих органов, удельные затраты на проведение вспашки этими плугами часто превышают затраты на вспашку отечественными в 2...3 раза.

Испытания отечественных плугов показывают [2], что по основным агротехническим показателям - крошению почвы, заделке

растительных остатков, устойчивости хода по глубине обработки и ширине захвата они не уступают зарубежным.

Особенно привлекательным в зарубежных плугах является то обстоятельство, что ресурс их рабочих органов более чем в 2 раза превышает ресурс рабочих органов отечественных плугов. Этому способствует обеспечение зарубежных плугов предохранительными устройствами, позволяющими плужным корпусам огибать препятствия в виде камней, уплотненных участков почвы, других препятствий при пахоте, предохраняя рабочие органы от излома и деформации.

Ресурс современных рабочих органов почвообрабатывающих машин зависит от материала заготовки и способа упрочнения. Данные детали подвержены абразивному изнашиванию, снизить которое можно путем упрочнения рабочей поверхности.

Износостойкость возрастает с увеличением твердости, однако при одинаковой твердости износостойкость различных материалов (или различных структур) может варьироваться в широких пределах. Структуру материала можно изменять термической и термо-механической обработкой [1].

Улучшение свойств поверхностного слоя достигается химико-термической обработкой, позволяющей повысить стойкость деталей в 1,5-3 раза при условии, что: 1) слой, созданный обработкой, прочно связан с основным металлом и имеет твердость большую, чем нижележащие слои, и 2) учитывается характер износа, переточки и сечения деталей. Предлагаемый способ не требует дорогостоящего оборудования и слишком больших затрат времени./

Более универсальными и пригодными для большинства деталей являются низкотемпературное цианирование, азотирование, цементация или нитроцементация. Влияние их на свойства и стойкость деталей примерно одинаково. В результате обработки на поверхности деталей создается слой высокой твердости и износостойкости, формируются полезные сжимающие напряжения, повышается предел выносливости и снижается налипание.

Цементация и высокотемпературное цианирование меньше повышают твердость, но создают упрочненный слой большей толщины.

Борирование и диффузионное хромирование обеспечивают наиболее высокую износостойкость при абразивном изнашивании, но образуют поверхностный слой небольшой толщины.

Контактный режим наплавки [2] обеспечивает получение науглероженного слоя толщиной менее 0,5 мм; дуговое оплавление — большую глубину, содержание углерода менее 3 %; вибродуговой процесс - науглероженный слой до 2 мм, содержание углерода до 4,3 %.

Науглероженные рабочие органы почвообрабатывающих орудий имеют износостойкость в 1,8-3,0 раза выше, чем не упрочненные и на 15-18 % выше, чем наплавленные твердым сплавом.

Существует два подхода при изготовлении рабочих органов почвообрабатывающих машин. Первый заключается в изготовлении детали из углеродной конструкционной стали (типа 65Г), с последующей объемной закалкой и средним отпуском. При этом из-за нарушений технологии изменяются геометрические параметры деталей и их физико-механические свойства. Полученные рабочие органы не обеспечивают номинальный ресурс работы.

По второму подходу используют высоколегированные стали с последующей термообработкой, или упрочнением режущей части твердыми сплавами [3]. Оно получило широкое распространение за рубежом. Упрочненные при изготовлении рабочие органы почвообрабатывающих машин выпускают такие фирмы, как LaPina (Испания), ForgesdeNiawx (Франция), Land (США, Великобритания).

Технологии упрочнения лемеха, отвала (груди отвала) и полевой доски основаны на применении:

- методов наплавки (ручной дуговой, плазменной, индукционной);
- пластин и брусков из износостойкого чугуна;
- пластин и конусных наставок из износостойкой стали X12;

- пластин из корундовой керамики марок ТК-Г, Лунат-2, Б-11;
- композиционного покрытия из клея ВК-36 и корундовых зерен размером 0,001, 0,05 и 0,1 мм.

Электроэрозионная обработка при силе тока 350-450 А, напряжении 45 В повысила микротвердость упрочненного слоя стали Х12 до 12...12,8 ГПа, стали 65Г – 10,5...11,2 ГПа, стали 45 – до 7,3...8,2 ГПа за счет формирования мелкоигольчатой структуры мартенсита и легирования поверхностного слоя Mn, Si, Ni и Cr.

В последние годы большое внимание уделяется применению технической керамики. Высокая прочность и износостойкость делают этот материал конкурентоспособным с металлами и сплавами. Наибольшую износостойкость имеет твердый сплав ВК8, содержащий 92% карбида вольфрама и 8% кобальта. Сплав ВК8 намного превосходит по износостойкости остальные материалы.

Наиболее доступна керамика из оксида алюминия, уровень износостойкости которой соответствует твердосплавным наплавкам.

Износостойкость покрытий из твердых сплавов выше, чем полученных из порошковых проволок. Нанесение покрытий выполняют газопламенным, плазменным и детонационным напылением, а также плазменным наплавлением, токами высокой частоты (СВЧ), индукционным наплавлением твердыми сплавами, плакированием.

Разработан и широко используется в сельскохозяйственном машиностроении процесс индукционной наплавки лезвий лап культиваторов, обеспечивающая лезвию повышенную износостойкость и возможность самозатачивания. Использование для наплавки культиваторных лап износостойкого чугуна делает процесс экономически выгодным [4].

Заводы, которые выпускают запасные части для почвообрабатывающих машин, существенно ухудшили их качество, и систематически допускают нарушение технологии упрочнения, то есть без термообработки и упрочнения рабочей поверхности.

Кроме изнашивания, детали рабочих органов испытывают нагрузки, приводящие к изгибу и поломкам. Как показывает анализ выбракованных по этим причинам лемехов, примерно 60% из них

теряется по причине излома, и около 40% – по причине деформаций (изгиба).

При наезде плужного корпуса на препятствия в виде камней, почвенных уплотнений нагрузка на лемех «толчкообразно» возрастает за время 0,04...0,1 с в 10 и более раз по сравнению со средним ее значением при нормальной пахоте. Особенностью таких нагрузок является то, что материалы, которые при статическом действии нагрузок оказывались пластичными, при действии ударных нагрузок работают как хрупкие.

Детали, полученные по режимам высокотемпературной термомеханической обработки, по прочности и долговечности превосходят серийные в 1,3...2 раза. Спицы колесно-пальцевых граблей, изготовленные из стали 65Г, после обработки по режимам режимам высокотемпературной термомеханической обработки, имеют оптимальные свойства после нагрева под закалку до температур 840...900 °С, степени деформации 25...40 % и температуре отпуска 170...220 °С.

Наиболее приемлемой сталью для изготовления деталей, испытывающих динамические нагрузки в условиях абразивного изнашивания, является сталь 40ХС. Далее по степени применимости идут стали 40Х, 65Г, 30ХГСА, 45, Л53.

Прочность носовой части лемеха в значительной мере зависит от метода его упрочнения: наплавкой твердым сплавом или закреплением на носке цельной пластины, стальной, чугуновой или керамической.

Заключение

1. Повышением ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин предприятия-изготовители не занимаются, что приводит к большим финансовым и трудовым потерям в сфере производства и технической эксплуатации

2. Ремонт, основанный на простой замене изношенных деталей новыми, не может обеспечить ни качество, ни экономическую эффективность. Заводы, которые выпускают запасные части для почвообрабатывающих машин, существенно ухудшили их качество, и систематически допускают нарушения технологии упрочнения, то

есть производят без термообработки и упрочнения рабочей поверхности.

3. Показаны способы упрочнения и материалы для изготовления рабочих органов почвообрабатывающих машин с повышенными эксплуатационными характеристиками.

4. Эффективным методом повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин является наплавка износостойким чугуном.

Список использованной литературы

1. Антонишин Ю.Т. Пластическая деформация чугуна.-Мн.: Навука і тэхніка, 1991. – 119 с.

2. Колпаков, А.В. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин науглероживанием угольным электродом /А.В. Колпаков // Техника в сельском хозяйстве 2008 - №1.— С.42.

3. Кондратьев Е.Т., Кондратьев В.Е. Восстановление наплавкой деталей сельскохозяйственных машин.-М.: Агропромиздат., 1989.

4. Сидоров, С.А. Повышение ресурса почворежущих органов наплавочными сплавами / С.А. Сидоров, А.И. Сидоров //Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2003.— №9.— С.20—22.

УДК 372.881.

А.Г. Вабищевич, к.т.н., доцент;

Н.Н. Стасюкевич; В.В. Маркевич; ст. преподаватели;

Д.С. Пращеник, ассистент; А.Н. Стасюкевич, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет»*

г. Минск, Республика Беларусь

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ САПР SOLID-WORKS ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Введение

Среди множества САПР различного уровня, SolidWorks (SW) занимает среднее (промежуточное) положение. Если требуется вы-

брать САПР закрывающую большинство вопросов проектирования и производства и не переплачивать, то лучше SW не найти. Она золотой серединой.

1 Новые возможности САПР SW.

SW - мощное средство твердотельного параметрического проектирования, ядро интегрированного комплекса автоматизации предприятия, с помощью которого осуществляется поддержка изделия на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) в полном соответствии с концепцией CALS-технологий. Основное назначение SW - это обеспечение **сквозного** процесса проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения, включая создание интерактивной документации и обеспечение обмена данными с другими системами [1].

SW - система проектирования, базирующаяся на параметрическом геометрическом ядре **Parasolid**. Создана для использования на ПЭВМ под управлением ОС Microsoft Windows. Разработчик – «SolidWorks Corporation» США. И хотя SW условно и относится к среднему классу, в отличие от своих «одноклассников» имеет ряд подсистем присущих верхнему классу.

На сегодняшний день одно из главных нововведений SW - это работа в **«облачной» среде** («облачная» технология), позволяющей работу на разных платформах, использование серьезных вычислительных мощностей и, упрощенный обмен данными между пользователями и как следствие:

- Более интенсивное использование содержимого онлайн каталога SW **3D ContentCentral** - это бесплатная служба для поиска настройки загрузки и заказа 3D моделей деталей и сборок двухмерных блоков библиотечных элементов и макросов. Вы можете вступить в это сообщество, объединяющее более миллиона пользователей, которые загружают и выкладывают собственные модели от сертифицированных поставщиков и другие материалы.

- Возможность поиска по части, не беспокоясь о том, на каком диске или URL находится все содержимое.

- Унифицированная среда моделирования, обеспечивающая работу в едином стиле с деталями, сборками и чертежами, более эффективное проектирование в стиле **«сверху-вниз»**.

- Жизненно-реалистичное («**difelike**») моделирование - объекты в процессе редактирования ведут себя приближенно к реальной жизни: деформируются, смещаются непосредственно в редакторе, без необходимости вызова отдельных подсистем симуляции.
- Мгновенное отображение даже очень сложных моделей через Internet (в «облаке» вычисляется картинка, которую и передают пользователю, без передачи основных данных).
- Вычисление ЦМХ деталей и сборок непосредственно в процессе редактирования, в фоновом режиме.
- Радикальное повышение надежности и защиты от сбоев системы и оборудования благодаря хранению моделей не на локальной машине, а в распределенном «облаке».
- SW включает в себя большое количество трансляторов, как нейтральных: *IGES (*.iges)*; *ACIS (*.sat)*; *STL (*.stl)*; *STEP (*.step, *.stp)*; *VDAFS (*.vda)*; *VRML (*.wrl)*; *Parasolid (*.x_t, *.x_b, *.xmt_txt, *.xmt_bin)*, так и для прямого импорта данных из популярных CAD-систем: *AutoCad (*.dxf, *.dwg)* и других.

Ускорение работы системы. Разработчики SW постоянно трудятся в этом направлении, оптимизируя все ее элементы. Однако общая производительность системы - это не только скорость обчета модели или выполнения дисковых операций. Она зависит и от оптимизации выполнения типовых проектных процедур, и от сокращения объема взаимодействия пользователя с системой, необходимого для получения результата из одного и того же набора исходных данных. На общую производительность влияют и объем вычислений, необходимых для выполнения работы и минимизация обработки паразитных данных.

В среднем SW стал быстрее, более чем в два раза - и это без учета некоторых принципиально новых новинок для мира САПР!

SW позволяет одновременно работать с тремя типами документов: деталь (*.sldprt); сборка (*.sldasm) и чертеж (*.slddrw).

На рисунке 1 показаны три типа документов, с которыми SW, позволяет работать в интерактивном режиме.

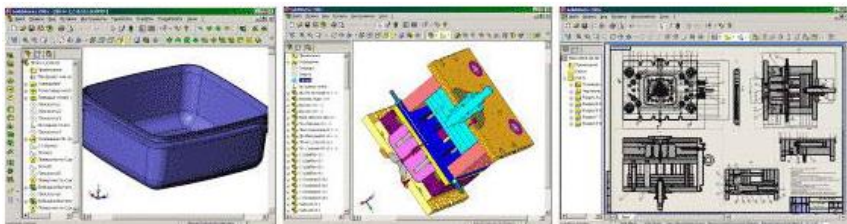


Рисунок 1 - Многооконный режим работы в SW

Инструменты проектирования. В последних версиях SW начали активно развиваться элементы экспертной системы, позволяющие в разы повысить эффективность проектирования. Это инструменты: - *анализа конфликтов эскизов или сопряжений и автоматизированного их решения*; - *мощное средство прямого редактирования геометрии детали - Instant 3D*; - *инструмент автоматического встраивания в то же дерево клонов*. Все они призваны сфокусировать внимание пользователя непосредственно на процессе проектирования, а не на обдумывании последовательности нажатия кнопок и выбора объектов модели, способной привести к уже представленному мысленно результату.

Дополнительные модули (приложения) для SW:

- **Working Model для SW** - «облегченный» модуль MSC Working Model, полностью интегрированный с пакетом SW и предназначен для конструкторов, не владеющими глубокими теоретическими знаниями в области расчетов по МКЭ.

- **Design Works** - комплекс полностью интегрированных в SW систем инженерных расчетов, разработанных фирмой GADSI (США). Включает в себя три программных продукта, которые могут быть приобретены как отдельно, так и в любом сочетании:

- **Design Works/Motion** – модуль для кинематического анализа сборок. К основным возможностям Design Works/Motion относятся: - *автоматическое использование геометрических связей, между деталями в сборке*; - *кинематический и динамический анализ*; - *расчеты координат, скоростей и сил ускорений*; - *анимация сборок в SW*; - *передача результатов расчетов в Design Works/Structure*.

- **Design Works/Structure** – модуль для расчетов на прочность. Design Works/Structure обеспечивает: - *использование твердотельной модели, созданной в SW*; - *автоматическое нанесение сетки по*

МКЭ; - проверку напряжений, перемещений и собственных частот; - контроль сходимости решения;

• **Design Works/Thermal** - модуль для тепловых расчетов, позволяющий проводить расчеты моделей по МКЭ.

2 Пример анализа корпуса плуга созданного в SW.

С целью прочностного расчета корпуса плуга использовалась упрощенная модель, построенная в SW для анализа в подсистеме Altair HyperMesh решателем LS-DYNA SW Simulation (рисунок 2).

Для моделирования связей между компонентами использовались узловые жесткие связи (*nodal_rigid_body*). Для расчета, выдержит ли элемент конструкции корпуса плуга - грядиль, приложенные нагрузки, нет необходимости рассматривать корпус, или пахотный агрегат в целом.

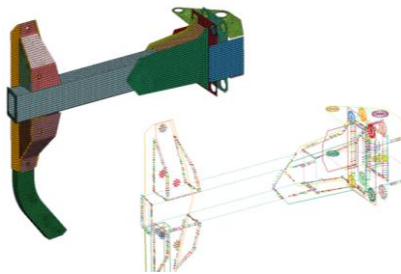


Рисунок 2 - Упрощенная модель грядиля и стойки корпуса плуга

К примеру, можно рассчитать на прочность (на срез) болтовые соединения в местах крепления грядиля корпуса с кронштейном. Были проанализированы два болтовых соединения между компонентами грядиля и кронштейном рамы плуга. «Лишние» компоненты сборки были исключены из расчета, как существенно не влияющие на конечный результат.

Так как, нагрузка на грядиль передается через корпус плуга, который исключен из модели, то для его анализа использовалась дистанционная нагрузка - прямой перенос сил. Это позволяет передать заданные дистанционные силы, действующие на корпус плуга, на выбранные грани отверстий, через которые он крепится к грядилю. Составляющие тягового сопротивления корпуса плуга принимались следующие: $R_x=2000H$, $R_y=600H$ и $R_z=400H$ (рисунок 3).

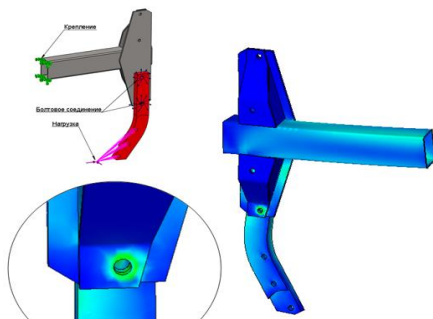


Рисунок 3 - Результат анализа болтового соединения.

Анализа результатов отчета окончательной оценки прочности болтового соединения грядки и стойки в модуле SW Simulation показал, что оба болтовых соединения не соответствуют требованиям на прочность, так, как коэффициент запаса прочности значительно ниже допустимого - 2,5. У верхнего болта он равен 1,53, у нижнего - 0,62.

Следовательно требуется, либо увеличить диаметры болтов, либо использовать материал с более высокими прочностными свойствами.

Заключение

1 SW предназначен для сквозного процесса проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения.

2 Работа в «облачной» среде, позволяет использование SW на различных платформах, более эффективное использование вычислительных мощностей и упрощенный обмен данными.

3 SW нет равных по скорости освоения, благодаря интуитивно понятному интерфейсу. Поддержка русского языка и ЕСКД безусловно предопределяют ее успех в странах СНГ.

3 SW превосходит аналогичные системы по ряду параметров, таких, как совместимость с различными САПР, что позволяет легко внедрять ее в производство и использовать готовые наработки. Среди ноу-хау, не имеющих аналогов на данный момент, можно выделить наборы экспертных систем, входящих в состав SW.

4 Новый запатентован тип меню, вызываемый коротким движением мыши по экрану при нажатой правой клавише, возникающее, кольцо кнопок, которые можно настроить под себя.

5 Рост производительности системы составил более 30%, а отдельных наиболее часто используемых команд - даже на порядки.

6 SW являясь САПР среднего класса, позволяет закрывать большинство вопросов автоматизации проектирования и производства, имея при этом умеренную цену, является золотой серединой.

7 Применение SW Simulation с решателем LS-DYNA, для выполнения инженерного анализа корпуса плуга, позволило выявить и устранить его слабые конструктивные места еще на стадии разработки, а также повысить точность инженерных расчетов.

8 Применение САПР SW позволит существенно повысить качество, сократить сроки проектирования сельскохозяйственных машин, а также выполнение курсовых и дипломных проектов, при использовании ее в учебном процессе.

Список использованной литературы

1. Система автоматизированного проектирования SolidWorks [электронный ресурс] <http://www.solidworks.com/>

УДК 372.881

Н.Н. Стасюкевич; Е.В. Плискевич, ст. преподаватели;

Д.С. Шахрай, ассистент; А.Н. Стасюкевич, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ CAE-СИСТЕМЫ APM WinMachine

Введение

Создание современной техники на этапе ее проектирования не ограничивается лишь его геометрическим моделированием. Без всестороннего инженерного анализа проектируемого объекта невозможно выпускать конкурентоспособную продукцию. Работа

конструктора по проектированию новых, сложных с.х. машин и оборудования сопровождается проведением прочностных, динамических, термодинамических, вибрационных и многих других инженерных расчетов. С появлением САЕ-систем (инженерного анализа) появилась возможность выполнять такие расчеты на реальном трехмерном твердотельном объекте. Использование инструментов САЕ-систем позволяет создавать продукцию, не уступающую лучшим мировым образцам, а в некоторых случаях и даже превосходить их.

Основная часть

APM Winmachine является комплексным программным обеспечением для автоматизированного проектирования деталей машин, механизмов, элементов конструкций и узлов. Она адресована инженерам и конструкторам, занятым разработкой нового и модернизацией существующего механического оборудования.

С помощью Winmachine можно рассчитать свыше 80% деталей машин, используемых в современном машиностроении. Много методов, реализованных в Winmachine, являются уникальными и не имеют аналогов. Winmachine включает современные, эффективные и надежные алгоритмы и программы для расчетов:

- *энергетических и кинематических параметров;*
- *прочности, жесткости и стойкости;*
- *выносливости при сменных внешних нагрузках;*
- *достоверности, надежности и износостойчивости;*
- *динамических характеристик.*

Кроме того, в Winmachine есть набор инструментальных средств расчетов и анализа. Эти средства, а также проектированные детали, в зависимости от назначения разделенные на подсистемы, которые могут функционировать самостоятельно.

Все это образует единый комплекс Winmachine, который составляется из следующих модулей:

Графические средства.

APM Graph - двумерный графический редактор, который можно с успехом использовать для оформления графической части кон-

структурской документации в различных областях техники, науки, в архитектуре и строительстве. Модуль имеет стандартный набор инструментов для оформления чертежей, а также инструменты параметризации объектов и расчетов размерных цепей.

APM Studio - модуль моделирования и импорта (поддерживается импорт из формата STEP) трехмерных поверхностных и твердотельных моделей с инструментами указания опор и приложения различных нагрузок и встроенным генератором разбиения на конечно-элементную сетку. Основное назначение модуля - подготовка смоделированной или импортированной геометрии к конечно-элементному анализу в модуле **APM Structure3D**.

Конечно-элементный анализ.

Модуль **APM Structure3D** предназначен для расчета напряженно-деформированного состояния стержневых, пластинчатых, оболочечных и твердотельных конструкций, а также их произвольных комбинаций. APM Structure3D организован таким образом, что в его рамках можно рассчитать все многообразие существующих конструкций, собирая их из вышеперечисленных макроэлементов. Конструкции и их элементы могут быть импортированы в редактор конструкций через DXF-формат из 2D и 3D графических редакторов или напрямую через модуль APM Studio с подготовленной конечно-элементной сеткой и вариантами закрепления и нагружения. Внешняя нагрузка, так же как и условия закрепления конструкции, могут быть произвольными как по характеру, так и по местоположению.

Модуль **APM Dynamics** предназначен для кинематического анализа рычажных механизмов. Результатами расчета модели являются траектории перемещения, графики скоростей, ускорений, силовых факторов в узловых точках и анимация работы механизма.

С помощью модуля **APM Beam** можно выполнить расчет балки и подбор наиболее подходящего поперечного сечения. Кроме того, в модуле имеется возможность провести методом начальных параметров комплекс динамических расчетов, предусматривающий

определение частот собственных колебаний и собственных форм балки.

Инженерный анализ.

APM Bear - модуль расчета и проектирования неидеальных подшипников качения. В APM Bear выполняется комплекс проверочных расчетов шариковых и роликовых подшипников, когда по известной геометрии подшипника рассчитываются его выходные характеристики. При определении выходных характеристик применяются оригинальные аналитические и численные подходы, а также методы математического моделирования, что дает возможность представить результаты расчета этих параметров и величины их статистического рассеяния в удобном для пользователя виде (таблица, график, гистограмма, анимация).

APM Shaft - модуль проектирования валов и осей. Модуль APM Shaft позволяет выполнить весь цикл проектирования валов и осей, начиная от разработки конструкции и заканчивая статическим и динамическим анализом. По итогам анализа вала и его доработки (в случае необходимости) модуль генерирует чертеж вала.

APM Trans - модуль проектирования и проверки механических передач вращения. С помощью модуля APM Trans можно выполнить комплекс конструкторских и технологических расчетов (как проектировочных, так и проверочных) передач вращательного движения, а также в автоматическом режиме получить рабочие чертежи основных деталей этих передач.

APM Drive - модуль автоматизированного проектирования привода вращательного движения произвольной структуры. Процесс проектирования привода вращательного движения произвольной структуры с использованием модуля APM Drive сводится к заданию кинематической схемы в специальном редакторе, вводу исходных данных всего редуктора и последующему расчету, а также анализу и корректировке полученных результатов. Модуль работает совместно с модулями расчета зубчатых передач **APM Trans**, валов и осей **APM Shaft**, а также модулем расчета подшипников качения **APM Bear**. Дополнительно в расчете используется

база данных стандартных узлов и элементов деталей машин **APM Mechanical Data**, а для получения сгенерированных чертежей проектируемых элементов привода применяется графический редактор **APM Graph**.

APM Spring - модуль проектирования упругих элементов машин. С помощью модуля можно производить проектировочные и проверочные расчеты, а также расчеты по ГОСТ 13765–86 и получать чертежи рассчитанных деталей. Под проектировочным расчетом понимают определение геометрических размеров упругих элементов по известным значениям внешних сил и деформаций. Проверочный расчет позволяет определить запасы прочности упругих элементов в зависимости от их геометрических размеров. При выборе расчета по ГОСТ 13765–86 программа выбирает по заложенной методике несколько вариантов стандартных пружин, соответствующих исходным данным.

APM Joint - модуль проектирования соединений элементов машин. Модуль позволяет выполнить комплексный расчет и анализ соединений, которые наиболее часто используются в машиностроении. Применение модуля при разработке новых изделий значительно сократит время их проектирования, повысит надежность их расчета и позволит выбрать из множества вариантов рациональные значения параметров.

APM Plain - модуль проектирования и расчета подшипников скольжения. С помощью этого модуля можно рассчитать основные характеристики подшипников и выбрать оптимальные конструкции подшипниковых узлов.

APM Cam - модуль проектирования кулачковых механизмов. Модуль рассчитывает профиль кулачка, определяет законы изменения углов давления по углу поворота кулачка, анимирует работу механизма и генерирует рабочий чертеж кулачка.

Модуль позволяет также выполнить весь комплекс необходимых проверочных расчетов кулачковых механизмов.

APM Screw - модуль проектирования неидеальных винтовых передач. С помощью **APM Screw** могут быть рассчитаны наиболее широко распространенные типы винтовых передач: винтовая передача скольжения, шариковая винтовая передача и планетарная винтовая (роликовая винтовая) передача. Модуль предназначен для

комплексного анализа винтовых передач и расчета их основных параметров.

Технологическая подготовка производства.

APM Technology - модуль проектирования технологических процессов.

С помощью APM Technology можно:

- *разрабатывать технологические процессы, используя справочные данные, базы данных оборудования и технологической оснастки;*
- *выполнять расчеты режимов обработки и норм времени;*
- *оформлять технологическую документацию (маршрутные и операционные карты, карты технологических процессов, карты эскизов).*

APM Calculation Instrument - модуль, предназначенный для выполнения инженерных (конструкторских и технологических) расчетов. Вместе с модулем поставляется **APM Technology Calculation** - база стандартных технологических расчетов, выполняемых при проектировании технологических процессов. В модуле также предусмотрена возможность добавления собственных расчетных программ (алгоритмов расчетов).

Базы данных.

В состав комплекса APM WinMachine входят следующие базы данных:

- ***APM Mechanical Data*** - база данных стандартных деталей и узлов, справочных данных по общему машиностроению.
- ***APM Technology Data*** - база стандартных информационных данных для проектирования технологических процессов.
- ***APM Material Data*** - модуль хранения и редактирования параметров материалов.

Работа с существующими базами данных проходит в модуле создания и редактирования баз данных - **APM Base**.

APM Base содержит необходимый функционал для поиска, редактирования и расширения информационного массива выше перечисленных баз данных или составления собственных [1; 2].

Заключение

Применение APM Winmachine и в частности подсистемы APM FEM интегрированной в САПР КОМПАС-3D позволит повысить точность инженерных расчетов, сократить сроки и затраты на проектирование с.х. техники, качество курсового и дипломного проектирования в учебном процессе.

Список использованной литературы

1. НТЦ «АПМ». Оптимальное решение в строительстве и машиностроении [электронный ресурс] <http://apm.ru/>
2. Ганин Н.Б. Проектирование и прочностной расчет в системе КОМПАС-3D V13. - М.: Изд-во ДМК-Пресс, 2011. - 320 с.: ил.

УДК 721.021.2

**Н.Н. Стасюкевич; В.В. Носко, ст. преподаватели;
Д.С. Шахрай, ассистент; А.Н. Стасюкевич, студент**
*УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕН- НЫХ МАШИН ИЗ ЛИСТОВОГО СОРТАМЕНТА В САПР «КОМПАС-3D»

Введение

С развитием современных САПР существенно изменился и подход к проектированию. Если ранее инженер работал в двумерном пространстве и вынужден был воплощать свои идеи в плоских чертежах, то теперь у него появилась возможность творить в реальном трехмерном (3D) пространстве, не задумываясь над тем, как вычертить ту или иную проекцию детали.

По мере роста производительности компьютеров, росли и возможности САПР. Большинство современных 3D систем - твердотельные. Такие системы, благодаря введению понятия о материале, его физических свойствах (плотности, теплопроводности и др.) позволяют конструктору нажатием одной кнопки узнать массу, объем, моменты инерции тела вокруг всех его осей, площади

поверхностей и т.д., получить внешний вид, соответствующий данному материалу по текстуре, фактуре и цвету.

Проблемы, возникающие при **не автоматизированном** проектировании деталей с.х. машин из листового материала:

- *трудоемкость выполнения и оформления чертежей деталей;*
- *погрешности при теоретических (графических) расчетах длины развертки, замыкании углов, построении по профилю эскиза открытой и закрытой штамповки на грани листового тела, жалюзи, буртика и других элементов;*
- *низкие наглядность и возможность редактирования чертежа.*

Возможности автоматизированной разработки чертежей деталей из листового материала с использованием САПР:

- *высокая наглядность и редактируемость созданной модели;*
- *минимизация ошибок при построении 3D модели детали;*
- *возможность варьирования параметрами детали, при использовании параметрического режима;*
- *автоматизированное формирование 2D изображений (видов, разрезов/сечений, выносных элементов и др., а главное развертки);*
- *возможность передачи модели в САМ системы.*

Моделирование листовых деталей.

САПР КОМПАС-3D позволяет моделировать различные детали, получаемые из листового материала с помощью гибки [1].

Команды предназначенные для работы с листовыми телами, расположены в меню «Операции», а кнопки для их вызова находятся на панели «Элементы листового тела» (рисунок 1) и позволяют выполнять:

- а - создание листового тела;*
- б - создание листового тела «Обечайка»;*
- в - построение сгиба вдоль ребра листового тела;*
- г - построение сгибов вдоль выбранных ребер листового тела;*
- д - создание сгиба в листовом теле по прямолинейному объекту;*
- е - создание «подсечки» в листовом теле;*
- ж- построение круглого отверстия на грани листового тела;*
- з - построение выреза на грани листового тела;*
- к - добавление пластины к листовому телу;*
- л - замыкание углов двух смежных элементов листового тела;*
- м - разгибание элементов листового тела;*

н - сгибание элементов листового тела;
о - настройка параметров развертки листовых тел;
п - включение/выключение режима развертки листовых тел;
р - построение по профилю эскиза открытой штамповки;
с - построение по профилю эскиза закрытой штамповки;
т - построение жалюзи; *ч* - построение буртика.



а б в г д е ж з к л м н о п р с т ч

Рисунок 1 - Панель «Элементы листового тела»

Создание листового тела начинается с построения первого листового элемента. Для этого можно использовать команду «Листовое тело» (*а*), или «Обечайка» (*б*). Затем к полученному телу добавляются другие листовые элементы: *сгибы* (*в, г, д*), *пластины* (*к*), *отверстия* (*ж*), *вырезы* (*з*) и т.д.

В листовом теле возможно создание и «не листовых» элементов. Так, к нему можно приклеивать формообразующие элементы любого типа - выдавливания, вращения, кинематические, по сечениям, и вырезать формообразующие элементы из листового тела. Кроме этого, к листовому телу можно добавлять конструктивные элементы (*скругления, фаски, ребра, отверстия* и т.п.). К листовому телу (первому листовому элементу), пластинам, отверстиям и вырезам можно применять также любые операции копирования [2]. На рисунке 2 изображена листовая твердотельная 3D модель кронштейна.

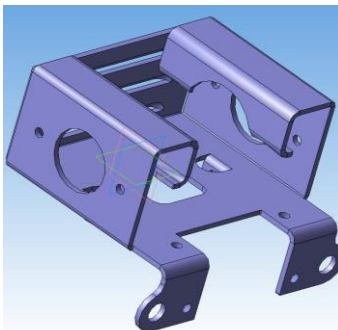


Рисунок 2 - Листовая твердотельная модель кронштейна

Кроме этого САПР КОМПАС-3D позволяет автоматически сгенерировать отчет о модели с помощью команд раздела меню «Информация и диагностика (3D)» (см. таблицу).

Таблица - Массо-центровочные характеристики модели кронштейна

Кронштейн	
Заданные параметры	
Материал	4,0 ГОСТ 19903-74
	Лист-----
	Ст0 ГОСТ 14637-89
Плотность материала	Ro =0.007850 г/мм3
Расчетные параметры	
Масса	M = 4248.332065 г
Площадь	S = 238967.166435 мм2
Объем	V = 541188.798032 мм3
Центр масс	Xc = -0.004957 мм
	Yc = -37.998085 мм
	Zc = 18.754349 мм

Модель кронштейна имеет следующие ЦМХ: масса - 4248гр., площадь - 238967мм²; объем - 541188мм³, а также содержит координаты центра масс относительно координатных осей Xc; Yc и Zc.

На основании полученной 3D модели в автоматическом режиме генерируется ассоциативный чертеж кронштейна с разверткой, который дооформляется согласно требований ЕСКД (рисунок 3).

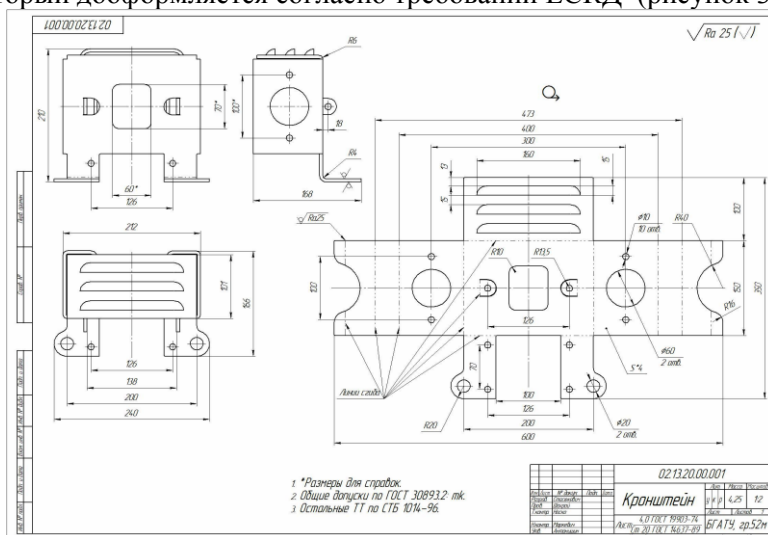


Рисунок 3 – Чертеж кронштейна с разверткой

Длина развертки кронштейна, составляет 600мм, ширина 360мм.

Выводы

1. Основные недостатки не автоматизированного проектирования деталей с.х. машин изготавливаемых из листового сортамента:

- трудоемкость выполнения и оформления чертежей;
- погрешности при теоретических (графических) расчетах параметров и построении видов и разверток;
- низкие наглядность и возможность редактирования чертежа.

2. Применение САПР КОМПАС-3D для моделирования деталей с.х. машин из листового сортамента позволяет:

- автоматизировать процесс расчета и построения модели, оформления чертежа и построения развертки;
- облегчить процесс редактирования модели и чертежа, в т.ч. с использованием параметрического режима;
- повысить производительность, качество и наглядность;
- существенно сократить сроки и затраты на проектирование;
- получить необходимые ЦМХ и другие характеристики детали;
- передавать модель листового тела в САЕ и САМ-системы, для инженерного анализа и изготовления.

Список использованной литературы

1. КОМПАС-3D V15. Руководство пользователя. – СПб.: ЗАО АСКОН, 2014.

2. Стасюкевич Н.Н., Пунько А.И., Гуд А.В., Деменок Н.А., Праженик Д.С., Стасюкевич А.Н. Возможности моделирования листовых деталей сельскохозяйственных машин в САПР КОМПАС-3D V14. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д.А. Чудакову, В.А. Скотникову. Минск. БГАТУ. 2013. – С.351-355.

УДК 631.331

**В.Б. Ловкис, к.т.н., доцент,
Н.Н. Стасюкевич, ст. преподаватель,
Е.В. Плискевич, ст. преподаватель; А.Н. Стасюкевич, студент**
*УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЕВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Введение

Урожайность возделываемых с.х. культур до 20...25% зависит от качества обработки почвы, на обработку и посев которой расходуется около 40% всех энергозатрат в земледелии.

Многократные проходы техники по полю приводят к интенсивному уплотнению пахотных и подпахотных слоев почвы, что приводит к снижению урожайности и повышению энергоемкости обработки почвы [1]. **Значительного эффекта можно добиться созданием агрегатов совмещающих операции, менее энергоёмких орудий, более широким применением гидро- и электроприводов для машин с активными рабочими органами.**

В настоящее время опыт применения комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов, почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами во многих зарубежных странах, а так же странах СНГ и Республике Беларусь, доказал их высокую экономическую эффективность. Большой интерес к ним, несмотря на высокую стоимость, объясняется высоким качеством обработки почвы, достигаемым за один проход агрегата, сокращением агротехнических сроков и снижения обобщенных затрат на производство с.х. продукции [2].

Основная часть

Обоснование технологической схемы посева овощных культур. Технология посева овощных культур предусматривает такие операции, как: основная обработка почвы, нарезка и профилирование гребней, посев и прикатывание посевного ложа [3].

На рисунке 1 представлена предлагаемая технологическая схема

посева овощных культур, которая предполагает: подготовку почвы с применением фрезы почвообрабатывающей с активными рабочими органами - 1, формирование гребней гребнеобразователем – 3 и профилирующими барабанами - 4, посев овощных культур сеялкой – 5 и уплотнение посевного ложа прикатывающими колесами - 6.

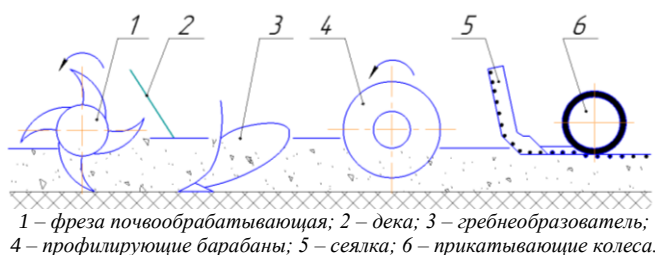


Рисунок 1 – Схема технологическая посева овощных культур

Обоснование выбора типа фрезы. Как упоминалось ранее, почвообрабатывающие орудия с активными рабочими органами являются наиболее эффективными [2]. Поэтому остановим свой выбор на почвообрабатывающих фрезах. Фрезы с активными рабочими органами подразделяются на два типа: с вертикальной и горизонтальной осями вращения рабочих органов. Фрезы с горизонтальной осью вращения по способу фрезерования (направлению вращения ножей) в свою очередь подразделяются на:

1. *встречного* фрезерования - когда движение ножей, срезающих стружку почвы, совпадает с направлением поступательного движения фрезы;

2. *попутного* фрезерования - когда движение ножей, противоположно направлению поступательного движения фрезы.

Так, как попутное движение ножей при плоскопараллельном перемещении фрезы является наименее энергоемким, выберем его за основное [2; 4].

Обоснование схемы и параметров узкопрофильных гряд.

Выращивание овощных культур имеющих большую надземную массу или мощное корневище, является наиболее приемлемым с агро-технологических требований на узкопрофильных грядках с междурядьем 700мм, при колее трактора 1400мм, имеющих трапециевидную форму, при: ширине сверху 200мм, у основания 300мм и высоту до 120мм (рисунок 2) [3].

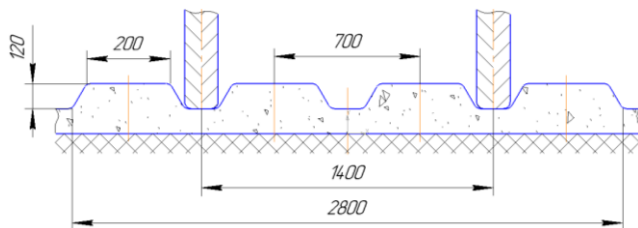


Рисунок 2 - Схема узкопрофильной гряды

Обоснование схемы комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата.

Для обеспечения мобильности и маневренности, например при работе на небольших участках, в теплицах, необходимо, чтобы орудия почвообрабатывающе-посевного агрегата были навесными.

С целью рационального использования сцепного веса и загрузки двигателя, предлагается почвообрабатывающую фрезу с гребнеобразователем навесить на переднее, а профилирующие барабаны и сеялку на заднее навесное устройство (НУ) трактора.

С учетом максимально допустимой нагрузки на переднее НУ, которая для тракторов класса 1,4 составляет не более 600кг, с целью ее уменьшения, вместо гребнеобразователя - 3 (рисунок 1) для нарезки гребней можно использовать специальную деку гребнеобразователь с профилем гребней (рисунок 3).

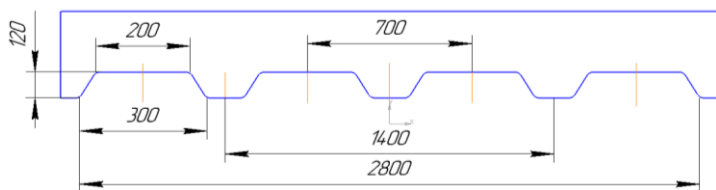


Рисунок 3 – Дека гребнеобразователь.

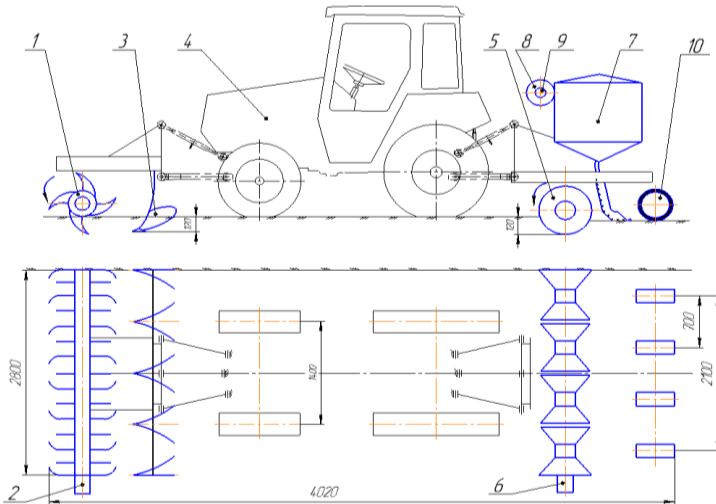
Применение гидропривода фрезы и других рабочих органов, так же позволит значительно снизить массу и энергоёмкость агрегата.

Ширина захвата разрабатываемого агрегата определялась с учётом удельной энергоёмкости процесса обработки почвы, тягового класса трактора в диапазоне рабочих скоростей, обеспечивающих требуемое качество обработки с учётом номинальной мощности двигателя. Рациональная ширина захвата агрегата при агрегатировании с тракторами класса 1,4 составляет

2,8 м [2; 4-6].

Конструктивно-технологическая схема комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата (рисунок 4) состоит из следующих составных частей: фрезы почвообрабатывающей с активными рабочими органами - 1; гребнеобразователя - 3; трактора - 4; профилирующих барабанов - 5; сеялки пневматической - 7 с вентилятором - 8; прикатывающих колес - 10 и гидроприводов - 2, 6 и 9.

Технологический процесс работы предлагаемого комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата (рисунок 4) заключается в следующем: передненавесные: фреза с активными рабочими органами - 1 приводимая в движение гидроприводом - 2 рыхлит почву, гребнеобразователь - 2 нарезает гребни высотой 120мм. Задненавесные: профилирующие барабаны - 5 приводимые в движение гидроприводом - 6 профилируют гребни; сеялка пневматическая - 7 привод пневмовентилятора - 8, которой осуществляется гидроприводом - 9 производит высев семян в гребни, прикатывающие колеса - 10 уплотняют семенные ложа.



- 1 - фреза почвообрабатывающая; 2 - гидропривод фрезы; 3 - гребнеобразователь;
4 - трактор; 5 - профилирующие барабаны; 6 - гидропривод профилирующих барабанов;
7 - сеялка пневматическая; 8 - вентилятор; 9 - гидропривод вентилятора;
10 - прикатывающие колеса

Рисунок 4 – Конструктивно-технологическая схема комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата

С целью повышения производительности при возделывании овощных культур, годовой загрузки тракторов классов 2,0...3,0 и выше, следовало бы разработать под них новый шлейф машин с учетом их колеи, размеров шин и других параметров, для более широкого использования тракторов данных классов.

Заключение

Использование технологии раздельной обработки почвы и посева приводит к чрезмерному уплотнению почвы, увеличению агро-сроков, снижению урожайности, увеличению затрат и стоимости продукции в конечном счете.

Применение комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов позволит осуществлять посев овощных и других культур за один проход, что позволит снизить уплотнение почвы.

Применение почвообрабатывающих орудий (фрез) с активными рабочими органами (в т.ч. в комбинированных агрегатах) позволит повысить качество обработки почвы.

Схемы комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов с передне- и задненавесным расположением орудий и машин позволяют увеличить сцепной вес, за счет его равномерного распределения между передними и задними колесами и тем самым повысить рациональную загрузку двигателя трактора.

Применение гидропривода рабочих органов позволит снизить материалоемкость и повысить качество технологического процесса, за счет большего диапазона регулировок режимов работы.

С целью повышения эффективности возделывания овощных культур, годовой загрузки тракторов классов 2,0...3,0 и выше, необходимо разработать под них новый шлейф машин с учетом их параметров.

Список использованной литературы

1. Орда А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, – Мн.: БАТУ, 1996. – 256с.
2. Азаренко В.В., Бакач Н.Г., Клыбик В.К. Почвообрабатывающие агрегаты с активными рабочими органами и их применение в Республике Беларусь: Аналит. обзор/ Бел. ин-т внедрения новых

форм хозяйствования в АПК. – Мн., 2001. – 24 с.

Аутко А.А. Технологии возделывания овощных культур. «Классико-Принт». - Мн., 2001. – 271с.

4. Яцук Е.П., Панов И.М., Марченко О.П. и др. Ротационные почвообрабатывающие машины// - М.: Машиностроение, 1971. - 256с.

5. Справочник по эксплуатации машинно-тракторного парка/ С.А. Иофинов, Э.П. Бабенко, Ю.А. Зуев; Под общ. ред. С.А. Иофинова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 272 с.

6. Новиков А.В., Шило И.Н., Непарко Т.А.. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства: Учебник / - ил. Издательство: НИЦ Инфра-М, Нов. Знание. Серия: Высшее образование, 2015г. - 512с.

УДК 631.3.01

**Е.В. Плискевич, ст. преподаватель, Н.Н. Стасюкевич,
ст. преподаватель, А.Н. Стасюкевич, студент**
*УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ГИДРОПРИВОД КОМБИНИРОВАННЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ-ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ С АКТИВНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

В настоящее время в Республике Беларусь при возделывании сельскохозяйственных культур применяют почвообрабатывающие машины с активными рабочими органами (фрезы или ротационные бороны). Этот тип машин создаёт мелкокомковатую структуру почвы за счет послыйного отрезания стружки от почвенного массива, интенсивного крошения и перемешивания рабочими органами. Поэтому они нашли широкое применение при предпосевной обработке почвы.

Почвообрабатывающие машины с активными рабочими органами нашли свое применение на тяжёлых и средних по механическому составу почвах. Машины данного типа отличаются высокое качество крошения обработанного слоя почвы на полях с любым меха-

ническим составом, а также возможность увеличения периода их использования. Увеличение периода использования фрезерных культиваторов связано с обеспечением требуемого качества обработки как в более ранние сроки при повышенной влажности, так и в более поздние при низком ее содержании, что невозможно выполнить машинами с пассивными рабочими органами.

Среди почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами широкое применение получили ротационные бороны с вертикальной осью вращения фрезы. Популярность таких машин обусловлена тем, что они имеют меньшую энергоёмкость по сравнению с фрезами с горизонтальной осью вращения. Рабочие органы ротационных борон формируют ровное дно борозды и хорошо выравнивают поверхность почвы.

Применение фрезерных орудий с горизонтальной осью вращения рабочих органов исключает полное переуплотнение дна обрабатываемого слоя. Данное явление связано с тем, что с обеих сторон от рабочих органов почва крошится от распространяемого ими волн деформации почвенного пласта. При этом почвенные элементы отрываются от нижележащего массива, не нарушая в нём структуру пор и капиллярных каналов.

Таким образом, применение почвообрабатывающих машин с горизонтальной осью вращения активных рабочих органов при подготовке почвы под посев обеспечивает более благоприятные условия для прорастания и дальнейшего развития семян по сравнению с ротационными боронами.

Сроки выполнения операций предпосевной обработки почвы должны быть максимально сокращены. Временной интервал между предпосевной обработкой и посевом должен быть минимальным, чтобы семена укладывались во влажную почву, а сорняки в своем развитии не обгоняли культурные растения.

В этой связи все большее применение находят высокопроизводительные комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты, совмещающие за один проход по полю все операции предпосевной обработки почвы и посев. Применение таких агрегатов обеспечивает, кроме выполнения агротехнических требований, по-

вышение производительности труда и снижение расхода топлива по сравнению с машинами, выполняющие эти операции отдельно.

Предлагается схема компоновки почвообрабатывающе-посевного агрегата, включающая фрезу с горизонтальной осью вращения и гребнеобразователь, навешиваемые спереди на энергетическое средство, и посевной агрегат с одновременным формированием узкопрофильных гряд для посева овощных культур.

Конструктивная схема комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата (рисунок 1) состоит из следующих составных частей: фреза почвообрабатывающая 1, гребнеобразователь 3, трактор 4, профилирующие барабаны 5, сеялка пневматическая 7, прикатывающие колеса 10.

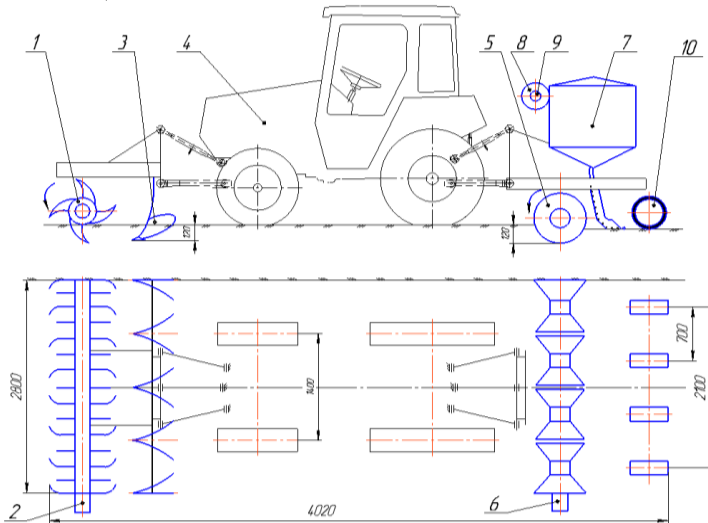


Рисунок 1 - Конструктивная схема комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата:

- 1 - фреза почвообрабатывающая; 2 - гидропривод фрезы; 3 - гребнеобразователь; 4 - трактор; 5 - профилирующие барабаны; 6 - гидропривод профилирующих барабанов; 7 - сеялка пневматическая; 8 - вентилятор; 9 - гидропривод вентилятора; 10 - прикатывающие колеса.

Привод активных рабочих органов, навешиваемых спереди энергетических средств (тракторов класса 1,4) обычными, механическими передачами, несколько затруднителен. В данном случае предлагается использовать гидравлический привод, позволяющий

осуществлять передачу механической энергии посредством жидкости в независимости от пространственного расположения рабочего органа.

В последнее время гидропривод получает самое широкое распространение на сельскохозяйственных машинах различного назначения. Имеются полностью и частично гидрофицированные сельскохозяйственные машины, где объемный гидропривод сочетается с механическим.

К основным преимуществам гидропривода относятся:

- возможность универсального преобразования механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки;
- простота управления и автоматизации;
- простота предохранения приводного двигателя и исполнительных органов машины от перегрузок;
- широкий диапазон бесступенчатого регулирования скорости выходного звена;
- большая передаваемая мощность на единицу массы привода.

Для предлагаемой схемы почвообрабатывающе-посевного агрегата применяем полную гидрофикацию привода рабочих органов.

Схема гидропривода представлена на рисунке 2.

Для привода агрегатов сельскохозяйственной машины вращательного действия используются гидромоторы, при этом определяется крутящий момент $M_{схм}$ и частота вращения $n_{схм}$ выходных валов рабочих органов машины.

Для гидромашин вращательного действия должно соблюдаться условие

$$M_{схм} \leq M_m, \quad (1)$$

где M_m - крутящий момент, развиваемый гидромотором, Н·м.

При непосредственном соединении гидромотора с рабочим валом машины необходимо соблюдать следующее условие

$$n_{m.min} \leq n_{схм} \leq n_{m.max}, \quad (2)$$

где $n_{m.min}$ - минимальная частота вращения вала гидромотора;

$n_{m.max}$ - максимальная частота вращения вала гидромотора.

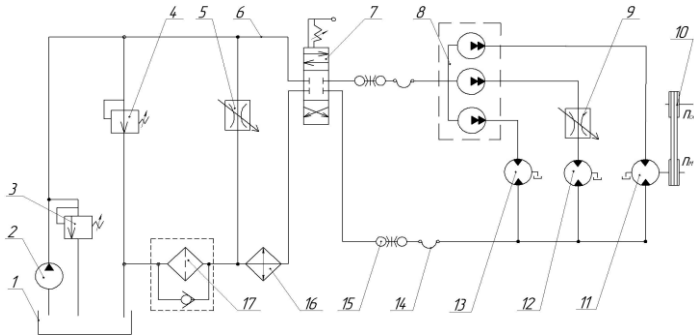


Рисунок 2 – Схема гидропривод рабочих органов комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата:

- 1 - гидробак; 2 - насос; 3 - клапан предохранительный; 4 - клапан переливной; 5 и 9 - дроссели; 6 - гидролинии; 7 - распределитель гидравлический; 8 - делитель потока; 10 - механическая передача; 11, 12 и 13 - гидромоторы; 14 - резинометаллический рукав высокого давления (РВД); 15 - муфта быстросъемная; 16 - теплообменник (радиатор); 17 - фильтр

Для привода фрезы и профилирующего барабана принимаем гидромоторы серии МГП, которые способны создавать крутящий момент $150...540 \text{ Н}\cdot\text{м}$ и работать с частотой вращения $0,2...800 \text{ с}^{-1}$.

Для обеспечения требуемой частоты вращения выходного вала сельскохозяйственной машины на гидромотор необходимо подать расход жидкости Q_m , который определяется по формуле

$$Q_m = \frac{q_{o.m} \cdot n_{c.xm}}{\eta_{o.m}}, \quad (3)$$

где $q_{o.m}$ - рабочий объем гидромотора;

$\eta_{o.m}$ - объемный к.п.д гидромотора.

При частоте вращения фрезы $5...6 \text{ с}^{-1}$ регулирование подачи расхода жидкости на гидромотор 13 осуществляется дросселем 5. Частота вращения профилирующего барабана составляет $1...1,5 \text{ с}^{-1}$, поэтому перед гидромотором 12 устанавливаем дроссель 9.

Для создания требуемого крутящего момента на валу сельскохозяйственных машин необходимо подавать давление Δp_m , определяемое по формуле

$$\Delta p_m = \frac{M_{c.xm}}{0,159 q_{o.m} \cdot \eta_{m.m}}, \quad (4)$$

где $\eta_{\text{м.м}}$ - механический к.п.д. гидромотора.

Величина подаваемого давления, для обеспечения крутящего момента в пределах 180...230 Н·м, регулируется клапаном переливным 4. Вращение вентилятора пневматического высевающего аппарата сеялки находится в пределах 50...70 с⁻¹. Серийные гидромоторы такую частоту вращения обеспечить не могут. Следовательно, необходимо использовать механическую передачу от вала гидромотора к вентилятору.

При передаче крутящего момента на входной вал рабочей машины через механическую передачу, которая увеличивает частоту вращения, следует использовать зависимости

$$i_p = \frac{n_m}{n_{\text{схм}}}, \quad (5)$$

$$i_p = \frac{M_{\text{схм}}}{M_m \cdot \eta_p}, \quad (6)$$

где η_p - механический к.п.д. редуктора.

Для привода вентилятора применяем гидромотор серии ГМШ, обеспечивающий частоту вращения 8...32 с⁻¹ и крутящий момент 13,5...108 Н·м, с использованием клиноременной передачи.

Для распределения потока жидкости по гидромоторам используется делитель потока серии МШД.

Использование гидравлического привода активных рабочих органов почвообрабатывающе-посевного агрегата позволит сократить металлоемкость, обеспечит надежную защиту исполнительных органов, бесступенчато регулировать параметры гидромоторов, что позволит эксплуатировать агрегат в различных почвенно-климатических условиях с высокими технико-экономическими показателями.

Список использованной литературы

1. Новиков А.В., Шилов И.Н., Непарко Т.А. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства: Учебник / – ил. Издательство: НИЦ Инфра-М, Нов. Знание. Серия: Высшее образование, 2015 г. - 512с.

2. Гидропривод сельскохозяйственной техники: пособие / Минсельхозпрод РБ, УО "БГАТУ", Кафедра гидравлики и гидравлических машин; [сост.: В. С. Лахмаков, В. И. Лаптев, Е. В. Плискевич, Д. Г. Зубович]. - Минск: БГАТУ, 2009. - 164с.

УДК 631.373

**С.В. Крылов, к.т.н., доцент, В.В. Носко, ст. преподаватель,
Л.А. Абрамчик, ст. преподаватель, А.К. Бутько, студент**
*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПРИЦЕПОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Введение

Успешное ведение сельскохозяйственной деятельности невозможно без соблюдения довольно жестких агросроков проведения полевых работ. Одной из значимых причин срыва агросроков является поломка сельскохозяйственной техники, которая как показывает практика может возникнуть из-за неправильной эксплуатации данной техники. Одним из примеров является перегрузка как специальных так и обычных прицепов используемых в сельском хозяйстве. Она возникает вследствие не учёта нашей специфики. Трактористам платят за количество перевезённого груза, поэтому они стараются максимально загрузить прицеп и идут на различные ухищрения и значительно перегружают прицеп, что не учитывается при его разработке. Такой перегруз прицепа естественно ведёт к его поломке.

Основная часть

У серийно выпускаемого специализированного полуприцепа ПС-60 согласно ТУ следующие основные характеристики:

- грузоподъёмность - не более 14 тонн;
- вместимость кузова - 55 м³;
- агрегатирование - класс трактора 3...5;
- привод - от гидросистемы трактора.

Исходя из грузоподъёмности и вместимости кузова очень просто определить какую насыпную плотность (ρ_n) мы получим

$$\rho_n = \frac{M}{V} \cong 0,25 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}. \quad (1)$$

Такая плотность ниже минимального предела $0,3 \text{ т/м}^3$ насыпной плотности свежескошенной травы. Если учесть, что вместимость кузова - 55 м^3 это явно завышенная оценка, а реально вместимость составит примерно около 50 м^3 , тогда насыпная плотность будет

$$\rho_n \cong 0,28 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}. \quad (2)$$

Если взять верхний предел насыпной плотности свежескошенной травы $\rho_n=0,4 \text{ т/м}^3$, тогда масса груза составит

$$M=\rho_n V=0,4 \cdot 50=20 \text{ т.}$$

Это примерно в 1,4 раза превышает допустимую грузоподъёмность полуприцепа ПС-60. Очевидно, что средняя объёмная плотность в прицепе, может превышать верхнее значение насыпной плотности, так в силосных хранилищах при трамбовке на глубине плотность силоса может достигать 1 т/м^3 согласно исследований выполненных в ЦНИИМЭСХ. Поэтому реальное превышение грузоподъёмности, может значительно превышать ранее рассчитанное значение в 1,4 раза.

Простого решения данного вопроса для разработчиков прицепов сельскохозяйственного назначения нет, так как любой прицеп, даже специализированный используется в хозяйствах для перевозки совсем различных грузов в том числе и по насыпной плотности.

В протоколе приёмочных испытаний полуприцепа специального ПС-60 №127-2005 зафиксировано, что он использовался не только на перевозке измельчённой массы травы но так же на перевозке озимой соломы. В первом случае масса груза составила 13,5 тонн, а во втором 2,53 тонн. Поэтому разработчикам прицепов приходится искать компромиссные решения. Эта

проблема довольно старая, поэтому для её преодоления многие разработчики предлагают создать универсальную платформу, а кузова сделать съёмными. В Республике Беларусь такие прицепы разрабатывает РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [1].

Одним из наиболее простых решений данной проблемы является разработка надставных бортов на уже эксплуатируемые в хозяйствах прицепы. Наиболее очевидно, такой модернизации может быть подвергнут погрузчик-транспортёрщик рулонов, т.е. когда он не загружен на перевозке рулонов, его можно использовать на перевозке кормовых культур. Для этого необходимо определить на какую высоту мы можем увеличить борта исходя из грузоподъёмности.

Основные характеристики погрузчика-транспортёрщика рулонов ТП-10:

- грузоподъёмность - 9 тонн;
- агрегатирование - тракторы кл.2,0;
- привод - от гидросистемы трактора.

Вертикальный разрез кузова ТП-10 близок к трапеции, будем считать, что и надставные борта будут продолжением основных бортов и сохраняют форму трапеции. Для пояснения обозначений в представленных расчётах представим вертикальный разрез кузова на рис.1.

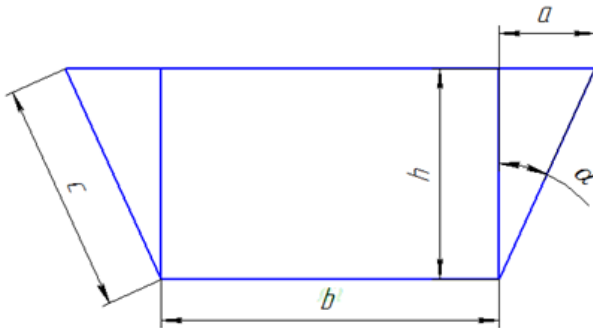


Рисунок 1 – Вертикальный разрез кузова

Как известно из геометрии площадь трапеции равна полусумме оснований на высоту. Очевидно, что из конструкции

ТП-10 нам известны лишь размеры нижнего основания (b) и угол (α) из-за того, что мы надставляем борта и необходимо определить до какой высоты мы их можем увеличить. Для расчёта необходимо верхнее основание выразить через высоту (h) и угол (α)

$$a = h \times \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

тогда общая длина верхнего основания будет равна

$$b + 2a = b + 2h \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

Тогда площадь трапеции (S) равна

$$S = \frac{b + b + 2h \operatorname{tg} \alpha}{2} h. \quad (5)$$

Объём кузова (V) будет равен

$$V = S \times l = \frac{2b + 2h \operatorname{tg} \alpha}{2} hl, \quad (6)$$

где l – длина кузова, м.

Грузоподъёмность будет тогда следующей

$$M = V \rho, \quad (7)$$

где ρ – объёмная плотность перевозимого материала.

Следовательно

$$V - \frac{M}{\rho_0} = 0 \quad (8)$$

$$l \operatorname{tg} \alpha h^2 + lbh - \frac{M}{\rho} = 0. \quad (9)$$

Получили квадратное уравнение, где неизвестным является h .

Уравнение имеет два корня, но у нас $h > 0$ поэтому

$$h = \frac{-bl + \sqrt{(bl)^2 + 4(l \operatorname{tg} \alpha) \cdot \frac{M}{\rho}}}{2l \operatorname{tg} \alpha} \quad (10)$$

Общая длина бортов (C) будет равна

$$C = \frac{h}{\cos \alpha}. \quad (11)$$

Чтобы определить длину надставных бортов (C_n) надо из общей длины бортов вычесть длину основных бортов (C_o).

$$\tilde{N}_i = \tilde{N} - \tilde{N}_i = \frac{1}{\cos \alpha} \left[\frac{-bl + \sqrt{(bl)^2 + 4(ltg \alpha) \frac{M}{\rho}}}{2ltg \alpha} \right] - \tilde{N}_i. \quad (12)$$

Формулы (1) и (2) являются универсальными для прицепов чей вертикальный разрез подобен трапеции.

Заключение

Расчёт грузоподъёмности прицепов используемых в сельском хозяйстве обуславливается большим количеством факторов и разработчикам часто приходится идти на различные компромиссы исходя из опыта эксплуатации прицепов. Данные компромиссы очень часто являются основанием для неправильной эксплуатации и как следствие поломки и срыв выполнения работ в агросроки.

Традиционным выходом из этой ситуации является создание универсальных платформ и сменных кузовов, наиболее простым организация в хозяйстве надставных бортов к прицепах.

Список использованной литературы

1 Лабозкий И.М., Горбацевич Н.А., Конончук С.Н., Трофимович Л.И. К разработке полуприцепов самосвальных тракторных с унифицированными двухосными и трёхосными шасси грузоподъёмностью 15 и 20 тонн // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. в 2-х томах / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» - Минск, 2014 – вып.48 – т.2. –с.46-52.

УДК 631.171:631.8

**С.В. Крылов, к.т.н., доцент, В.В. Носко, ст. преподаватель,
В.В. Маркевич, ст. преподаватель, Ю.Н. Бабак, аспирант**
*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИЁМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОСЕВНЫХ МАШИН В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Введение

По данным Минсельхозпрода за 2014 год в Республике Беларусь было 4,6 тысячи комбинированных почвообрабатывающих посевных агрегатов, 2,8 тысяч зерновых сеялок, 3,8 тысяч сеялок для сахарной свеклы и кукурузы, 1,6 тысяч картофелесажалок. Все эти машины значительно отличаются друг от друга и при проведении приёмочных испытаний необходимо это учитывать.

Основная часть

Правильная организация технологии посева обеспечивает достижение высоких урожаев, что позволяет в настоящее время обеспечить рентабельность хозяйства. Поэтому как уже существующим так и вновь разрабатываемым машинам необходимо уделять пристальное внимание.

Ведущий центр страны по механизации сельского хозяйства РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» так же активно занимается разработкой посевных машин. Естественно, что наряду с разработкой конструкций посевных машин выше упомянутый НПЦ так же активно занимается научными проблемами. В межведомственном сборнике за 2014 год этой тематике посвящены 5 публикаций из 63, что составляет примерно 8%. Это свидетельствует, что научной проблематике разработки посевных машин уделяют достаточно много времени и внимания [1-5].

Научные проблемы освещаемые в данных публикациях не затрагивают основные проблемы создания посевных машин. В первую очередь необходимо определить какие и сколько посе-

ных машин необходимо Республике Беларусь, хотя в работе [5] отчасти есть ответ на этот вопрос, что технологии и технические средства обработки почвы и посева должны быть адаптивными для различных почвенно-климатических зон Республики Беларусь. Этот вывод сформулирован на основе того что, в Республике Беларусь различные почвенно-климатические условия.

Более глубокий анализ в данной статье отсутствует не только по этому выводу, но также и по другим выводам.

В работе [2] построена математическая модель и сделаны количественные оценки, но они касаются узко технического вопроса каким должен быть угол сужения конфузора и его выходной диаметр. Ценность полученных данных значительно уменьшается отсутствием подробного описания стенда и методики приведённого в данной статье эксперимента. Данные которые там присутствуют носят отрывочный характер.

Теоретическая работа [4] настолько теоретична, что в ней не представлено ни одного конкретного устройства посевной машины, где можно было бы полученными результатами пользоваться.

Представленные данные демонстрируют, что в Республике Беларусь отсутствует понимание как и на основании каких факторов необходимо формировать парк посевных машин.

Данная ситуация явно отражается на проведении приёмочных испытаний Белорусской МИС. Она не позволяет предварительно провести исключение посевных машин явно не соответствующих условиям Республики Беларусь. Поэтому немногочисленные сотрудники Белорусской МИС проводят испытания всех подряд посевных машин. Такая их загруженность приводит к значительному снижению использования средств проведения испытаний.

Определение производительности посевных машин как и других сельскохозяйственных агрегатов осталось на уровне прошлого века.

Определение функциональных показателей посевных машин так же осталось на уровне середины прошлого века.

Надёжность количественных оценок полученных результатов оставляет желать лучшего, так как такие ресурсозатратные испы-

тания могут быть проведены лишь в очень узком диапазоне как условий испытаний так и режимов работы посевной машины.

Первым очевидным и наиболее простым техническим решением этих проблем было бы создание испытательного стенда для посевных машин. На котором вне зависимости от сезона и погодных условий предварительно можно провести испытание посевных машин. Это значительно сократит сроки проведения испытаний, повысит надёжность полученных результатов во время испытаний в поле, сократит ресурсы расходуемые на проведение приёмочных испытаний.

Заключение

Отсутствует глубокая научно-обоснованная концепция потребности в посевных машинах Республики Беларусь и как следствие приёмочные испытания посевных машин проводятся на уровне середины прошлого века. Самым простым решением для частичного исправления создавшегося положения является создание стенда для испытания посевных машин.

Список использованной литературы

1. Яковчик С.Т., Салапура Ю.А. Анализ распределителей посевного материала пневматических зерновых сеялок.// Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. в 2-х томах / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» - Минск, 2014 – вып.48 – т.1. –с.5-10.

2. Яковчик С.Т., Салапура Ю.А., Чебатареv В.П., Зубенко Д.В. Результаты экспериментальных исследований вертикального распределителя пневматической системы высева.// Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. в 2-х томах / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» - Минск, 2014 – вып.48 – т.1. –с.11-18.

3. Лепёшкин Н.Д., Костюков П.П., Сологуб Н.Ф., Смирнов А.Н., Минчукин В.В., Заяц Д.В., Савчук С.В. К разработке сеялки прямого посева к энергонасыщенным тракторам мощностью 260 кВт.// Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. в 2-х томах / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» - Минск, 2014 – вып.48 – т.1. –с.50-57.

4. Смирнов А.Н., Лепёшкин Н.Д., Вавилов А.В. Теоретическое обоснование некоторых параметров многоканального распределителя пневматической сеялки// Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. в 2-х томах / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» - Минск, 2014 – вып.48 – т.1. –с.57-61.

5. Лепёшкин Н.Д., Точицкий А.А., Зенов А.А., Козлов Н.С., Черныш А.Ф. Адаптивные системы обработки почвы и посева для различных почвенно-климатических зон Республики Беларусь/ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» - Минск, 2014 – вып.48 – т.1. –с.65-75.

УДК 631.358.633.521

**М.Н. Трибуналов, к.т.н., доцент, С.И.Оскирко, к.т.н., доцент,
Янцов Н.Д. к.т.н., доцент**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЛЬНОТРЕСТЫ

В настоящее время в республике возделывание льна проводится на площади 60-65 тыс.га. За последние три года производство льноволокна в среднем составляет 45-48 тыс. тонн, а удельный вес длинного волокна не превышает 20 %. При этом средний номер заготавливаемой льнотресты, из которой получают льноволокно, составляет 0,92-1,1. Все это сказывается на низкой эффективности льняной отрасли.

В соответствии с поставленными руководством страны задачами по повышению эффективности льняной отрасли в республике необходимо ежегодно производить 60 тыс. тонн льноволокна с удельным выходом длинного волокна не менее 50 %. При этом средний номер льнотресты, из которой получают волокно, должен составлять не менее 1,25, а средняя урожайность льнотресты должна составить в перспективе не менее 4,5 т/га.

Важнейшей и первичной задачей, направленной на повышение эффективности льняной отрасли республики, на данном этапе является повышение качественных показателей льнотресты. Льняная

отрасль Беларуси рассматривается как потенциально экономически выгодная и перспективная в экспортном плане [1].

Рулонная технология заготовки льнотресты в республике освоена, однако ее требования не всегда выполняются. Заготовка хорошо вылежавшейся тресты в рулоны только при влажности 18-19 % и их хранении в закрытых ангарных помещениях дают возможность сохранить качество льносырья и вести его переработку без дополнительной сушки. Это позволяет обеспечить экономию энергоресурсов, которые в структуре затрат на производство 1т волокна условного номера 10 составляют порядка 9,5 % [2].

Для обеспечения высокого номера льнотресты необходимо проводить ряд технологических операций с использованием специальных машин. Известно, что вытеребленные и разосланные стебли льна в зависимости от погодных условий (температуры воздуха и влажности) находятся на льнище от 18 до 40 и более дней. При соприкосновении тресты с почвой в нижних слоях ленты имеет место бурное развитие целлюлозо-разрушающих бактерий, что указывает на зависимость приема расстила лент льна на стлище от погодных условий.

Для активизации процесса мацерации ленты льна по всей ее толщине и для предотвращения наступающей порчи льноволокна необходимо проводить отрыв стеблей от почвы, их ворошение (аэрацию) или оборачивание слоя для насыщения его воздухом и ускорения процесса естественной просушки. Для этого рекомендуется проводить оборачивание или впусивание, в результате которого будет происходить естественный воздухообмен в лентах льна. От периодичности этих операций в первую очередь зависит качество получаемой тресты, во-вторых, урожайность льноволокна, а в конечном результате – величина удельных эксплуатационных затрат. Для этих целей в настоящее время используются впусиватели или оборачиватели лент льна.

Для оборачивания лент льна на льнозаводах имеются полунавесные оборачиватели ОЛЛ-1 и самоходные ОЛЛ-1 и ОЛС-1, но практически оборачивается лишь около 40 % разостланного на поле льна. Основными причинами недостаточного использования оборачивателей являются низкая технологическая надежность, невысокая производительность (оборачивается всего одна лента), тяжелые

условия труда и недостаток механизаторов в напряженный период уборочных работ.

В республике основное применение находят ворошилки лент льна ВЛК-3М. За один проход они проводят ворошение трех лент льнотресты. Ворошилка ВЛК-3М была разработана для уборки льна и льнокомбайна ЛК-4А. При внедрении механизированной заготовки льнотресты пресс-подборщиками в рулоны применение ворошилки ведет к существенному ухудшению агротехнических показателей формирования рулонов. При ее эксплуатации наблюдается дезориентация стеблей в ленте льна, сгруживание льносырья и имеет место намоты на рабочие органы. Это также приводит к снижению производительности, как самой ворошилки, так и пресс-подборщиков.

Вспушиватель лент льна предназначен для ускорения процесса приготовления тресты, повышения равномерности тресты по степени вылежки, ускорения просыхания стеблей льна и подготовки тресты к бесперебойной работе пресс-подборщиков, что в целом повышает качество льнотресты и эффективность льноуборочных работ. При вспушивании происходит отрыв стеблей от почвы (или из проросшей травы) и незначительное их перемещение по толщине ленты льна. В республике освоено производство вспушивателя лент льна ВЛН-4,5, отличающийся тем, что он обеспечивает синхронизацию скоростных режимов работы ворошильных секций и агрегата за счет привода от синхронного ВОМ трактора.

Эксплуатация вспушивателей в хозяйствах республики показала, что он удовлетворительно выполняет технологический процесс при урожайности льнотресты до 3-3,5 т/га. При работе на полях с большей урожайностью происходит существенное снижение производительности, снижается степень вспушивания стеблей, наблюдается дезориентация стеблей.

Общим существенным конструктивным недостатком ворошилки и вспушивателя является фиксированное положение ворошильных секций на раме на расстоянии 1,5 м между ними. При этом теребивильные аппараты применяемых льноуборочных машин имеют различную ширину захвата от 1,2 м до 1,6 м (соответственно и расстояние между лентами льна на поле), что делает неэффективным и даже невозможным выполнение данной технологической операции

из-за несовпадения продольных осей ворошильных секций с серединами лент льна.

Вторым недостатком является большая габаритная ширина машины (около 4,5 м), что затрудняет перемещения агрегатов по дорогам общего пользования, переезды с поля на поле, а также ухудшает копирование рельефа поля ворошильными секциями.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что для повышения качества и надежности выполнения вспушивания лент льна, а в конечном итоге повышение качества заготовки льнотресты, необходимо разработать новый подборщик-вспушитель лент льна, который удовлетворял бы следующим требованиям:

- полный отрыв ленты от земли с последующей укладкой;
- выравнивание и плющение стеблей льна;
- последующее прикатывание ленты льна на поле.

Обеспечение совпадения продольных осей вспушивающих секций с серединами лент льна

Габаритные размеры агрегата в транспортном положении должны соответствовать требованиям Правил дорожного движения.

Заключение

1. Важнейшей задачей повышения эффективности льняной отрасли в республике является повышение качественных показателей льнотресты.

2. Оборачиватели лент льна не нашли широкого применения из-за невысокой производительности, низкой технологической надежности, тяжелых условий труда, требующих постоянного повышенного внимания водителя и недостатка механизаторов.

3. Ворошилка и вспушитель лент льна были разработаны под ширину захвата льнокомбайна 1,52 м, что делает невозможным применение этих машин с новыми самоходными льнотеребилками и льнокомбайнами, имеющими различную ширину захвата от 1,2 м до 1,6 м.

4. Для качественного и надежного вспушивания льна и, в конечном итоге, заготовки качественной льнотресты созрела необходимость разработки принципиально нового подборщика-вспушителя лент льна, работа над которым будет продолжена.

Список использованной литературы

1. Казакевич П.П. Льноводство и льнопереработка в Беларуси: проблемы развития. /Казакевич П.П.// Белорусское сельское хозяйство. – 2010. - № 7. – С. 4-11.
2. Казакевич П.П. Техничко-технологические основы повышения качества льняной тресты. /Казакевич П.П.//Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук – 2011. - №1.- С. 89 – 93.

УДК 631.531.12

Аутко А.А., д.с.-х.н., проф., Шупилов А. А., к.т.н., доцент, Гарба Мухаммад Белло, магистр тех. наук, аспирант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ЛИНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ КАССЕТ СУБСТРАТОМ И ВЫСЕВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Введение

Одной из важнейших задач аграрной отрасли народного хозяйства Беларуси является производства высококачественной овощной продукции для обеспечения населения страны в требуемом объеме. Данная социально-экономическая задача может быть реализована на основе создания и освоения инновационных технологий производства овощей. Одним из определяющих факторов эффективности овощеводства является возделывание овощных культур через кассетную рассадку[1].

Отечественная и мировая практика показывает, что посадка высококачественной кассетной рассады способствует увеличению урожайности на 30 – 50%. При этом дальнейшее возделывание культур может осуществляться в экологическом режиме, обеспечивающем сведение к минимуму применения гербицидов для уничтожения сорной растительности. Применение кассетной рассады обеспечивает также сокращение расхода семян; ускорение срока посева семян на 20 – 30 дней. При этом создается возможность регулирования процесса роста и развития растений в

рассадный период. При посадке сохраняется целостность корневой системы, исключается послепосадочный стресс и обеспечивается высокая степень приживаемости растений. Кроме того, отмечается равномерное развитие растений в послепосадочный период и высокая устойчивость к болезням и вредителям в период приживаемости рассады [2].

Основная часть

Выращивание рассады - одна из самых трудоёмких работ в овощеводстве и включает несколько операций. Это приготовление субстратов, заполнение кассет субстратом с требуемыми параметрами, однозерновым высев семян в ячейки кассет с последующей их заделкой и увлажнением.

С развитием кассетной технологии выращивания рассады для механизации вышеназванных технологических операций в УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» создана специальная технологическая линия для заполнения кассет субстратом и посева семян овощных культур (рис. 1, 2), исключающая применение ручного труда.

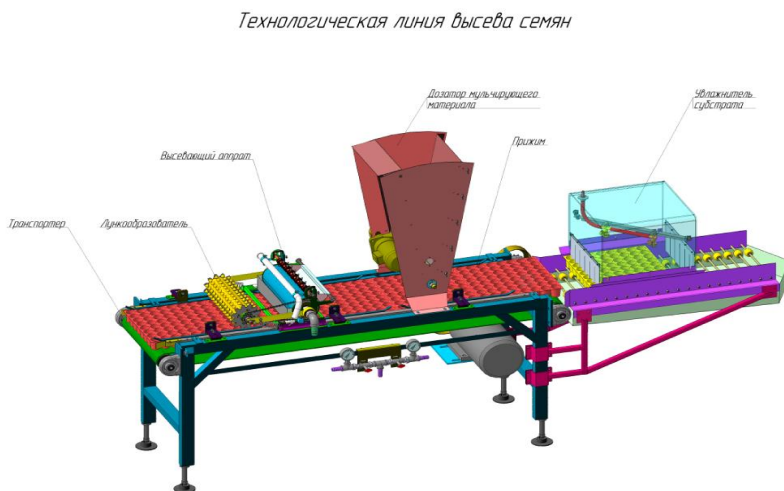


Рисунок 1 – Общий вид технологической линии ЛЗВ-300 для заполнения кассет субстратом и посева семян овощных культур

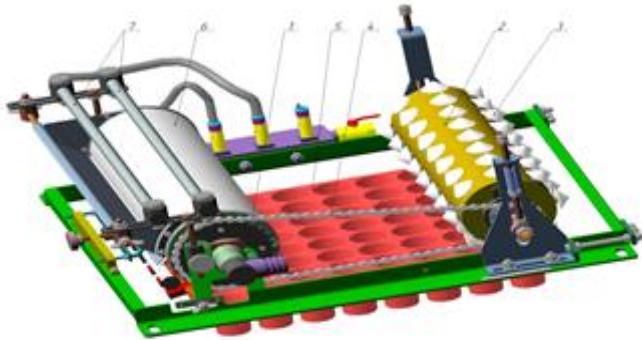


Рис. 2 – Общий вид высевающего аппарата с лункообразователем:

- 1 – звёздочка; 2 – лункообразователь; 3 – конусообразные пуансоны;
4 – цепная передача; 5 – кассета; 6 – высевающий барабан; 7 – трубопроводы с
отверстиями обеспечивающие сдувания излишне захваченных семян.

Линия выполняет многочисленные функции (рис. 3), включающие подготовку субстрата и заполнение им кассет, образование семенного ложе (лунок) и однозерновой высев семян, заделку семян с увлажнением.



Рис. 3 – Функции линии технологической для заполнения кассет субстратом и высева семян ЛЗВ -300

Заключение

Проведены государственные приемочные испытания технологической линии ЛЗВ-300 и производственная проверка в УП «Агрокомбинат «Ждановичи», где был осуществлен высев семян овощных культур в более 2 тыс. кассет. Предлагаемая разработка позволяет снизить расход семян в 1,5-2 раза, сократить трудозатраты в 7,8 раза по сравнению с высевом семян вручную.

Список использованной литературы

1. Аутко А. А. Тех. возделывания овощных культур. – Мн.: Изд. ООО «Красико-Принт», 2001 – 272 с.
2. Аутко А. А. Технологические приоритеты кассетной рассады при возделывании овощных, пряно-ароматических, лекарственных и цветочных культур/ А.А. Аутко, П.И. Циркунов, С.Г. Яговдик, А.В. Чекель // Земледелие и защита растений. – 2014. – № 1. – С. 72–75.

УДК 631.531.12

Шупилов А. А., к.т.н., доцент,

Гарба Мухаммад Белло, магистр тех. наук, аспирант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

КЛАССИФИКАЦИЯ ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ ДЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В КАССЕТЫ

Введение

В овощеводстве широкое распространение получает кассетная технология производства рассады овощных культур, однако высев семян в кассеты без средств механизации является наиболее трудоемкой операцией, требующей больших затрат времени. Высев семян овощных культур в кассеты вручную приводит к перерасходу семян в 1,5 – 2 раза, снижению качества рассады [1].

Для высева семян овощных культур в кассеты в зарубежной практике используются специализированные механизированные технологические линии, имеющие высевающие аппараты разной конструкции [2].

Плотность и размеры семян овощных культур имеют существенные различия, что необходимо учитывать при разработке высевяющих аппаратов, обеспечивая агротехнические требования к высеву семян в ячейки кассет.

Основная часть

Проанализированы технические характеристики технологических линий (табл. 1), поставленных из разных зарубежных стран в Республику Беларусь.

Таблица 1. Техническая характеристика зарубежных технологических линий посева семян в кассеты

Марка линии	Страна изготовителя	Произ- водитель- ность, кассет/ч.	Потребля- емая мощ- ность, кВт	Число ячеек в кассеты, шт.	Число обслуж. персона- ла, чел
Mosa Green SDS system	Италия	600	1,4	80/96	2
ЛБК-300	Россия	323	1,32	144	5
ЛР-5	Украина	240	12	144	4
WilliamesST 1500 (ST 750)	Австралия	1500 (750)	0,75 (0,5)	-	-
Urbinati Lambda A или E	Италия	650	3,5		1
DS11	Голландия	1500		510	1
ЛБК- 300	Беларусь	300	1,2	64/144	2

В общем комплексе технологических линий посева семян овощных культур в кассеты высевяющие барабанно - вакуумные аппараты (рис.1) имеют тенденцию к наибольшему распространению и, несмотря, казалось бы, на их идентичность принципа работы (закрепление семян на поверхности барабана за счет создания в его внутренней полости воздушного разрежения), отличаются значительным многообразием конструкций. Это объясняется, прежде всего, наличием большого количества овощных культур с значительно различающимися свойствами семян, новизной направления и конкуренцией разработчиков, а также отсутствием четкой классификации таких аппаратов, так и самих технологических линий посева семян в кассеты.



Рисунок 1 – Рабочие органы барабанно-вакуумного высевающего аппарата:

1 – высевающий барабан, 2–лункообразователь и 3– устройство для удаления лишних семян

Отсутствие единства в вопросах систематизации аппаратов высева семян в кассеты обусловило необходимость в разработке такой классификации высевающих аппаратов, которая бы учитывала научно-технические достижения последних лет и оказала существенную помощь специалистам овощеводческих отраслей для обоснованного выбора и эффективной эксплуатации линий высева семян овощных культур.

В основу предлагаемой классификации высевающих аппаратов (рис. 2) положен технологический принцип, объединяющей три основных разделительных признака: тип рабочего органа, количество высеваемых семян, способ размещения семян в ячейках кассет.

По конструкции рабочей поверхности высевающие барабаны могут быть с рядовым расположением присасывающих отверстий на их поверхности для односемянного высева (рис.3) и с групповым расположением присасывающих отверстий на их поверхности для многосемянного (гнездового) высева (рис.5). Первый применяется для одиночного высева семян с высокой всхожестью, например капусты, второй – для семян с более низкой всхожестью.

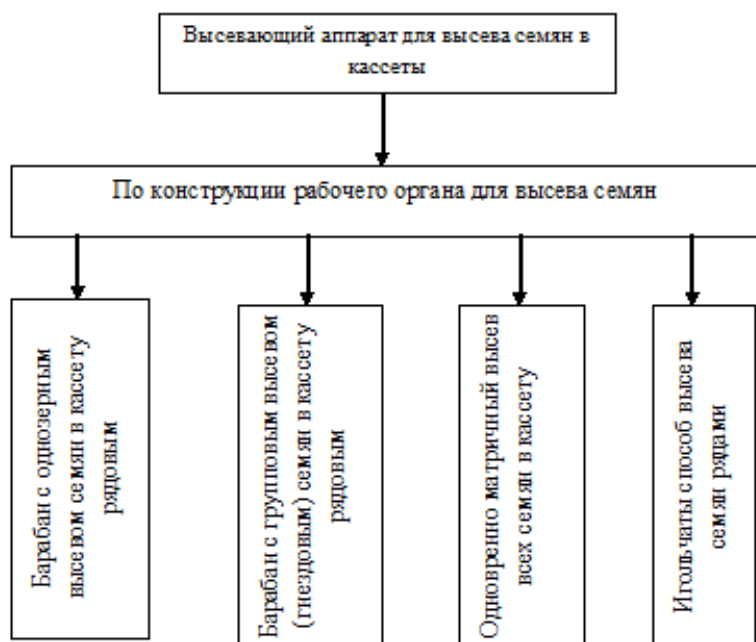


Рисунок 2 Классификация высевающих аппаратов линий для кассетной технологии производства рассады овощных культур



Рисунок 3. Общий вид высевающего барабана (а) и захваченных семян в отверстиях барабана (б, в)



Рисунок 4. Общий вид игольчатого манипулятора для высева семян и набора сменных рабочих органов (1)



Рисунок 5. Общий вид высевающего барабана с групповым расположением присасывающих отверстий

Высевающие барабаны изготавливают из алюминия со вставками (присасывающими отверстиями) из нержавеющей стали для устранения повышенного износа и обеспечения долговечности, а так же чтобы обеспечить посев под любой размер семян (например, на линии фирмы «Mosa») [2]. Высевающие барабаны с отверстиями в отдельных известных конструкциях целиком выполнены из нержавеющей стали.

По приводу и скорости вращения, высевающие барабаны могут быть с постоянной скоростью для высева одного вида семян и с переменной скоростью вращения барабана. Последний имеет различные режимы контроля скорости, что позволяет высевать больше семян по ячейкам без смены посевного барабана, например, высевающие аппараты фирмы «DaRos» на технологической линии – SEEDERLR 400 [2].

Заключение

Предложенная классификация высевающих аппаратов в линиях для производства рассады овощных культур по конструкции рабочего органа для посева семян позволяет осуществить начальную систематизацию известных конструкций для дальнейшего совершенствования их конструкции и более обоснованного выбора необходимой конструкции для эффективного производства.

Список использованной литературы

1. Аутко А. А. Производство кассетной рассады, овощных, пряно-ароматических, лекарственных и цветочных культур на механизированной основе. А.А. Аутко, П.И. Циркунов, С.Г. Яговдик, А.В. Чекель// Теплицы и России. 2014;
2. Проспекты фирмы «Visser» (Голландия), фирмы Mosa (Италия), российско-финского предприятия «SCHETELLIG», фирмы «AGRO-PLAST» (Польша), фирмы «HAMMAX-VEFI» (Норвегия), фирмы «WILLIAMES» (Австралия), фирмы «Urbinati» (Нидерланды), фирмы «DaRos».

УДК 631. 356. 46

**Портянко Г.Н., Гурнович Н.П., Гронская Е.Г.,
Артюшевский А.И., Рогальская Ю.Н., Гаврилик Е.М.**
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЕМЕХОВ НАВЕСНЫХ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

Введение

Анализ механизмов защиты лемехов современных навесных картофелеуборочных машин показал, что, несмотря на огромное количество их марок, и модификаций, в них используют обычно одни и те же защитные механизмы нескольких типов (подпружиненные кронштейны, срезные штифты, гидравлические замки сцепок и др.) [1].

Основная часть

В БГАТУ для серийно выпускаемого навесного картофелекопателя КТН-2В разработан вариант защиты лемехов от поломок при работе машины на засоренных камнями почвах. Он заключается в установке на копатель балки лемехов с зубчато-фрикционной предохранительной муфтой (рисунок 1).

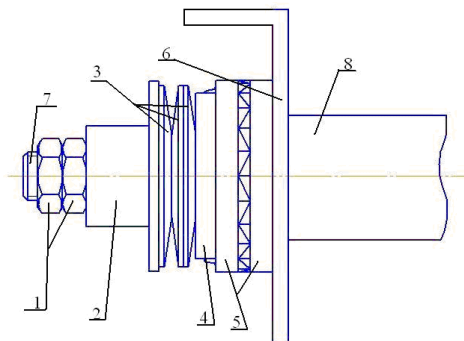


Рисунок 1 - Схема механизма

1 – гайки зажимные; 2 – шайба упорная; 3 – пружины тарельчатые; 4 – втулка шлицевая; 5 – шайбы зубчато-фрикционные; 6 – кронштейн; 7 – вал шлицевой; 8 – балка

К балке 8, на которой закреплены лемеха, приваривается шлицевой вал 7. Весь узел удерживается на прикручиваемых к раме машины кронштейнах 6. На вал насажены зубчато-фрикционные шайбы 5, одна из которых жестко закреплена к кронштейну 6, а вторая подвижная закреплена на шлицевой втулке 4, на которой находятся подобранные по усилию срабатывания тарельчатые пружины 3. Все это прижимается упорной шайбой 2 и зажимается гайками 1.

Работает устройство следующим образом. Если при подкапывании картофеля лемеха сталкиваются с препятствием, сопротивление которого больше тягового усилия агрегата, то за счет создаваемого крутящего момента зубья подвижной шайбы полумуфты выходя из зацепления с зубьями неподвижной шайбы полумуфты начинают сжимать тарельчатые пружины 3 и зубчато-фрикционные шайбы 5 прокручиваются относительно друг друга, при этом балка 8 вместе с лемехами так же прокручивается. Копатель приподнимается, и носки лемехов оказываются сзади балки. Чтобы вернуть их в исходное по-

ложение трактористу необходимо поднять копатель в транспортное положение и ослабить гайки 1. Вернуть лемеха в рабочее положение и закрутить гайки.

На рисунке 2 видно, что носки лемехов, при соприкосновении с препятствием, приподнимают копатель и, прокручиваясь, уходят под него, исключая поломку.

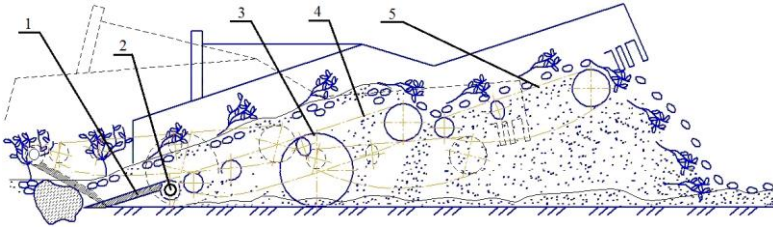


Рисунок 2 – Схема технологическая

1 – лемех; 2 – муфта предохранительная; 3 – колесо ходовое; 4 – элеватор основной; 5 – элеватор второй

Параметры зубчато-фрикционной предохранительной муфты и тарельчатой пружины определялись исходя из максимально возможного тягового сопротивления копателя. При этом было установлено, что расчетный момент, при котором муфта будет выключаться, составляет $475 \text{ Н}\cdot\text{м}$, а диаметр втулки $d=40 \text{ мм}$.

Диаметр окружности, проходящей через середины кулачков определили как:

$$D_c = 2 \cdot d. \quad (1)$$

Окружное усилие при передаче максимального момента, Н:

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{D_c}, \quad (2)$$

Усилие необходимое для выключения муфты при перегрузке, Н:

$$Q = F_t \cdot \left[\operatorname{tg}(\alpha - \rho) - f \cdot \frac{D_c}{d} \right], \quad (3)$$

где $\alpha=35^\circ$ – угол наклона боковой поверхности кулачков [2];

$\rho=2^\circ$ – угол трения [2];

$f=0,05$ – коэффициент трения [2].

Предварительно определим размеры элементов муфты.

Ширина кулачков (размер в радиальном направлении), мм:

$$b = (0,3...0,36) \cdot D. \quad (4)$$

Высота кулачков, мм:

$$h = (0,2...0,3) \cdot b. \quad (5)$$

Сила нормального давления на кулачки, Н:

$$F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha}, \quad (6)$$

Рассчитываем число кулачков:

$$Z \geq \frac{0,418^2 \cdot F_n \cdot E}{\rho \cdot [\sigma_k]^2}, \quad (7)$$

где ρ – приведенный радиус контактирующих передних кромок кулачков [2];

$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль упругости для стали [2];

$[\sigma_k] = 1500 \text{ МПа}$ – допускаемое контактное напряжение [2].

Подсчитываем напряжения смятия при действии F_t , МПа:

$$\sigma_{см} = \frac{F_t}{b \cdot (h - r) \cdot z} \leq [\sigma_{см}], \quad (8)$$

где $r=2 \text{ мм}$, радиус кромок кулачков [5];

$[\sigma_{см}] = 30 \text{ МПа}$ – допустимое напряжение смятия.

Для расчета тарельчатой пружины предварительно выбираем параметры пружины, ссылаясь на формулу (3), что $Q = 7810 \text{ Н}$.

Наружный диаметр:

$$D = 2 \cdot R_{np}, \quad (9)$$

где $R_{np}=45 \text{ мм}$ – радиус сил трения [2].

Внутренний диаметр равен диаметру втулки d .

Находим силу при рабочей деформации, H .

$$F = \frac{4 \cdot E \cdot S}{(1 - \mu^2) \cdot Y \cdot D_1^2} \cdot \left[(S_3 - S) \left(S_3 - \frac{S}{2} \right) \cdot t + t^3 \right], \quad (10)$$

где $E=2,06 \times 10^5$ МПа – модуль упругости;

$S_1=(0,2 \dots 0,4)S_3$, мм – предварительная деформация пружины;

$S_3=3,5$ мм – максимальная деформация пружины [2];

$t=2,5$ мм – толщина пружины [2];

D_1, D_2 , мм – наружный и внутренний диаметр соответственно [2];

$\mu=0,3$ (для сталей) – коэффициент Пуассона [2];

C_1, C_2, Y, A – расчетные коэффициенты [2]:

$$Y = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{6}{\ln A} \cdot \left[\frac{A-1}{A} \right]^2; \quad (11)$$

где

$$A = \frac{D_1}{D_2}; \quad (12)$$

$$C_1 = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{6}{\ln A} \cdot \left[\frac{A-1}{A} - 1 \right]; \quad (13)$$

$$C_2 = \frac{3 \cdot (A-1)}{\pi \cdot \ln A}; \quad (14)$$

Находим силу при максимальной деформации, H :

$$F_3 = \frac{4 \cdot E \cdot S_3 \cdot t^3}{(1 - \mu^2) \cdot Y \cdot D_1^2}, \quad (15)$$

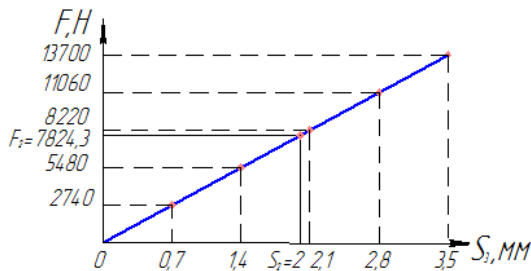


Рисунок 3 – График зависимости силы от деформации пружины.

Из графика видно, что пружина будет сжиматься на $S_2 = 2$ мм при $F_2 = 7824,3$ Н, что приблизительно равно усилию $Q = 7810$ Н.

Количество пружин в муфте определяется по выражению:

$$i = \frac{h}{S_2}. \quad (16)$$

В результате расчетов было установлено, что усилие необходимое для выключения муфты при перегрузке равно 7810 Н. Наружный диаметр шлицевой втулки 40 мм, диаметр окружности, проходящей через середины кулачков 80 мм, высота кулачков 6 мм, ширина кулачков 27,5 мм, угол наклона боковой поверхности кулачков 35° , число кулачков 12. Наружный диаметр тарельчатой пружины 90 мм, внутренний 40 мм, толщина стенки 2,5 мм, рабочий ход одной пружины при модуле упругости $E = 2,06 \times 10^5$ МПа составляет 2 мм, количество пружин на муфте 3.

Заключение

Конструкция разработанного зубчато-фрикционного механизма защиты лемехов, при соответствующей регулировке, может быть использована как для двухрядных, так и для однорядных навесных картофелекопателей.

Список использованной литературы

1. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. – М.; Машиностроение, 1984. – 384 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 728с. Т. 2. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 559с. Т. 3. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 557с.

УДК 631.362.3:633.491

**Ю.М. Урамовский, к.т.н., Еднач В.Н., ст. преподаватель,
Бондаренко Д.Н., ст. преподаватель,
Белый С.Р., ст. преподаватель,**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ РОЛИКОВЫХ СОРТИРОВАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Введение

Валовой сбор картофеля в 2014 году составил 6 279,7 тыс. тонн., средняя урожайность в хозяйствах всех категорий около 204 ц/га. [1].

При использовании современных средств и методов хранения, сохранность клубней в значительной степени зависит от качества уборки и послеуборочной обработки картофеля.

Основная часть

Одним из главных факторов является целостность кожуры и мякоти клубней. В случае контакта поврежденных частей клубня с инфекцией он заражается, а при длительном хранении можно потерять значительная часть урожая.

При этом снижается цена реализации и увеличиваются себестоимость хранящегося картофеля.

Одним из условий снижения повреждения клубнеплодов при механической уборке и подготовке к хранению является увеличение прочности кожуры клубней. Этого можно достичь скашивая ботву за 8-10 дней до уборки урожая.

Главной причиной повреждений клубней является их контакт с твердыми поверхностями при погрузке, транспортировке, разгрузке и других операциях послеуборочной обработки. Целесообразно в связи с этим тщательно проанализировать весь путь движения картофеля от поля до хранилища, сократить до минимума числа перепадов и снизив возможную высоту падения клубней до 30 см.

Просушивание картофеля перед закладкой на хранение снижает вероятность инфицирования клубней через налипшую на них почву. Однако продолжительное обсушивание может вызвать солнечный ожог кожуры, что приводит к болезни или озеленению клубней. Необходимо учитывать возможное понижение температуры воздуха и предотвратить замораживание картофеля в местах временного хранения. В случае неблагоприятных погодных условий клубни просушивают, активно вентилируя бург или рассыпая тонким слоем в хранилище.

В случае закладки на хранение семенного картофеля, целесообразно проводить озеленение на свету. В клубнях синтезируется гликоалколоид солонин, который сдерживает развитие болезней, вызываемых грибами [2].

В подготовке картофеля к хранению целесообразно использовать его сортирование. Процесс сортирования способствует удалению почвенных и растительных остатков из картофельного вороха, которые являются основным носителем болезнетворных микроорганизмов и вирусов.

Разделение клубней на фракции при закладке на хранение способствует лучшей вентиляции массы клубней, и предотвращает значительные затраты по предреализационной подготовке картофеля в месяцы с низкой температурой окружающей среды.

Следует иметь в виду, что процесс калибровки картофеля на известных типах сортировальных роликовых поверхностей так же чреват получением механических повреждений от защемления клубней смежными роликами.

В УО БГАТУ на кафедре сельскохозяйственных машин разработано устройство для разделения клубней картофеля на фракции (рисунок 1), данное устройство в отличие от имеющихся аналогов существенно снижает количество повреждений при калибровке. Принцип работы основан на использовании разности скоростей смежных калибрующих роликов, в зависимости от размеров и формы клубней.

Скорость вращения увеличивается от центра калибровальной поверхности к периферии, клубни скатываются вдоль калибрующих зазоров между соседними роликами, при движении закон перемещения клубня представляет собой спираль.



Рисунок 1 – общий вид модели сортировальной установки

Шаг спирали зависит от следующих факторов: размера клубня, скорости вращения вальцов, угла наклона калибрующей поверхности. Вращающиеся ролики ориентируют клубни картофеля таким образом, что их наибольший поперечный диаметр, длина ориентируется параллельно вальцам. Таким образом, непосредственное влияние на скорость вращения клубня оказывают толщина и ширина. Отношение толщины клубня к его ширине может характеризовать форму клубня с точки зрения скоростных режимов движения клубней по роликовым поверхностям.

Определение скорости роликов из условия максимально допустимой скорости $V_{\max} = 1\text{ м/с}$ и количества роликов N при всех роликах разного диаметра.

Скорость, позволяющую клубням не зажиматься роликами

$$V_{\text{блх}} = \frac{\pi \cdot n_1 \cdot r_{p1} (r_b - r_c)}{30 r_c}. \quad (1)$$

В процессе сортирования на роликовых поверхностях вращающиеся ролики ориентируют клубни картофеля таким образом, что их наибольший поперечный диаметр - длина ориентируется параллельно вальцам. Таким образом непосредственное влияние на скорость вращения клубня оказывают толщина и ширина. Отношение толщины клубня к его ширине может характеризовать форму клубня с точки зрения скоростных режимов движения клубней по роликовым поверхностям.

$$\hat{E}_{\delta} = \tilde{n} / b, \quad (2)$$

где c – толщина клубня, мм;

b – ширина клубня, мм.

Таким образом, проанализировав клубни различных сортов, таких как «Скарб», «Ласунак», «Адрета» и др., выделим пять основных форм.

Таблица 1. Коэффициент формы клубня в поперечном сечении

Форма клубня	Коэффициент формы Кр
Округлая	Более 0,9
Округлая – овальная	0,89...0,8
Овальная	0,79...0,7
Удлиненно – овальная (плоско-овальная)	0,7...0,61
Удлиненная (плоская)	Менее 0,6

Анализируя изложенное, приходим к выводу о целесообразности использования в качестве критерия передаточного отношения между роликами коэффициента формы. Приняв максимальную допустимую скорость роликов 1 м/с, можем определить скорость роликов калибрующей поверхности, полученные расчёты сведём в таблицу 2.

Таблица 2 Зависимость изменения окружной скорости роликов от передаточного числа

Передаточное число	Номер ролика				
	1	2	3	4	5
0,9	0,6561	0,729	0,81	0,9	1
0,85	0,522006	0,614125	0,7225	0,85	1
0,8	0,4096	0,512	0,64	0,8	1
0,75	0,316406	0,421875	0,5625	0,75	1
0,7	0,2401	0,343	0,49	0,7	1
0,65	0,178506	0,274625	0,4225	0,65	1
0,6	0,1296	0,216	0,36	0,6	1

Регулировка скоростей роликов проще всего осуществима при использовании гидропривода, путём установки дроселей и шайб позволяющих изменять подачу масла на гидромоторы привода валцов.

Анализируя предоставленные выражения, можно сделать вывод о целесообразности использования в конструкции роликовых калибрующих поверхностей индивидуального привода рабочих органов с возможностью бесступенчатой регулировки скорости вращения. В зависимости от преобладающей формы клубней задаётся, установленный по средним значениям диапазон оборотов роликов калибровочного устройства.

Список использованной литературы

1. <http://belstat.gov.by>
2. Колчин Н.Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей.- М.: Машиностроение. 1982. – 268с.

УДК (631.333:631.8):681.1

Л.Я. Степук¹, д.т.н., профессор, А.А. Жешко¹, к.т.н.,
А.А. Шупилов², к.т.н., доцент,

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

ПРИБОРНОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХИМЗАЩИТНЫХ РАБОТ

Введение

Выполнить диагностику, регулировку всех узлов опрыскивателя и настройку его на заданную дозу вылива раствора можно только с помощью специальных приборов. Но, к сожалению, практика ими сегодня не располагает. Безусловно, от этого мы имеем существенные негативные издержки в растениеводстве как экономического, так и экологического плана.

Нами поставлена исключительно важная задача: восполнить этот пробел – разработать необходимое приборное обеспечение химзащитных работ.

Основная часть

Для штанговых опрыскивателей неравномерность распределения допускается не более 25 %. Считается, что такой величины можно достичь при отклонении расхода жидкости между отдельными распылителями на штанге в пределах 5 % от среднего и при отсутствии дефектов в факелах распыла. Кроме перечисленного для достижения равномерного распределения должна иметь место и идентичность распределений рабочей жидкости по ширине захвата всех установленных на штанге распылителей.

Сравнить же кривые распределения отдельных распылителей можно только в процессе стационарных стендовых испытаний. Распылители даже одного типоразмера, установленные на штанге могут давать по мере износа отклонения расхода жидкости от среднего в 1,5 – 6 раз больше допустимого.

Всего в парке сельскохозяйственных машин республики насчитывается около 5 тыс. опрыскивателей без учета их технического состояния (полная потребность – 8500 единиц). Более половины от имеющихся опрыскивателей находятся за пределами амортизационного срока эксплуатации. В условиях общего дефицита и изношенности аппаратуры чрезвычайно важной является точная настройка и правильная их эксплуатация. Следовательно, чрезвычайно важной является разработка необходимых приборов, с помощью которых можно оценивать фактическое техническое состояние опрыскивателей и осуществлять их точную настройку на заданную дозу вылива рабочего раствора [1]. Это неперенное условие повышения экономической и экологической эффективности применения химических средств защиты растений.

Испытание и подборку распылителей эффективнее всего осуществлять централизованно в районных отделениях «Белагросервис», где имеется возможность обучить методике

проведения работы специалиста, приобрести и установить необходимое оборудование.

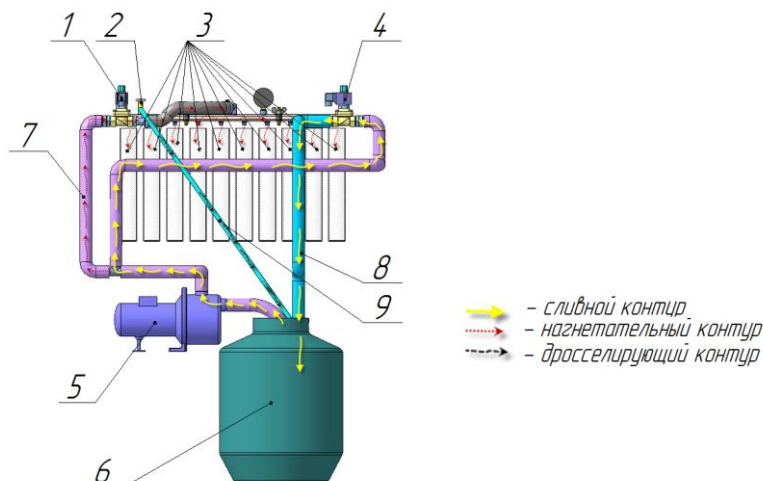
Предлагаемый стенд работает следующим образом. Перед началом работы емкость 6 (рисунок 1) заполняется водой, оператор устанавливает на делитель партию распылителей в количестве 10 шт., подлежащих селективной подборке.

В зависимости от параметров испытуемого распылителя на панели управления (рисунок 2) выставляется время цикла измерений t_{CI} . Затем нажатием на кнопку «Пуск» на панели управления запускается водяной насос 5 (рисунок 1), подающий рабочую жидкость из резервуара в нагнетательный трубопровод 7 и далее через сливной трубопровод рабочая жидкость возвращается в емкость 6. При этом электромагнитный клапан 4, установленный перед сливным трубопроводом 8 открыт.

При установившемся режиме работы водяного насоса и достижении требуемого рабочего давления (в зависимости от типа испытуемого распылителя 0,2 – 0,5 МПа) оператор нажимает на кнопку «Тест» расположенную на панели управления. При этом сливной электромагнитный клапан закрывается, а клапан установленный перед делителем открывается и рабочая жидкость начинает циркулировать через делитель и установленные на нем распылители.

Мерные цилиндры начинают заполняться рабочей жидкостью в течении заданного в начале работы времени цикла измерений t_{CI} , по истечении которого, на контакты электромагнитного клапана 1 подается напряжение и он перекрывает течение рабочей жидкости к делителю, а клапан 4 установленный перед сливным трубопроводом открывается и жидкость устремляется в резервуар.

Система циркуляции рабочей жидкости включает сливной, нагнетательный и дросселирующий контуры (рисунок 1) и состоит из запорного 1 и сливного 4 клапанов электромагнитных, крана 2, цилиндров 3, насоса 5, бочки 6, нагнетательного 7, сливного 8 и дросселирующего 9 трубопроводов.

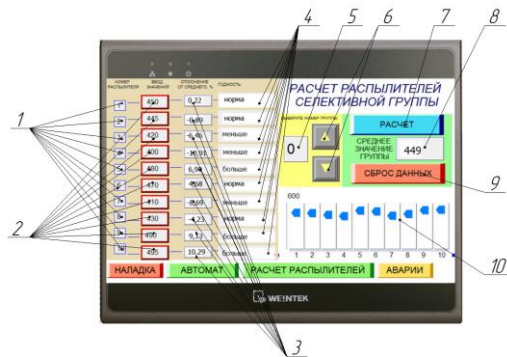


1 – клапан электромагнитный (запорный); 2 – кран; 3 – цилиндр; 4 – клапан электромагнитный (сливной); 5 – насос; 6 – бочка; 7 – нагнетательный трубопровод; 8 – сливной трубопровод; 9 – дросселирующий трубопровод

Рисунок 1 – Система циркуляции рабочей жидкости в контурах стенда

Для выбраковки распылителей разработан алгоритм, который реализован в программе, записанной в памяти промышленного логического контроллера, установленного на стенде. Панель управления оператора (рисунок 2) при этом служит для ввода переменных, которые передаются для обработки программой, а также для обработки результатов вычислений.

Для выбраковки распылителей необходимо нажать на кнопку 7 «Расчет» окна выбраковки распылителей (рисунок 2), в результате в поле 8 «Среднее значение группы» отобразится среднее значение объема, занимаемого рабочей жидкостью в цилиндрах, в полях 3 «Отклонение от среднего, %» отобразятся соответствующие значения отклонения от среднего значения объема, занимаемого рабочей жидкостью в мерных цилиндрах; в полях ввода 4 отобразится информация о необходимости выбраковки соответствующего распылителя; гистограмма 10 перестроится и отобразит распределение рабочей жидкости в мерных цилиндрах.



1 – поля номера распылителя (информационное, нередактируемое); 2 – поля ввода текущих значений объема рабочей жидкости в цилиндрах (редактируемые); 3 – поля, отображающие относительное отклонение объема рабочей жидкости в цилиндре от среднего (информационное); 4 – поля, отображающие необходимость выбраковки распылителя; 5 – поле отображающее номер текущей группы; 6 – переключатели текущей группы; 7 – кнопка расчета; 8 – поле, отображающее среднее значение объема рабочей жидкости в мерных цилиндрах; 9 – кнопка сброса данных, 10 – область гистограммы расхода

Рисунок 2 – Окно выбраковки распылителей

Однако, установка селективно подобранных распылителей на штанге опрыскивателя не снимает необходимости постоянного контроля за их состоянием в процессе эксплуатации, так как возможен неравномерный их износ, повреждение выходных отверстий. Кроме того, часто возникают нарушения в работе узлов и механизмов опрыскивателей, определить соответствие которых технологическим и эксплуатационным требованиям можно только инструментальным путем. Проверять опрыскиватели необходимо не менее трех раз за сезон [2].

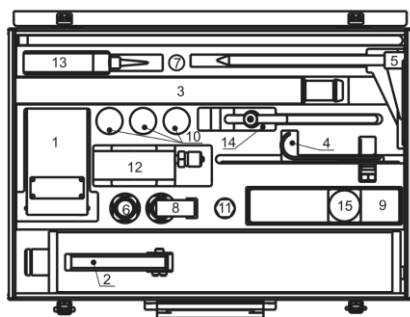
В процессе эксплуатации опрыскивателей происходит неравномерный износ и повреждение распылителей, изменение положения их относительно секций штанг, износ насосов, регуляторов расхода, манометров, запорной аппаратуры. Всё это приводит к изменению производительности вылива рабочего раствора, неравномерному его распределению и потерям.

Выполнить диагностику всех узлов опрыскивателя, их настройку и регулировку можно также только инструментальным путём.

Однако в настоящее время в хозяйствах республики практически нет никакого приборного обеспечения химзащитных работ, кроме мерной кружки. Поэтому опрыскиватели настраиваются на заданную дозу вылива практически «на глаз». Что недопустимо, так как пестициды, применяемые в Республике Беларусь, – это большая группа токсичных химических веществ, которые являются потенциально опасными как для человека, так и для окружающей природной среды.

В аграрноразвитых странах опрыскиватели в обязательном порядке тестируются не менее 2х раз за сезон, используя стационарные дорогостоящие компьютеризированные стенды. При этом выдается на каждую машину сертификат соответствия, разрешающий её эксплуатацию.

Таким образом, разработка и освоение производства портативного прибора для тестирования, регулировки и настройки всех узлов опрыскивателей как на стационаре так и в полевых условиях является чрезвычайно актуальной задачей.



- 1 – блок индикации; 2 – датчик расхода; 3 – трубка-пропорционатор; 4 – угломер; 5 – штатив; 6 – тройник; 7 – насадка; 8 – ключ; 9 – воронка; 10 – насадка; 11 – переходник; 12 – манометр; 13 – масляная; 14 – зажим лабораторный; 15 – трубка лабораторная

Рисунок 3 – Перспективная схема прибора для настройки и тестирования опрыскивателей

С помощью такого прибора будет возможным проверять исправность регулятора давления с демпферным устройством, исправность манометра, производительность насоса, величину полууглов факела распыла и его симметричность относительно выход-

ного отверстия распылителя, фактический расход рабочей жидкости через каждый распылитель.

В соответствии с рисунком 3 прибор состоит из блока индикации 1; датчика расхода 2; трубки-пропорционатора 3; угломера 4; штатива 5; тройника 6; насадки 7; ключа 8; воронки 9; насадки 10; переходника 11; манометра 12; масленки 13; зажима 14 и струбины 15.

Датчиком расхода 2 отбирают пробы жидкости. Он состоит из накопительной емкости, измерительной стеклянной трубки с поплавком и двумя фотодатчиками, электрического кабеля с разъемом.

Принцип работы его основан на управлении отсчета временного интервала при перемещении поплавка в измерительной трубке по мере заполнения накопительной емкости рабочей жидкостью.

Блок индикации 1 отсчитывает временные интервалы и состоит из электронной платы с цифровым табло, тумблера включения, элементов питания, разъема для подключения датчика.

Блок индикации получает сигнал от фотодатчиков расходомера и отсчитывает время прохождения поплавка между ними.

Включается блок индикации и приводится электронная схема в исходное состояние кнопкой, при этом загорается лампочка нижнего фотодатчика. Сигналом, запускающим таймер, выполненный на микросхемах, служит перекрытие светового потока нижнего фотодатчика поплавком. При этом лампочка нижнего фотодатчика гаснет и загорается лампочка верхнего фотодатчика. Остановка таймера происходит при перекрытии светового потока верхнего фотодатчика поплавком.

На цифровом табло индикации фиксируется значение временного интервала, а лампочка верхнего фотодатчика погасает.

Таким образом, предложенные стенд и прибор позволят осуществлять контроль технического состояния опрыскивателей и, в итоге, существенно повысить качество выполнения химзащитных работ.

Заключение

Стенд позволит идентифицировать распылители по расходу и по качеству распыла рабочей жидкости пестицидов, заранее отбраковав их, в том числе и по видимым дефектам факелов.

Прибор позволит проверять фактический расход рабочей жидкости через каждый распылитель установленный на штанге, определить неравномерность распределения рабочего раствора пестицидов по ее ширине захвата, оценить исправность регулятора давления с демпферным устройством, исправность манометра, производительность насоса, величину полууглов факела распыла и правильность установки распылителей относительно штанги.

Список использованной литературы

1. Степук, Л.Я. Машины для применения средств химизации в земледелии, расчет, регулировки: учеб. пособие / Л.Я. Степук, В.Н. Дашков, В.Р. Петровец. – Минск: Дикта, 2006. – 448 с.: ил.
2. Степук, Л.Я. Механизация процессов химизации и экология / Л.Я. Степук, И.С. Нагорский, В.П. Дмитрачков. – Минск: Ураджай, 1993. – 272 с., ил.

УДК 631.358: 519.711.3

В.Б. Попов к.т.н., доцент

УО ГГТУ им. П.О. Сухого, г. Гомель, Республика Беларусь

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ РЕАКЦИИ НА БАШМАКЕ АДАПТЕРА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Введение

Одна из причин потери корма во время его уборки кормоуборочным комбайном (КК) связана, с нарушением правильного функционирования механизма вывешивания адаптера (МВА) комбайна. МВА предназначен для непрерывного копирования рельефа башмаками адаптера в заданном вертикальном диапазоне. Наиболее информативной характеристикой, описывающей копирование, являются силы реакции от опорной поверхности, действующие на башмаки жатки.

Основное требование к МВА состоит в стабилизации давления башмаков на опорную поверхность и безотрывном её копировании

башмаками, обеспечивающем заданную высоту среза кормовой культуры.

Основная часть

Колеса измельчителя копируют рельеф, оказывая влияние на положение жатки и её режущего аппарата, совершающих сложное движение относительно измельчителя. При этом жатка контактирует с опорной поверхностью лишь небольшой частью своего веса, а большая его часть через МВА компенсируется, чаще всего, механическими пружинами.

Цель работы заключается в доработке формализованного описания расчета МВА и уточнении аналитического описания сил реакции со стороны опорной поверхности на башмаки.

МВА КК представляет пространственный механизм, состоящий из двух одинаковых секций, снабженных блоками пружин и расположенных симметрично относительно продольной плоскости симметрии адаптера. В идеализированной 3D модели МВА оси, проходящие через центры шарниров его несжимаемых звеньев параллельны друг другу. Тогда правая и левая части МВА, будучи спроецированы плоскость симметрии КК, образуют плоский аналог пространственного МВА (рис.1).

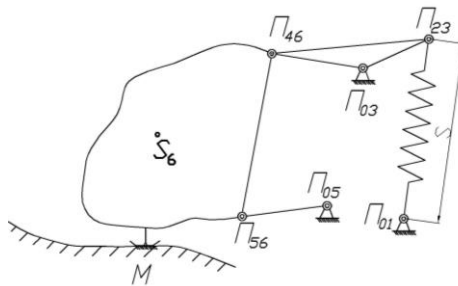


Рисунок 1 – Схема плоского аналога МВА адаптера кормоуборочного комбайна, контактирующего с опорной поверхностью

Структурный анализ идентифицирует представленную на рис.1 кинематическую цепь как одноподвижный шестизвенник [1]. Положение характерных точек выходного звена цепи – центра тяжести жатки (S_6) и точки контакта башмака с опорной поверхностью (M) однозначно определяется обобщенной координатой.

натой С. Геометрический и кинематический анализ МВА выполняются в правой декартовой системе координат XOY , а кинематическая цепь представляется замкнутыми векторными контурами (рис.2).

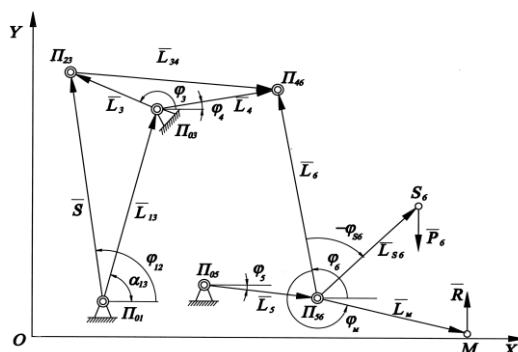


Рисунок 2 – Векторная интерпретация плоского аналога МВА

В результате получены аналитические выражения для координат центра тяжести жатки (X_{S_6} , Y_{S_6}) и точки контакта башмака с опорной поверхностью (X_M , Y_M):

$$\begin{aligned} X_{S_6}(S) &= X_{S_6}(S) + L_{S_6} \cdot \cos(\varphi_6(S) - \varphi_{S_6}) \\ Y_{S_6}(S) &= Y_{S_6}(S) + L_{S_6} \cdot \sin(\varphi_6(S) - \varphi_{S_6}) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} X_M(S) &= X_{S_6}(S) + L_M \cdot \cos(\varphi_6(S) - \varphi_M) \\ Y_M(S) &= Y_{S_6}(S) + L_M \cdot \sin(\varphi_6(S) - \varphi_M) \end{aligned} \quad (2)$$

где, $X_{S_6}(S)$, $Y_{S_6}(S)$ - координаты оси подвеса жатки; L_{S_6} , φ_{S_6} и L_M , φ_M - параметры, жестко связывающие характерные точки со звеном L_6 .

Дифференцируя выражения (1) и (2) по времени и выполняя некоторые преобразования [2], получим аналитические выражения для аналогов вертикальных составляющих линейных скоростей этих точек, представляющих передаточные числа МВА:

$$I_{S6} = \varphi_3' \cdot [U_{53} \cdot L_5 \cdot \cos \varphi_5 + U_{63} \cdot L_{S6} \cdot \cos(\varphi_6 - \varphi_{S6})] \quad (3)$$

$$I_M = \varphi_3' \cdot [U_{53} \cdot L_5 \cdot \cos \varphi_5 + U_{63} \cdot L_M \cdot \cos(\varphi_6 - \varphi_M)] \quad (4)$$

где, φ_3' - аналог угловой скорости звена $L_3(L_4)$; U_{53}, U_{63} - передаточные отношения, связывающие соответственно угловые скорости звеньев L_5, L_3 и L_6, L_3 .

$$U_{53} = \frac{L_4 \cdot \sin(\varphi_4 - \varphi_6)}{L_5 \cdot \sin(\varphi_5 - \varphi_6)} \quad U_{63} = \frac{L_4 \cdot \sin(\varphi_4 - \varphi_5)}{L_6 \cdot \sin(\varphi_5 - \varphi_6)}$$

При копировании опорной поверхности вертикальная координата контакта башмака с ней (Y_M) непрерывно изменяет свое положение относительно точки аналогичного контакта колеса измельчителя. Её вертикальные колебания сопровождаются изменениями обобщенной координаты - S , что приводит к изменению растяжения пружины $\Delta X(S)$ [3]. Предварительное растяжение пружины $\Delta X(S_0)$ рассчитывается по формуле:

$$\Delta X(S_0) = \frac{P \cdot I_{S6}(S_0) - R_0 \cdot I_M(S_0)}{C} \quad (5)$$

где, C - жесткость пружины (блока пружин); R_0 - настраиваемая сила давления башмака при равенстве вертикальных координат точек контакта с поверхностью у него и колеса КК.

Реакция R на башмаке (рис. 2) это сила противодействия давлению со стороны башмака на опорную поверхность. В заданном диапазоне колебания Y_M реакция на башмаке рассчитывается по выражению:

$$R = \frac{1}{I_M} \cdot [P_6 \cdot I_{S6} - C \cdot \Delta X(S) + F_{mp}^{np} \pm F_{ин}^{np}] \quad (6)$$

Приведенная к пружине сила трения зависит от силы трения скольжения башмаков об опорную поверхность, сил трения в шарнирах, а также геометрических и кинематических параметров МВА [5].

$$F_{mp}^{np}(S) = F_{mp} + r \cdot f_{mp} \cdot \left\{ \sum_{i=1}^7 R_{0i}(S) \cdot \varphi'_i(S) + \sum R_{ij}(S) \cdot [\varphi'_i(S) \pm \varphi'_{i+1}(S)] \right\} \quad (7)$$

где F_{mp} - сила трения башмаков об опорную поверхность r - радиус шарниров рычагов и тяг МВА; f_{mp} - коэффициент трения; $R_{0i}(S), R_{ij}(S)$ - силы, действующие в неподвижных и подвижных шарнирах МВА; $\varphi'_i, \varphi'_{i+1}$ - аналоги угловых скоростей звеньев МВА.

Сложное движение адаптера относительно измельчителя, порождает силу инерции [4]. Приведенная к пружине (блоку пружин) сила инерции адаптера определяется по выражению:

$$F_{ин}^{np} = m_6 \cdot a_{S6} \cdot I_{S6} + J_6 \cdot \varepsilon_6 \cdot \varphi'_6 \quad (7)$$

где m_6, J_6 - соответственно масса и момент инерции адаптера; a_{S6}, ε_6 - соответственно линейное и угловое ускорения адаптера; φ'_6 - аналог угловой скорости адаптера.

Модуль линейного ускорения адаптера (a_{S6}) определяется по известному выражению, а переменные под радикалом - результат двойного дифференцирования по переменной t выражений (1):

$$\begin{aligned} a_{S6} &= \sqrt{\ddot{X}_{S6}^2 + \ddot{Y}_{S6}^2} \quad (8) \\ \ddot{X}_{S6} &= -\ddot{X}_{56} - L_{S6} \cdot [\omega_6^2 \cdot \cos(\varphi_6 - \varphi_{S6}) + \varepsilon_6 \cdot \sin(\varphi_6 - \varphi_{S6})] \\ \ddot{Y}_{S6} &= \ddot{Y}_{56} + L_{S6} \cdot [\varepsilon_6 \cdot \cos(\varphi_6 - \varphi_{S6}) + \omega_6^2 \cdot \sin(\varphi_6 - \varphi_{S6})] \\ \ddot{X}_{56} &= -L_{S6} \cdot [\varepsilon_5 \cdot \sin \varphi_5 + \omega_5^2 \cdot \cos \varphi_5] \\ \ddot{Y}_{56} &= L_{S6} \cdot [\varepsilon_5 \cdot \cos \varphi_5 - \omega_5^2 \cdot \sin \varphi_5]. \end{aligned}$$

Угловое ускорения адаптера - ε_6 определяется дифференцированием по переменной t угловой скорости - ω_6 звена L_6 :

$$\omega_6 = \varphi'_6 \cdot \dot{S} \quad \varepsilon_6 = \frac{d\omega_6}{dt} = \frac{d(\varphi'_6 \cdot \dot{S})}{dS} \cdot \frac{dS}{dt} = \varphi''_6 \cdot \dot{S}^2 + \varphi'_6 \cdot \ddot{S} \quad (9)$$

где, φ'_6, φ''_6 - аналоги угловых скорости и ускорения звена L_6 (адаптера); $\ddot{S}$ и $\dot{S}$ - ускорение и скорость обобщенной координаты.

$$\begin{aligned}\varphi'_6 &= \varphi'_3 \cdot U_{63} & \varphi''_6 &= \varphi''_3 \cdot U_{63} + \varphi'_3 \cdot U'_{63} \\ \varphi'_3 &= \frac{2 \cdot S}{\sqrt{4 \cdot L_{13}^2 \cdot L_3^2 - [S^2 - (L_{13}^2 + L_3^2)]^2}} \\ \varphi''_3 &= \frac{2 \cdot [S^4 - (L_3^2 - L_{13}^2)^2]}{\sqrt{\{4 \cdot L_{13}^2 \cdot L_3^2 - [S^2 - (L_{13}^2 + L_3^2)]^2\}^3}}.\end{aligned}$$

Угловые скорость - ω_5 и ускорение - ε_5 тяги L_5 определяется аналогично параметрам ω_6 и ε_6 :

$$\begin{aligned}\omega_5 &= \varphi'_5 \cdot \dot{S} & \varepsilon_5 &= \varphi''_5 \cdot \dot{S}^2 + \varphi'_5 \cdot \ddot{S} \\ \varphi'_5 &= \varphi'_3 \cdot U_{53} & \varphi''_5 &= \varphi''_3 \cdot U_{53} + \varphi'_3 \cdot U'_{53}.\end{aligned}$$

Здесь U'_{53} и U'_{63} - производные от передаточных отношений U_{53} и U_{63} по обобщенной координате S .

Ускорение и скорость обобщенной координаты определяются из связи между колебаниями S и вертикальной координаты точки контакта башмака с опорной поверхностью Y_M .

Заключение

Поддержание требуемой высоты среза кормовой культуры обеспечивается постоянным контактом башмаков с опорной поверхностью. Однако чрезмерное давление башмаков разрушает стерню, при этом сами они быстрее изнашиваются, а недостаточное - провоцирует галопирование жатки и сопутствующую повышенному срезу потерю кормов.

Влияние сил инерции и трения на характер копирования микрорельефа увеличивается по мере роста кинематического воздействия со стороны опорной поверхности и скорости КК [4]. В динамике изменение силы реакции на башмаках адаптера, в заданном диапазоне копирования, выражено резче, чем в статике.

На начальной стадии разработки МВА рекомендуется использовать его статическую характеристику [3]. Окончательный вариант МВА рекомендуется синтезировать с учетом сил инерции и трения.

Список использованной литературы

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов. – М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1988. – 640с.
2. Попов В.Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого 2000, №2, С. 25 - 29.
3. Попов В.Б. Формирование функциональной математической модели механизма вывешивания адаптера кормоуборочного комбайна «Полесье-3000» // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого 2010, №4, С. 37-44.
4. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов, Л, 1970. – 375с.
5. Попов В.Б. Дополнение формализованного описания механизма вывешивания адаптера кормоуборочного комбайна // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого 2015, №1, С. 3 – 10.

УДК 519.6+681.3.012

А.А. Тиунчик, к.ф.-м.н., доцент

*Белорусский государственный аграрный
технический университет, г. Минск, Республика Беларусь*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Реализация стратегии точного земледелия основана на управлении продуктивностью растений на основе оперативного анализа изменений агротехнических показателей и состояния растений. Информация о пространственных и временных изменениях агротехнических параметров дает возможность эффективно воздействовать на них, что способствует повышению урожайности и качества сельхозпродукции, минимизации затрат, улучшению экологической

обстановки. Таким образом, эффективность точного земледелия существенно зависит от скорости и точности нахождения этих параметров. [1]

В настоящее время наиболее успешным инструментом получения информации, необходимой для точного земледелия, является дистанционное зондирование Земли с использованием космических, пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов. При этом системы дистанционного зондирования должны отвечать следующим условиям [2]:

- оперативность сбора данных и их первичной обработки;
- высокое пространственное разрешение;
- достаточно высокая точность определения биофизических параметров состояния растений;
- возможность проведения не менее 5–6 сеансов получения информации в течение периода вегетации;
- возможность предоставления результатов в доступных пользователю форматах;
- приемлемая стоимость данных.

Космические аппараты позволяют получать снимки с высоты более 80–100 км. Такие снимки используются для изучения природных ресурсов и решения задач метеорологии. Однако снимки, получаемые с космических аппаратов, не всегда приемлемы для решения задач точного земледелия, так как эти снимки имеют недостаточное качество, обусловленное низким пространственным разрешением и негативным влиянием атмосферных явлений, в частности, облачностью. Кроме того, получение снимков с космических аппаратов не отвечает требованию оперативности.

Пилотируемые и беспилотные летательные аппараты позволяют получать снимки с высоты от сотен метров до 20 км. Преимущества съемки с летательных аппаратов перед космической съемкой состоят в том, что:

- съемка может быть выполнена вне зависимости от облачности;
- достигается оперативность получения данных после съемки;
- площадь, покрываемая снимками, задается пользователем индивидуально в зависимости от задач;

- разрешение снимков составляет 10-20 см.

Таким образом, наиболее перспективным направлением получения объективной информации, необходимой для решения задач точного земледелия, можно считать использование беспилотных летательных аппаратов совместно с космическим мониторингом [3].

Применение беспилотных летательных аппаратов, в свою очередь, имеет ряд преимуществ перед применением пилотной авиации. Беспилотники могут летать на малой высоте (до 30 м), на результативность их работы не влияет облачность, для их полетов не нужно получать специальное разрешение (коридор), они легки в эксплуатации.

Для применения беспилотных летательных аппаратов необходима разработка большого количества электронных средств автономной навигации, цифровой обработки сигналов, реализации алгоритмов распознавания образов и т.д. К электронным устройствам должны применяться требования надежности, долговечности, высокой скорости обработки данных, приемлемой стоимости. Всем этим требованиям отвечают устройства, проектируемые на базе FPGA (Field Programmable Gate Arrays).

Эффективное создание FPGA-процессоров может быть достигнуто за счет предварительной разработки формализованных вычислительных моделей, имеющих аналогичную архитектуру. Примерами таких моделей являются систолические процессоры [4-6].

Систолические процессоры – высокоэффективные специализированные многопроцессорные устройства, хорошо приспособленные для СБИС или FPGA реализации и использующие преимущества параллельной и конвейерной обработки информации.

Высокая эффективность систолических процессоров достигается за счет значительной степени соответствия между архитектурой процессора и структурой алгоритма, реализуемого на этом процессоре. Одним из наиболее эффективных способов обеспечить такое соответствие является представление реализуемых алгоритмов в форме графовых моделей [4-7], которые должны удовлетворять ряду ограничений, накладываемых архитектурой. Графовые модели можно рассматривать как специфические геометрические объекты, преобразуемые алгебраическими средствами; они могут быть ис-

пользованы и для представления, и для построения новых алгоритмов.

В настоящее время разработаны формализованные процедуры проектирования систолических процессоров. К основным этапам проектирования относятся: представление реализуемого алгоритма в специальном виде, построение графовой модели, отображение этой модели на вычислительную структуру.

Формализованное проектирование систолического устройства [7] основывается на построении графовой модели реализуемого алгоритма — графа зависимостей. Построение графа зависимостей основано на представлении исходного алгоритма однородными рекуррентными уравнениями

$$x_i(v) = F_i(x_1(v - \varphi_{x_1}), x_2(v - \varphi_{x_2}), \dots, x_p(v - \varphi_{x_p})), \quad (1)$$

$1 \leq i \leq p$, $p \in \mathbf{N}$, $v \in V \subset \mathbf{Z}^m$, где $x_1, x_2, \dots, x_p$ — переменные алгоритма, v — m -мерный вектор (точка m -мерной целочисленной решетки $\mathbf{Z}^m$); F_i — функция p переменных $x_1, x_2, \dots, x_p$, а $\varphi_{x_1}, \varphi_{x_2}, \dots, \varphi_{x_p}$ — m -мерные векторы. Область V называется областью вычислений.

Алгоритм (1) может быть представлен графом зависимостей, вершины которого идентифицируются с точками $v \in V$, а дуги идентифицируются с векторами $\varphi_{x_1}, \varphi_{x_2}, \dots, \varphi_{x_p}$. Множество вершин графа совпадает с областью вычислений V . Множество дуг $E \subset V \times V$ характеризуется множеством векторов $\Phi = \{\varphi_{x_1}, \varphi_{x_2}, \dots, \varphi_{x_p}\}$. Вектор φ_{x_i} , соответствующий дуге для пересылки данного x_i из вершины v_1 в вершину v_2 , определяется координатами $\varphi_{x_i} = (v_2 - v_1)$. Если $(v - \varphi_{x_i}) \in V$, то вектор φ_{x_i} называется вектором зависимости. Если $(v - \varphi_{x_i}) \notin V$, то точка v называется точкой ввода; если $(v + \varphi_{x_i}) \notin V$, то точка v называется точкой вывода. Предполагается, что соответствующие векторы ввода или вывода φ_{x_i} не имеют длины и направления.

Предполагается, что ГЗ является строго направленным, т.е. существует такой целочисленный вектор τ , $\tau \in \mathbf{Z}^m$, который образует острые углы со всеми векторами зависимостей φ_{x_i} :

$$\langle \tau, \varphi_{x_i} \rangle > 0, \quad 1 \leq i \leq p,$$

где $\langle \cdot, \cdot \rangle$ обозначает скалярное произведение.

Пространственное отображение m -мерного графа зависимостей на одномерный или двумерный систолический процессор осуществляется линейным оператором $\Pi: \mathbf{Z}^m \rightarrow \mathbf{Z}^r$, $r=1$ или $r=2$. Под действием оператора Π множества вершин, размещенные в вершинах графа зависимостей, отображаются на процессорные элементы. Функционирование каждого процессорного элемента определяется множеством операций, приписанных отображаемым на этот процессорный элемент вершинам графа зависимостей.

Использование линейных операторов специального вида автоматически сохраняет исходную локальность векторов зависимости, что обеспечивает получение массивов с локальными межсоединениями. Таким образом, проектирование систолических процессоров (не имеющих глобальных межсоединений) предпочтительно осуществлять на основе ГЗ, представляющих собой отдельные подалгоритмы и имеющих только локальные дуги как внутри отдельных блоков, так и между этими блоками.

Необходимо отметить, что если ГЗ не ограничен или его размеры в направлениях, задаваемых некоторыми векторами $\xi_1, \xi_2, \dots$, неизвестны заранее (и могут даже определяться параметрами, генерируемыми в ходе реализации вычислительного процесса), то необходимо, чтобы подпространство, порожаемое векторами $\xi_1, \xi_2, \dots$, входило в ядро оператора Π . Такое отображение позволяет проектировать конечные систолические процессоры для реализации произвольного числа итерационных шагов алгоритма.

Существует ряд формализованных методик [8-10] построения и отображения графовых моделей для реализации алгоритмов, имеющих такие же особенности, как и алгоритмы цифровой обработки сигналов и распознавания образов.

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время имеется достаточная научная база для разработки миниатюрных, надежных, высокоэффективных и недорогих электронных устройств для оснащения ими беспилотных летательных аппаратов, ориентированных на решение задач точного земледелия. Разработанная сквозная теория проектирования FPGA-процессоров на основе формализованной теории синтеза систолических процессоров позволяет быстро и надежно отображать вычислительные алгоритмы на миниатюрные многопроцессорные вычислительные устройства, применимые на беспилотных летательных аппаратах.

Список использованной литературы

1. Личман Г.И., Марченко Н.М. Использование космического мониторинга и дистанционного зондирования в системе точного земледелия // Геоматика. – 2011 – № 4. С. 89–93.
2. Barnes, E.M., Moran, M.S., Pinter, P.J. Jr and Clark, T.R. 1996. Multispectral remote sensing and sitespecific agriculture: examples of current technology and future possibilities. Published in Proc. Of 3rd Int. Conf. on Precision Agriculture, June 23-26, 1996, Minneapolis, Minnesota, ASA. P.843-854.
3. Cochran, R.D. Detecting Agricultural Trends and Evaluating Remote Sensing for Precision Agriculture. 4th International Conference on Precision Agriculture and Other Resources Management. The Center for Precision Agriculture. University of Minnesota. Abstract. 2000.
4. Воеводин В.В. Математические модели и методы в параллельных процессах. М.: Наука, 1986.
5. Kung S.-Y. VLSI Processor Arrays. Prentice-Hall Int., 1988.
6. Quinton P., Robert Y. Systolic algorithms and architectures. Prentice-Hall and Masson, 1989.
7. Kosianchouk V.V., Likhoded N.A., Sobolevskii P.I. // Synthesis of systolic architecture arrays. Мн., 1992. Препринт/Институт математики АНБ: № 6 (484).
8. Тиунчик А.А. О проектировании многоуровневых систолических процессоров // Доклады АНБ. - 1994. - Т. 38, № 4. С.16-18
9. Tiountchik A.A. Systolic Modular Exponentiation via Montgomery Algorithm // Electronics Letters. 1998. Vol. 34. N 9. P. 874-875.

10. Trichina E., Tiountchik A. Scalable algorithm for Montgomery multiplication and its implementation on the coarse-grain reconfigurable chip // Lecture Notes in Computer Science, N 2020. Springer-Verlag, 2001. P. 235-249.

УДК 631.3(075.8)

Сливинский Е.В., д.т.н., профессор, Радин С.Ю., к.т.н., доцент

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина,

г. Елец, РФ

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ СПЛОШНОЙ ОБРАБОТКИ СТЕРНИ

В настоящее время в мировой практике сельскохозяйственного производства широко используются различные по конструкции культиваторы, предназначенные для сплошной обработки стерни.

Известны конструкции культиваторов, предназначенных для сплошной обработки стерни [1]. Так, например, в работе [1] описан и показан культиватор КШН-5,6, предназначенный для сплошной обработки паров, предпосевного рыхления и подрезания сорняков. Такой культиватор состоит из рамы, на которой жестко закреплены стойки с рабочими органами. Несмотря на свою эффективность использования, такой культиватор обладает существенным недостатком, заключающимся в том, что стойки рабочих органов имеют постоянную изгибную жесткость и поэтому использовать его на производстве вышеуказанных работ можно только в тех случаях, когда они рассчитаны на изгиб, на обработку почвы, имеющей определенную твердость. Если твердость почвы будет выше чем та, на которую рассчитаны стойки рабочих органов, то работа культиватора на ней окажется не эффективной за счет значительной упругой деформации последних при движении культиватора.

Известна также конструкция культиватора, предназначенного для сплошной обработки стерни [2], где на стр.4 показана стойка с рабочим органом культиватора, обладающая хорошими возможностями заглубляться в почву.

В этом случае работа такого технического решения происходит за счет наличия комплекта винтовых пружин сжатия, установлен-

ных в пространстве между рамой культиватора и стойкой, несущей рабочий орган, жесткость которых изменяется в ручную в зависимости от твердости обрабатываемой культиватором почвы. Недостатком такой конструкции является её сложность и невозможность изменения жесткости комплекта винтовых пружин сжатия в автоматическом режиме при обработке почв, имеющих различную твердость.

В ЕГУ им. И.А. Бунина на кафедре механики и технологических процессов на протяжении ряда лет проводится бюджетная НИР на тему «Динамика, прочность и надёжность транспортных, строительного-дорожных и сельскохозяйственных машин, а также стандартного промышленного и нестандартного оборудования, используемого в Чернозёмном регионе Российской Федерации» и одним из её разделов является направление, связанное с совершенствованием различных по конструкции культиваторов, широко используемых в агропромышленном комплексе страны.

Рассмотрим разработанную нами перспективную конструкцию стойки с рабочим органом культиватора для сплошной обработки почвы, признанную изобретением RU2544618.

Так на рис.1 показан общий вид стойки и её крепление к раме культиватора в перспективе, её сечение по АА с расположенными деталями, а также сечение по АА, но без ряда деталей, размещенных в стакане цилиндрической формы.

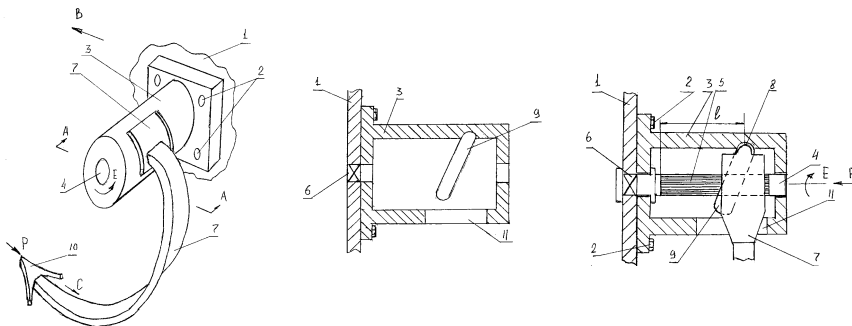


Рисунок 1 – Общий вид стойки

Культиватор состоит из рамы 1, к которой жестко, с помощью болтов 2, присоединен стакан 3. В стакане 3 расположен палец 4, снабженный шлицами 5 и участком квадратного сечения 6, размещенного в раме 1. На шлицах 5 подвижно относительно продольной оси пальца 4, установлена стойка 7, снабженная выступом 8, расположенным подвижно в наклонной канавке 9, выполненной в стакане 3, а на другом конце стойки 7 закреплен рабочий орган 10. В стакане 3 изготовлено окно 11.

Работает культиватор следующим образом. При поступательном движении культиватора совместно с трактором, на который он навешан (на рисунках трактор и культиватор в целом не показаны) по стрелке В (рис.1) его заглубленный в почву рабочий орган 10, совместно со стойкой 9, движутся в этом же направлении при этом, к рабочему органу 10 приложена сила сопротивления движению P , за счет которой и происходит рыхление почвы. Такое положение рабочего органа 10 и стойки 7 обеспечивает определенное значение жесткости K_{φ} пальца 4, выполненного из упругих сортов стали, например, Сталь 65Г. Предположим теперь, что усилие P возросло за счет увеличения твердости почвы и тогда под действием такого усилия произойдет некоторое перемещение по стрелке C рабочего органа 10, а, следовательно, и его стойки 4. Такое перемещение способствует угловому повороту стойки 7 по стрелке E совместно с пальцем 4, за счет наличия между ними шлицев 5. Но так как выступ 8 стойки 7 расположен подвижно в пазу 9, то стойка 7 получит линейное перемещение на шлицах 5 пальца 4 по стрелке F . В случае, как видно на рис.1, расстояние l , характеризующее рабочее положение стойки 7 уменьшится и тогда моментально увеличится жесткость K_{φ} пальца 4. Такое явление широко известно практике и описывается зависимостью:

$$K_{\varphi} = \frac{GJ}{ld^2},$$

где: G - модуль упругости второго рода, H/mm^2 ;

I – момент инерции пальца, $см^4$;

l – длина пальца, $мм$;

d – диаметр пальца, $мм$.

Следовательно, раз жесткость пальца 4 возросла, то и дальнейшая упругая угловая деформация его по стрелке E не произойдет.

После прохода рабочим органом 10 участка почвы с такой твердостью под действием упругих сил палец 4 возвратится в исходное положение, а рабочий орган 10 совместно со стойкой 7 займут положение, показанное на рис.1. В случае обработки почв, имеющих различные твердости, процесс перемещения рабочего органа 10 совместно со стойкой 7 с упругой угловой деформацией пальца 4 будет происходить подобно вышеописанному только лишь с той разницей, что углы закрутки упругого пальца 4 будут разными. Следует также отметить, что предложенное техническое решение является и предохранительным в тех случаях, когда рабочий орган 10 войдёт в контакт с особо твердыми телами, которые могут находиться в почве. В этом случае стойка 7 совместно с рабочим органом 10 получит значительный угловой поворот по стрелке E с пальцем 4, что позволит исключить поломку последних. Далее описанные процессы могут повторяться неоднократно.

Технико-экономическое преимущество предложенного технического решения в сравнении с известными очевидно, так как оно позволяет в автоматическом режиме, за счет упругой угловой деформации пальца, на котором расположена стойка с рабочим органом, приспособляться к почвам, имеющим различную твердость.

Приведем пример численного расчета геометрических характеристик упругого пальца 4 (рис.1), выполненного из Ст65Г по ГОСТ 14959-79 с $[\tau] = 60 \text{ МПа}$ в следующей последовательности. Исходя из того, что на один рабочий орган со стойкой культиватора в процессе обработки почвы действует нагрузка в диапазоне P порядка от 1040 Н до 2160 Н , то закручивающий момент, который воспримет упругий палец при длине стойки $L = 750 \text{ мм}$ будет, например, для $P = 1040 \text{ Н}$ равен $M = P \cdot L = 1040 \cdot 75 = 78000 \text{ Н} \cdot \text{см}$. При детальном изучении предложенного технического решения видно, что тяговое усилие, необходимое для проведения культивации и действующее по стрелке C , воспринимается стаканом 3 (см. рис.1) через расположенную в нём стойку 7, тогда как упругий палец 4 подвержен только чистому кручению без его изгиба. Поэтому конструктивно назначим диаметр пальца равным 20 мм .

Исходя из геометрических характеристик рамы культиватора, также установим конструктивно рабочую длину упругого пальца l

= 300 мм и тогда определим его угол его закручивания λ от действия M приложенного к нему по известной зависимости [3]:

$$\lambda = \frac{2l[\tau]}{Gd_n} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 600}{8 \cdot 10^5 \cdot 2} = 0,02 \text{ рад} = 2,3^\circ \quad (1)$$

Видно, что угловая деформация упругого пальца под действием усилия $P = 1040 \text{ Н}$ составляет $2,3^\circ$.

Вычислим теперь жёсткость $K_{\varphi 1}$ упругого пальца при таком же нагружении по зависимости:

$$K_{\varphi 1} = \frac{GI}{l d_n^2} = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \cdot 2^4}{30 \cdot 2^2} = 10,66 \cdot 10^4 \text{ Н / см} \quad (2)$$

Теперь предположим, что нагрузка возросла с 1040 Н до 2160 Н и тогда угол закручивания γ_2 и жёсткость $K_{\varphi 2}$ упругого пальца определится, но уже от действия $M = P \cdot L = 2160 \cdot 75 = 222920 \text{ Н·см}$, приложенного к нему соответственно по вышеуказанным зависимостям (1) и (2) при этом, считаем что рабочая длина l_2 упругого пальца за счёт наличия наклонной канавки 9 (см. рис.1) уменьшилась и стала равной 20 см:

$$\lambda_2 = \frac{2l_2[\tau]}{Gd_T} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 600}{8 \cdot 10^5 \cdot 2} = 0,015 \text{ рад} = 0,9^\circ.$$
$$K_{\varphi 2} = \frac{GI}{l d_n^2} = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \cdot 2^4}{20 \cdot 2^2} = 16,00 \cdot 10^4 \text{ Н / см}.$$

Анализируя полученные значения $\lambda_2 = 0,9^\circ$ и $K_{\varphi 2} = 16,00 \cdot 10^4 \text{ Н/см}$ видно, что с ростом нагрузки в 2160 Н произошло эффективное демпфирование последней за счёт увеличения жёсткости упругого пальца и тем самым угловой поворот его снизился по сравнению с угловым поворотом упругого пальца равного $2,3^\circ$ при нагрузке стойки с рабочим органом 1040 Н. Поэтому в практике при возможном использовании предложенного технического решения по мере изменения твёрдости почвы и, естественно, увеличения нагрузки от неё на рабочий орган и его стойку за счёт углового поворота упругого пальца и снижения его рабочей длины, будет в ав-

томатическом режиме происходит демпфирование динамических нагрузок, приложенных к последним, а это, в итоге, повысит эксплуатационную надёжность культиватора в целом.

Результаты исследования рекомендуются как отечественным, так и зарубежным НИИ, конструкторским и производственным структурам сельскохозяйственного машиностроения для дальнейшего изучения и доработки предложенных устройств с целью возможного внедрения их в практику.

Список использованной литературы

1. Карпенко А.Н., Халанский В.М.. Сельскохозяйственные машины – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989, 527 с.
2. Рекламный выпуск «Комбинированное орудие для обработки почвы и прямого посева ООО Квернеланд Групп, СНГ, 123557 г. Москва. Средний Тишенский переулоч, д.28, стр.1.
3. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-кн, Кн. 1/Под. ред. П.Н. Учаева. – Изд. 3-е, испр. – М.: Машиностроение, 1988. - 560с.

УДК 631.312

**И.Н. Шилов¹, д.т.н., профессор; Н. Н. Романюк¹, к.т.н., доцент;
С.О. Нукешев², д.т.н., профессор; В.А. Агейчик¹, к.т.н., доцент;
К.В. Сашко¹, к.т.н., доцент**

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, Республика Беларусь; ²Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Республика Казахстан

ОРИГИНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО МАШИНЫ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Введение

Комплексная механизация процессов растениеводства не возможна без научно-обоснованной системы машин, обеспечивающей механизацию всех основных и вспомогательных операций возделывания сельскохозяйственных культур [1].

Целью данных исследований является повышение качества крошения и разравнивания поверхностного пласта почвы.

Основная часть

Проведенный патентный поиск показал, что известен [2] плуг ПЛН-5-35, навешиваемый на трактор и предназначенный для вспашки почв, но он не обеспечивает требуемый уровень крошения и выравнивания почвы.

Известны плуги [3], конструкция которых предусматривает наличие прицепных устройств для борон, однако они не обеспечивают требуемый уровень крошения и выравнивания почвы, так как возможно применение лишь лёгких борон, которые тем не менее существенно затрудняют работу плуга в начале и конце гона.

Известно [4] комбинированное почвообрабатывающее орудие, включающее раму, плужные корпуса и смонтированную на раме плуга под углом к направлению движения посредством рессорных листов борону-гребенку.

Такое комбинированное почвообрабатывающее орудие не обеспечивает качественное крошение и разравнивание пласта почвы после плужной обработки, так как область и возможности воздействия на почву каждого зуба ограничена и оно носит пассивный характер, а предельное число зубьев на гребенке определяется условием прохождения частиц почвы между зубьями без их значительного сгуживания и образования призмы волочения. Сама гребёнка плохо приспособлена к копированию микронеровностей почвы.

Авторами разработано оригинальное комбинированное почвообрабатывающее орудие [5].

На рисунке 1, *а* показан общий вид орудия; на рисунке 1, *б* – вид сверху; на рисунке 1, *в* – конструкция вращателя; на рисунке 1, *г* – звено цепного шлейфа, вид с торца; на рисунке 1, *д* – звено цепного шлейфа, вид сбоку.

Комбинированное почвообрабатывающее орудие содержит раму 1, закреплённые на ней плужные корпуса 2 и две пары рессорных листов 3 и 4 соответственно большего и меньшего размеров, которые закреплены к раме 1 орудия с помощью болтов 5 с возможностью перемещения рессорных листов относительно рамы как в продольном, так и в поперечном направлениях. К рессорным листам 3 и 4 жестко прикреплены цилиндрические корпуса 6

вращателей, закрытых с торцов съёмной 7 и несъёмной 8 крышками. Внутри корпуса 6 установлены две металлопластиковые или стеклопластиковые втулки 9, через центральные отверстия которых проходит металлический шток 10. Один конец штока 10 проходит через центральное отверстие в крышке 8, выступает наружу, а второй, находящийся внутри корпуса 6, оканчивается головкой 11, упирающейся в металлопластиковую втулку 9. На концах рессорных листов 3 и 4 попарно на общей для них оси симметрии, образующей с направлением движения орудия в соответствии с вектором поступательной скорости V угол α , закреплённые вращатели 6 с обращёнными навстречу друг к другу наружными концами штоков 10.

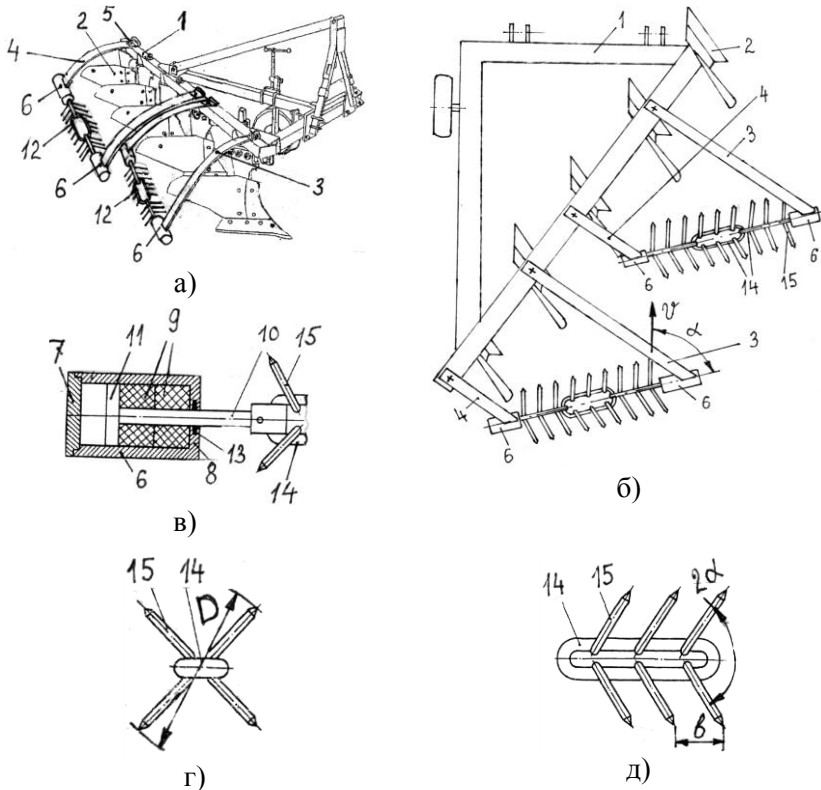


Рисунок 1 – Комбинированное почвообрабатывающее орудие

Наружные концы штоков 10 соединены с цепным шлейфом 12, расположение и натяжение которого регулируется путём смещения рессорных листов 3 и 4 относительно рамы 1 и последующего закрепления их в нужном положении болтами 5. При этом головки 11 штоков 10 всегда прижаты к металлопластиковым втулкам 9, материал которых, обладая повышенной износостойкостью и одновременно низким коэффициентом трения скольжения, не препятствует свободному вращению цепного шлейфа 12 и может выполнять свои функции до полного износа металлопластиковых втулок 9, в случае необходимости легко заменяемых через съёмную крышку 7. Пыльник 13 предупреждает попадание в корпус 7 загрязнений. Цепной шлейф 12 состоит из звеньев 14, которые снабжены с каждой продольной стороны звена 14 тремя парами зубьев 15, изготовленных из стального прута, заострённого по концам и изогнутого в середине под углом около 90 градусов. Полученную таким образом пару зубьев 15 приваривают к звену 14, в результате чего две пары противолежащих зубьев 15 образуют рабочий рыхлящий элемент цепного шлейфа 12, зубья 15 которого равноудалены друг от друга. Каждая пара расположенных в цепном шлейфе 12 в одной плоскости зубьев, оси которых пересекаются в одной точке, образуют между собой угол симметричный оси симметрии вращателей в два раза больший угла между направлением движения агрегата в соответствии с вектором поступательной скорости V и осью симметрии вращателей, а острые концы зубьев 15 относительно оси симметрии вращателей наклонены в сторону оборота пласта, например, для правооборачивающих корпусов плуга в правую сторону считая по направлению движения агрегата в соответствии с вектором поступательной скорости V .

Орудие работает следующим образом.

Плужные корпуса 2 подрезают и переворачивают пласт, а цепной шлейф 12 производит рыхление, дробление и выравнивание поверхностного слоя почвы, в первую очередь в момент нахождения зубьев 15 в задней части цепного шлейфа 12, когда зубья расположены под углом к направлению движения оружия и оказывают фрезерующее воздействие на почву, с одновременным

вычёсыванием сорняков. Регулирование глубины рыхления достигается изменением положения по высоте концов пар рессорных листов 3 и 4 за счет их соединения с рамой 1 при помощи болтов 5, причём рабочая глубина проникновения зубьев 15 в почву в основном обеспечивается за счёт собственного веса цепного шлейфа 12 и накалывающего расположения в горизонтальном положении зубьев 15 в передней части цепи, когда направление их острых концов совпадает с направлением движения агрегата в соответствии с вектором поступательной скорости V . Согласно рекомендациям [6], угол α между осью симметрии пар вращателей 6 и направлением движения орудия в соответствии с вектором поступательной скорости V следует принять равным $65...70$ градусов, а диаметр D окружностей вершин зубьев $500...550$ мм, при этом сплошная обработка почвы цепным шлейфом будет обеспечиваться при расстоянии между концами зубьев, измеренном вдоль его оси, $b = 110...115$ мм.

Заключение

Предложена оригинальная конструкция комбинированного почвообрабатывающего орудия, использование которого позволит повысить качество крошения и разравнивания поверхностного пласта почвы.

Список использованной литературы

- 1 Шило, И.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства : монография. / И. Н. Шило, В. Н. Дашков. - Минск : БГАТУ, 2003. - 183 с.
- 2 Карпенко, А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский. – М. : Колос, 1983. – С.44-45.
- 3 Листопад, Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад. – М. : Агропромиздат, 1986. – С.15.
- 4 Патент на изобретение Российской Федерации № 2224394 С2, МПК А 01 В 49/02, Бюл. №6, 2004.
- 5 Комбинированное почвообрабатывающее орудие : инновационный патент на изобретение 26977 А4 Респ. Казахстан, МПК А01В49/02 / Н.Н.Романюк, В.А.Агейчик, И.Н. Шило, С.О.Нукешев,

В.И.Муращенко, Ж.А.Сыздыков ; заявитель Нукешев Саяхат Оразович. – № 2012/0729.1; заявл. 21.06.2012; зарегистрир. 28.05.2013 // Государственный реестр изобретений Респ. Казахстан. – 2013. – Бюл. №6.

6 Совершенствование процессов и средств механизации для обработки почвы и посева. Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск : ЦНИИМЭСХ НЗ СССР, 1983. – С.103...127.

УДК 629.7.023

Р. И. Фурунжиев, к.т.н., профессор

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

На начальных этапах проектирования сельскохозяйственных конструкций, особенно нового типа, для которых структура не известна, эффективно применение метода топологической оптимизации. Наглядность полученных результатов позволяет на начальных этапах оценить степень рациональности исходных данных, например, граничных условий топологической оптимизации. В работе рассматривается методика оценки эффективности введения различных типов граничных условий при топологической оптимизации конструкций.

Одними из первых возможность алгоритмического подхода к топологической оптимизации конструкций исследовали Непр W. S. и Topping B. H. [2]. Функциональное пространство, в котором предполагалось возможным расположение конструкции, покрывалось сеткой узлов. В определенных узлах, в соответствии с условиями задачи, прикладывались нагрузки и задавались граничные условия. Исходная структура формировалась путем генерации ферменной конструкции, в которой стержневые элементы соединялись каждый узел со всеми остальными узлами. В процессе опти-

мизации конструкции слабо нагруженные "лишние" элементы удалялись автоматически, когда площадь их поперечного сечения оказывалась менее некоторого заданного значения. В результате в силовой схеме фермы должны были остаться только стержни, наиболее эффективно передающие приложенные нагрузки к креплениям. Это приводит к вырождению матрицы жесткости при удалении некоторых элементов. В процессе выполнения оптимизации конструкция может преобразоваться в механизм, и вычислительный процесс прерывается, не достигнув желаемого результата.

Для устранения указанных недостатков в постановке задачи структурной оптимизации силовых конструкций было предложено использовать специфические пористые материалы [3]. При этом решается задача оптимизации относительно степени пористости. Область конструкции при этом определяется как пространство, внутри которого должна поместиться оптимизируемая конструкция. Область делится на ячейки, к которым прикладываются действующие на конструкцию нагрузки и граничные условия. За целевую функцию принимается средняя податливость, получаемая в результате оптимизации структуры, а ограничением является максимальный объем или вес.

Общая формулировка проблемы оптимизации заключается в сведении к минимуму или максимуму функции цели в зависимости от заданных ограничений. Переменные проектирования представляют собой внутренние псевдо плотности [1], которые определяются для каждого конечного элемента в ходе решения задачи топологической оптимизации.

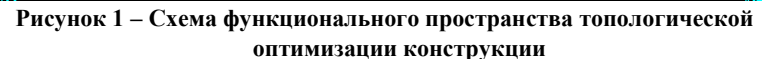
Для каждого элемента псевдо плотности изменяются в пределах от 0 до 1; где ~ 0 соответствует материалу, который необходимо убрать; и ~ 1 соответствует материалу, который необходимо оставить. Метод топологической оптимизации особенно эффективен на начальных этапах проектирования конструкций, с целью выбора рациональной структуры проектируемой конструкции.

В программном комплексе ANSYS Inc., в котором реализован этот метод, пользователь формирует задачу компьютерного инже-

При постоянном задании тождественной оптимизации задается

Подсчеты по разным способам проектирования имеют следующий вид:

D. 5. _____



элементной сетки. Полученные результаты решения задачи в виде окончательной оптимальной топологической формы приведены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Рекомендуемая форма конструкции, полученная после топологической оптимизации

Форма конструкции, полученная в результате топологической оптимизации, показана на рисунке 2: светлый цвет (красный) соответствует псевдо плотности равной 1, темный – псевдо плотности равной 0, что соответствует материалу, который можно удалить из конструкции.

Как видно из картины распределения псевдо плотностей (рисунок 2), в полученном окончательном проекте просматриваются осто́в (скелет) конструкции при заданных граничных условиях и нагрузках. Характерно то, что активно «подключаются» граничные условия в крайних верхних и нижних областях левых граничных условий.

Рассмотренные выше граничные условия, введенные при постановке задачи топологической оптимизации, позволяют путем небольших модификаций рассмотреть эффективность других инженерных вариантов. Во-первых, полученные результаты топологической оптимизации непосредственно распространяются на топологическую оптимизацию прямоугольной металлической пластины длиной $L = 12$ м и высотой $H = 1$ м, нагруженной симметричной нагрузкой, показанной на рисунок 1.

При техническом обосновании может оказаться целесообразным рассмотрение другого варианта граничных условий: введение точечных граничных условий в горизонтальном направлении только в верхней и нижней областях левой линии границы рассматриваемого проектного пространства. Картина распределения псевдо плот-

ностей в окончательном проекте в этом случае формируется аналогично: только изменяются граничные условия. При этом топология конструкции, полученная после оптимизации, полностью совпадает формой конструкции, показанной на рисунке 2.

Список использованной литературы

1. Болдырев А.В. Топологическая оптимизация силовых конструкций на основе модели переменной плотности // Известия СНЦ РАН, Том 13, №1 (3). 2011. Том 13, №1 (3). С. 670-673
2. Topping, B.H. Shape Optimization of Skeletal Structures: A Review / B.H. Topping // J. Struct. Engr. 1983. V. 109, №8.
3. Bendsoe, M.P. Generating Optimal Topologies in Structural Design Using a Homogenization Method / M.P. Bendsoe, N. Kikuchi // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 1988. V. 7.

УДК 631.31.22

**И.С. Крук¹, к.т.н., доцент, С.Н. Герук², к.т.н., доцент,
Г.Ф. Назарова¹, ст. преподаватель**

*¹Белорусский государственный аграрный технический
университет ²Национальный научный центр «Институт
механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН
Украины, п. Глеваха*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Введение

Одним из важнейших условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур является качественная обработка почвы. По степени влияния на урожайность, энергетические и трудовые затраты она занимает ведущее место в растениеводстве. От всего объема полевых работ по возделыванию и уборке сельскохозяйственных культур на обработку почвы приходится 40% энергетических и 25% трудовых затрат. Вместе с тем, рост энерговооруженности сельского хозяйства обусловил возможности интенсификации обработок почвы. В результате увеличилось количество проходов агрегатов по полю, что привело к разрушению почвенной структу-

ры, снижению плодородия почвы и возрастанию удельных энергозатрат.

В настоящее время осуществляется переход на ресурсосберегающие технологии возделывания культур с помощью комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов. Кроме того, целесообразно создавать сельскохозяйственную технику таким образом, чтобы отдельные ее составляющие могли использоваться самостоятельно, как однооперационные.

Основная часть

Преимуществом машин и агрегатов с активными рабочими органами является качественное рыхление почвы, полное уничтожение и заделка растительных остатков, а также равномерное перемешивание с почвой минеральных и органических удобрений по всей глубине обработки. В то же время они отличаются значительной энерго- и металлоемкостью, применяемый в их конструкциях механический привод барабанов имеет сложную конструкцию, что сдерживает создание широкозахватных агрегатов и ограниченный диапазон регулировки частоты вращения барабанов, который в значительной степени зависит от физико-механических свойств почвы (типа, влажности, твердости, задерженности и т.п.).

Кинематика рабочего органа, размещенного на барабане в плоскости круга, достаточно изучена. Однако такое расположение рабочих органов не всегда обеспечивает получение показателей, соответствующих агротехническим требованиям при минимальных затратах. При расположении рабочих органов под углом к продольной и поперечной плоскостям (рисунок 1) улучшается крошение почвы, заделка растительных остатков, минеральных и органических удобрений, так как в этом случае происходит сдвиг почвы в направлении, перпендикулярном направлению движения.

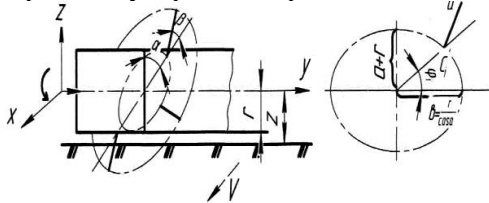


Рис.2 Схема к определению движения рабочего органа
почвообрабатывающей машины

Координаты движения конца рабочего органа точки C_i можно описать следующими уравнениями:

$$\begin{cases} x = (r + l_i \cos \beta) \sin \varphi_i \cos \omega t + (r + l_i \cos \alpha \cos \beta) \cos \varphi_i \cos \alpha \cos \omega t + vt; \\ y = (r + l_i \cos \alpha \cos \beta) \cos \varphi_i \sin \alpha; \\ z = -(r + l_i \cos \beta) \sin \varphi_i \sin \omega t + (r + l_i \cos \alpha \cos \beta) \cos \varphi_i \cos \alpha \cos \omega t \end{cases}$$

где l_i – длина i -го рабочего органа.

Используя данные уравнения, можно определить абсолютную скорость точки C_i , т.е. скорость резания:

$$v_0 = \omega \left[(r + l_i \cos \beta)^2 + (r + l_i \cos \alpha \cos \beta)^2 \cos^2 \varphi_i \cos^2 \alpha + \left(\frac{v}{\omega} \right)^2 - \right. \\ \left. - \frac{2v}{\omega} ((r + l_i \cos \beta) \sin \varphi_i \sin \omega t - (r + l_i \cos \alpha \cos \beta) \cos \varphi_i \cos \alpha \cos \omega t) \right]^{\frac{1}{2}}.$$

На основе кинематического анализа сделаны выводы, что все точки рабочего органа движутся по циклоиде и процесс крошения почвы изменяется в зависимости от углов установки ножа.

Для изучения динамических свойств принимаем, что нож представляет собой параллелепипед, защемленный одним концом на барабане. В случае воздействия почвы он совершает изгибные и колебательные колебания описываемые уравнениями:

$$EI_z = \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} = Sp \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} - (2Sp\omega \cos \alpha \cos \beta + 2\gamma) \frac{\partial z}{\partial t} - F(x, t); \\ c \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - c_1 \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} = I_p \rho \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} - 2\gamma_1 \frac{\partial \varphi}{\partial t} - M(x, t).$$

где EI_z – жесткость ножа при изгибе;

S – толщина ножа;

c, c_1 – соответственно жесткость при свободном кручении и секториальная;

I_p – полярный момент инерции площади поперечного сечения ножа относительно его центра тяжести;

ρ – плотность материала ножа;

2γ – коэффициент трения ножа и среды (усредненный по периоду);

$2\gamma_1$ – коэффициент пропорциональности, который учитывает влияние трения на крутильные движения ножа;

$F(x, t), M(x, t)$ – соответственно внешние силы и момент, воздействующие на нож.

Согласно анализу данных уравнений, толщина ножа влияет на амплитуду его крутильных и изгибных колебаний, что в свою очередь отражается на энергоёмкости процесса крошения и гребнистости дна борозды: с уменьшением толщины ножа, при других равных условиях, энергоёмкость уменьшается, а гребнистость увеличивается.

Для расчета усилий взаимодействия ножа с почвой определим угол $\psi_{\text{вх}}$, при котором начинается вхождение ножа в почву:

$$x^4(\cos 2\beta - 1) + \frac{x^3}{4}\sqrt{1 - x^2} \sin^2 2\beta + 2kx^3 + 2kx + k - x^2 \cos^2 \beta = 0, \quad (2)$$

$$\text{где } x = \cos \varphi_{\text{вх}}; \quad k = \frac{r^2}{l_i \sin \alpha}.$$

Так как уравнение (2) высокого порядка и его решение вызывает трудности, рассмотрим частные случаи решения.

1. Тонкий барабан превращен в вал, т.е. $k \ll 1$:

$$\varphi_{\text{вх}} = \arccos \sqrt{\frac{32 \cos 2\beta \cos^2 \beta - \sin^4 2\beta \pm \sin^3 \beta \cos \beta \sqrt{72}}{2(32 \cos 2\beta \cos^2 \beta - \sin^4 2\beta)}}.$$

Тогда результирующий момент на барабане, где размещено m секций элементов с ножей z каждая, имеем:

$$M_0 = mz \left(1 - \frac{1}{\pi} \arccos \sqrt{\frac{32 \cos 2\beta \cos^2 \beta - \sin^4 2\beta \pm \sin^3 \beta \cos \beta \sqrt{72}}{2(32 \cos 2\beta \cos^2 \beta - \sin^4 2\beta)}} \right) \times \\ \times \left[ql_i \cos \alpha \left(r + \frac{l_i \sin \alpha}{2} \right) + \frac{Cd_n}{2} \left(r + \frac{l_i \sin \alpha}{2} \right) + \right. \\ \left. + fb_n \omega l_i \sin \alpha \left(r^2 + l_i r \sin \alpha + \frac{l_i^2 \sin^2 \alpha}{3} \right) \right].$$

где q – усилие резания почвы;

C – упругость почвы, зависящая от ее физико-механических свойств;

f – коэффициент трения;

b_n, d_n – геометрические размеры ножа.

Диаметр барабана и длина ножа соизмеримы и $k=1$. В этом случае выражение (2) решается численным методом. Его корни сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Корни уравнения (2) для определения угла вхождения ножа в почву

β , град	X_1	X_2
0	0,5	$\pm 1,0$
15	0,51025	-0,98730
30	0,53857	-0,95850
45	0,52080	-0,92920

Если обозначить положительный корень уравнения (2) через L , тогда суммарный момент на барабане будет равен:

$$M_0 = mz \left(1 - \frac{1}{\pi} \arccos L \right) \times \left[ql_i \cos \alpha \left(r + \frac{l_i \sin \alpha}{2} \right) + \frac{Cd}{2} \left(r + \frac{l_i \sin \alpha}{2} \right) + \right. \\ \left. + fb \omega l_i \sin \alpha \left(r^2 + l_i r \sin \alpha + \frac{l_i^2 \sin^2 \alpha}{3} \right) \right].$$

При выборе типа и марки гидромоторов, делителя потока и регулятора расхода жидкости, насосов и других элементов гидропривода исходными величинами являются мощность и угловая скорость вращения барабанов.

Момент на валу гидромотора определяется по формуле:

$$M = 0,159 q_0 \Delta p \eta_{\Gamma}, \quad \Delta p = p_{\text{н}} - p_{\text{с}},$$

где q_0 – рабочий объем гидромотора;

$p_{\text{н}}$, $p_{\text{с}}$ – соответственно давления нагнетания и слива;

η_{Γ} – полный КПД гидромотора.

Теоретический расход рабочей жидкости равен:

$$Q = 0,159 \frac{q_0 \omega}{\eta_o},$$

где η_o – объемный КПД гидромотора.

Мощность, расходуемая на привод насосной станции:

$$N = \frac{P_{\text{н}} Q_{\text{ст}}}{\eta}.$$

где $Q_{\text{ст}}$ – расход жидкости станции:

$$Q_{\text{ст}} = \frac{Q}{(1 - \Delta \eta_o)(1 - \Delta \eta_{\text{н}})},$$

где $\Delta \eta_o$, $\Delta \eta_{\text{н}}$ – изменение соответственно объемного КПД насосной станции и КПД гидромотора.

Подача рабочей жидкости на гидромоторы одним или несколькими насосами осуществляется при условии: $Q_{\text{ст}} \geq \sum_{i=1}^n Q_i$

Заключение

Приведенные формулы позволяют рассчитать основные эксплуатационные и конструктивные параметры почвообрабатывающей машины для поверхностной обработки почвы с активными рабочими органами.

Список использованной литературы

1. Канарев Ф.М. Обработка почвы рисовых полей ротационными машинами и орудиями в зоне рисосеяния Краснодарского края. Автореф. Дис. доктор. техн. наук. Волгоград, 1947, 47 с.
2. Марченко О.С. Обоснование параметров рабочего органа фрезы для обработки переувлажненных почв/Марченко О.С., Воробьев В.И.// Научно-технический бюллетень. / ВИМ, 1982, вып.51, с.12-15.
3. Ротационные почвообрабатывающие машины. Конструкция, расчет и проектирование / Яцук Е.П., Панов И.М., Ефимов Д.Н., Марченко О.С., Черненко А.Д./ М., Машиностроение, 1971, 256 с.
4. Жук В.Ф. Влияние параметров фрезы на энергоемкость её рабочего процесса /Жук В.Ф.//Научн.тр./ Ленинградский СХИ, Т.249, С.14-17.
- 5.Чаткин М.Н.Повышение эффективности функционирования комбинированных почвообрабатывающих машин с ротационными активными рабочими органами: дис. доктор. техн. наук – Саранск, 2008. – 385с.

УДК 631.623; 631.626.1

А.Н. Басаревский, к.т.н., доцент, К.А. Кравчинин, аспирант,
Республиканское унитарное предприятие
«НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КАНАЛООЧИСТИТЕЛЕЙ С РОТАЦИОННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПА

Введение

В Республике Беларусь площади сельхозугодий составляют около 8,99 млн. га [1]. Из них около 2,9 млн. га – земли, подвергнутые

осушению. Земли, охваченные осушительно-увлажнительными системами имеют площадь более 700 тыс. га, а орошаемые земли составляют около 47 тыс. га. На мелиорированных землях имеется до 800 тыс. км коллекторно-дренажной сети, более 15 тыс. водорегулирующих сооружений, около 35 тыс. переездных сооружений.

Важнейшим элементом мелиоративных систем являются различного назначения каналы и водоприемники. От состояния каналов во многом зависит работоспособность всей мелиоративной системы. Основными причинами, приводящими к нарушению работоспособности каналов, являются их заиливание, зарастание древесной и травяной растительностью, сползание грунта с откосов. Поэтому на сегодняшний день актуальной проблемой является необходимость своевременной и качественной очистки мелиоративных каналов от наносов и сорной растительности. Создание производительной и экономичной машины, приспособленной к работе в каналах Беларуси – один из возможных путей решения этой проблемы.

Основная часть

Для очистки или окашивания каналов, различных по размерам, назначению, грунтовым условиям, типу и количеству наносов, степени деформации дна и откосов, роду и густоте растительности применяются машины с рабочими органами различных типов. Проведённый анализ патентно-лицензионной информации показал, что машины для очистки профиля дна мелиоративных каналов целесообразно классифицировать по типу действия рабочих органов на три класса: циклического действия, непрерывного и комбинированные (рисунок 1).

Используемые для очистки мелиоративных каналов машины непрерывного действия бывают с многоковшовыми, скребковыми, шнековыми или с ротационными рабочими органами [2].

Каналоочистители циклического действия всегда с одноковшовым рабочим органом. Использование стандартных ковшей приводит к разрушению профиля каналов, поэтому одноковшовые экскаваторы используют специальные ковши, боковые драглаины и грейферы.

Комбинированные каналоочистители отличаются одновременной работой двух-трёх рабочих органов, расположенных по периметру поперечного сечения канала.



Рисунок 1 – Схема классификации мелиоративных каналоочистительных машин по типу рабочих органов

Рассмотрим подробнее наиболее распространённые и широко используемые типы машин для очистки мелиоративных каналов из перечисленных.

В настоящее время восстановление работоспособности каналов производится, главным образом, их очисткой одноковшовыми экскаваторами с различными ковшом или специализированными машинами – каналоочистителями с рабочими органами циклического или непрерывного действия.

Одноковшовые каналоочистители позволяют очищать каналы, засорённые камнями, древесиной, и проводить ремонт, а также очистку каналов, у которых бермы обсажены деревьями и непроходимы для каналоочистителей непрерывного действия. Однако ковшовые каналоочистители часто нарушают дно и откосы канала, имеют низкие производительность и качество работ, не способны очищать каналы малых размеров и, как правило, требуют проведения дополнительных работ.

В развитых аграрных странах для очистки мелиоративных каналов всё чаще прибегают к машинам с ротационными рабочими органами. Востребованность подобной техники вызвана хорошей надёжностью и высокой производительностью. При работе подобные устройства не разрушают поперечный профиль канала, аккуратно очищают дно канала от наносов и сорной растительности.

Как правило, ротационный рабочий орган состоит из следующих

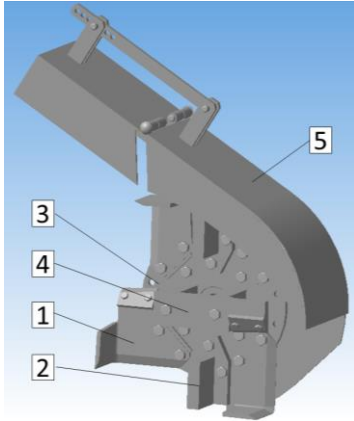


Рисунок 2 - 3-х мерная модель
ротационного рабочего органа
горизонтального типа
каналоочистителя.

элементов: ножей, лопаток, кожуха, гидросистемы и башмака (Рисунок 2). При вращении рабочего органа ножи срезают растительность, доставляя её к лопаткам, которые выбрасывают отделенную растительность вперед, через кожух за пределы канала. В процессе очистки рабочий орган опирается на дно канала башмаком, который обеспечивает его профилирование.

В таблице 1 приведены технические характеристики широко используемых в Республике Беларусь каналоочистительных машин различных типов [3]. Из таблицы видно,

что их производительность находится в пределах 24-69,5 м³/ч. Анализ показывает, что производительность каналоочистителей с ротационным рабочим органом в среднем выше на 4,5% и 50,3%, чем у многоковшовых и экскаваторных.

Таблица 1 - Технические характеристики каналоочистительных машин различных типов

Канало- очистители	Марка машины	Базовая машина	Производи- тельность, м ³ /час	Рабочая скорость, км/ч	Масса, кг	Эксплуат. мощность двигателя, кВт	Средн. давление на грунт, МПа
Много- ковшовые	МР-15	самоходный	55	0,3-0,6	12500	44	0,03
	ЭМ-152Б	самоходный	45	0,25-0,4	9900	29,5	0,025
Универ- сальные экска- ваторы	ОКН-05 (с ковшом)	МТЗ-1221	24	2,1-4,8	9290	90,4	0,02
	МР-12А (с ковшом)	самоходный	30	до 0,6	нет данных	41	нет данных
	ММР-01	МТЗ-1221	24	2,5-4,25	9340	57,4	0,02
С рота- ционным рабочим органом	МР-7А	ДТ-75Б	40	0,2-1,4	10240	60	0,03
	МР-12А (с ротором)	самоходный	50	до 0,6	нет данных	41	нет данных
	МР-14	ДТ-75Б	50	0,3-2,5	11300	59	0,03
	МР-16	Т-130БГ-1	69,5	0,3-2,7	25500	103	0,026- 0,044

Несмотря на то, что по производительности многоковшовые каналоочистители близки к ротационным их использование экономически нецелесообразно, так как средняя скорость их движения в 3 раза ниже, чем у ротационных. Кроме того многоковшовые каналоочистители громоздки и не позволяют очищать узкопрофильные мелиоративные каналы. На смену им постепенно приходят универсальные экскаваторы и каналоочистители с ротационным рабочим органом. При равных скоростных показателях производительность выше у последних.

Таким образом, можно заключить, что каналоочистители с ротационным рабочим органом являются лучшим средством механической очистки мелиоративных каналов. Однако проведенные исследования экспериментального образца каналоочистителя с ротационным рабочим органом (рисунок 2), позволили выявить существенный недостаток подобных конструкций. Во время работы каналоочистителя часть растительности и наносов не скашиваются со дна и откосов канала. Вращаясь вокруг оси ротора, расположенной параллельно каналу, ножи на периферии рабочего органа описывают круг, что не позволяет провести качественную очистку дна и откосов канала, так как чаще всего каналы имеют трапецевидный или параболический профиль. Это влечет за собой возникновение дополнительных издержек на очистку мелиоративных каналов.

Для выполнения заданного технологического процесса – очистки профиля дна мелиоративного канала от наносов и сорной растительности разработана конструкция ротационного рабочего органа, концептуально отличающаяся от существующих аналогов, способная очищать мелиоративные каналы любой формы.

Предложенная конструкция каналоочистителя (рисунок 3), отличается от аналогов тем, что ось вращения ротационного рабочего органа повернута под прямым углом к каналу. Таким образом, диаметр окружности, описываемой ножами ротационного рабочего органа при его вращении, больше не ограничивает глубину его входа (опускания) в канал. Данная конструкция позволяет очищать от

наносов и сорной растительности каналы как с параболическим, так и с трапециевидным поперечным профилем.

Рабочий орган каналаочистителя работает следующим образом. Приводной вал передает вращательный момент ротору 5, на котором установлен кронштейн 6 со штангами 7, для сменных трапециевидных или параболических ножей 9, имеющих в своем профиле режущую кромку 10 копирующую дно и откосы канала, отделяющую наносы и скашиваемую сорную растительность. Присоединенные к кронштейну 6 отбрасывающие лопасти 8 подхватывают скошенную растительность и наносы, отбрасывают их через отверстие 2 поворотного кожуха 1, прикрепленного продольным кронштейном 3 к корпусу приводного вала 4, удерживающему ротор 5, на берму канала.

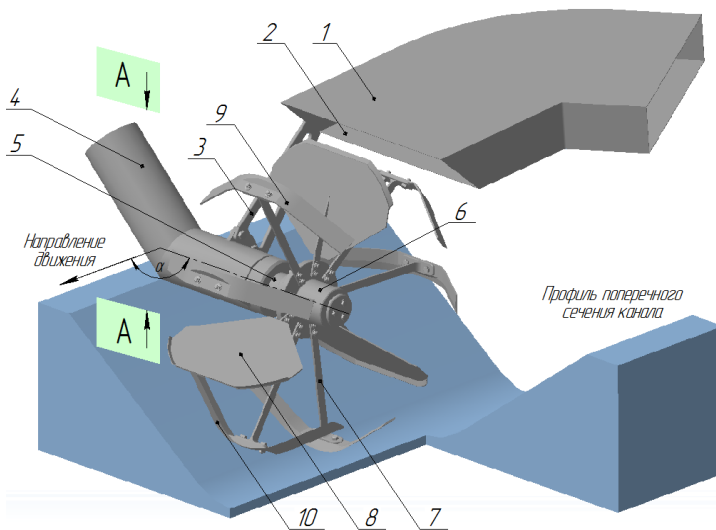


**Рисунок 3 – Общий вид рабочего органа модернизированного
каналоочистителя**

кожух 1, отверстие для скошенной растительности 2, продольный кронштейн 3, корпус приводного вала 4, ротор 5, кронштейн 6, штанги 7, отбрасывающие лопасти 8, сменные трапециевидные или параболические ножи 9, режущая кромка 10.

Сменные ножи 9, имеющие в своем профиле режущую кромку 10, могут быть заменены на соответствующие поперечному профилю канала, необходимые для выполнения заданного технологического процесса. Кроме того штанги 7 также, как и ножи можно сменить, увеличив расстояние между дном канала и осью вращения рабочего органа, что позволит вращающемуся ротору 5 быть выше уровня воды.

Заключение

1. На основании проведенного обзора можно заключить, что машины для очистки профиля дна мелиоративных каналов целесообразно подразделять по типу действия рабочих органов на три типа: циклического действия, непрерывного и комбинированные.

2. Анализ показывает, что производительность каналоочистителей с ротационным рабочим органом в среднем 4,5%, и 50,3% выше, чем у многоковшовых и экскаваторных. Несмотря на то, что по производительности многоковшовые каналоочистители близки к ротационным, средняя скорость их движения в 3 раза ниже.

3. Общим недостатком конструкции каналоочистителей с ротационным рабочим органом состоит в том, что во время работы каналоочистителя часть растительности и наносов не скашиваются со дна и откосов канала. Вращаясь вокруг оси ротора, расположенной параллельно каналу, ножи на периферии рабочего органа описывают круг, что не позволяет провести качественную очистку дна и откосов канала, так как чаще всего каналы имеют трапецевидный или параболический профиль.

Список использованной литературы

1. Государственная программа сохранения и использования мелиорированных земель на 2011–2015 годы (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31 августа 2010 г. № 1262).

2. Е.И. Мажугин, Мелиоративные машины. Основы теории и расчета: Учеб. пособие/ Е.И. Мажугин. Горки: БГСХА, 2007. 161с.

3. Б.А. Васильев, Мелиоративные машины/ В.Б. Гантман, В.В. Комиссаров, И.И. Мер, А.Н. Павлинов, Ю.Г. Ревин, В.В. Суриков; под ред. И.И. Мера. М.: Колос, 1980, 351 с.

УДК 631.363

Биза Ю.С.¹, к.ф.-м.н., доцент, **Крук И.С.**¹, к.т.н., доцент,
Чигарев Ю.В.^{1,2}, д.ф.-м.н., профессор

¹*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь;*

²*Западно-Поморский технологический университет, г. Щецин,
Республика Польша*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЕМПФИ- РУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПАРАМЕТРОВ ИХ УСТАНОВКИ НА ПРОЦЕСС ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ШТАНГИ ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ

Введение

В процессе работы колеса опрыскивателя копируют неровности поверхности поля, в результате чего образуются возмущения, которые передаются распределительной штанге, вызывая ее колебания. Поэтому важным направлением усовершенствования конструкций полевых опрыскивателей является разработка и установка механизмов и систем, обеспечивающих плавность хода распределительных штанг и постоянства высоты их расположения над обрабатываемой поверхностью во время работы.

Основная часть

Система стабилизации штанги (рис. 1) относится к пассивным системам и основана на использовании упругих элементов гашения колебаний. Подвижная рамка 6 закреплена на штоке гидроцилиндра 5, нижний конец которого крепится на пластине 4, соединенной с остовом опрыскивателя при помощи двух пружин 1. При помощи роликов 9 рамка может свободно перемещаться в направляющих остова опрыскивателя 8.

Штанга 7 закреплена на подвижной рамке 6 шарнирным соединением 10, обеспечивающим ее вращательное движение. Гашение колебаний штанги в вертикальной плоскости обеспечивается пружинами 1, 3 и амортизаторами 2. При этом штанга совершает сложное движение по отношению к остову опрыскивателя: посту-

пательное вместе с рамкой в направляющих и вращательное относительно рамки.

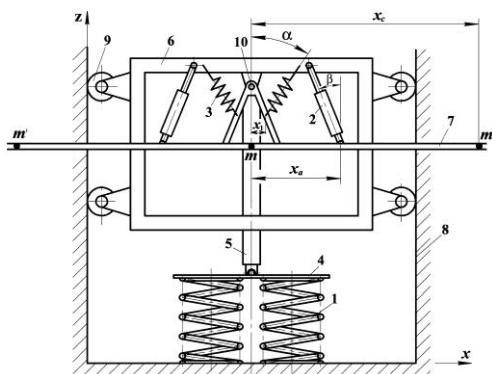


Рисунок 1 – Схема системы стабилизации в вертикальной плоскости

Колебательное движение штанги опрыскивателя может быть описано уравнениями Лагранжа второго рода [1, 2]

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}_1} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q_1} = Q,$$

где t – время; q – обобщенная координата; $\dot{q}_1$ – обобщенная скорость; Q – обобщенная сила; E_k – кинетическая энергия системы.

Разложим движение системы (рис. 1) на переносное поступательное вместе с центром масс штанги и относительно по отношению к системе координат, движущейся поступательно вместе с этим центром. Тогда по теореме Кенига кинетическая энергия системы в абсолютном движении складывается из кинетической энергии центра масс E_k^c , если в нем сосредоточить всю массу движущейся системы, и кинетической энергии штанги E_k^r относительно центра масс

$$E_k = E_k^c + E_k^r = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{a\dot{q}_1^2}{2}, \quad (1)$$

где m – масса системы; v_c – скорость центра масс штанги; a – коэффициент инерции.

Для поступательного движения части системы в направляющих

$$v_c = v = \dot{z} = \dot{q}_2 \quad \text{и} \quad E_k^{(2)} = \frac{mv_c^2}{2} = \frac{m\dot{q}_2^2}{2} = \frac{m\dot{z}^2}{2}.$$

Уравнение Лагранжа для этого движения имеет вид

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k^{(2)}}{\partial \dot{q}_2} \right) - \frac{\partial E_k^{(2)}}{\partial q_2} = Q_n + Q_d,$$

где $Q_n = -\frac{\partial E_n}{\partial q_2}$ – обобщенная потенциальная сила двух параллельных пружин 1 (рис. 1); Q_d – диссипативная сила сопротивления амортизаторов 2.

Для принятых обобщенных координат $q = z$, при этом потенциальная энергия равна

$$E_n = \frac{2c_2 q_2^2}{2} = \frac{2c_2 z^2}{2} = c_2 z^2, \quad (c_2 = 2c_1)$$

где c_1 – жесткость пружины 1.

Откуда $Q_n = -2c_2 z$.

Обобщенная диссипативная сила сопротивления амортизатора

$$Q_d = -\mu_a \dot{q}_2 = -\mu_a \dot{z},$$

где μ_a – обобщенный коэффициент сопротивления амортизатора.

Тогда уравнение Лагранжа примет следующий вид

$$\ddot{z} + 2b\dot{z} + k^2 z = 0, \quad \left(2b = \frac{\mu}{m}; \quad k = \sqrt{\frac{2c_2}{m}} \right).$$

Решение этого уравнения в зависимости от соотношения между величинами b и k выражается одной из трех форм

$$z = e^{-bt} \operatorname{Asin}(k_1 t + \alpha) \quad \text{при} \quad b < k, \quad \left(k_1 = \sqrt{k^2 - b^2} \right);$$

$$z = e^{-bt} (C_1 e^{rt} + C_2 e^{-rt}) \quad \text{при } b > k, \quad \left(r = \sqrt{b^2 - k^2} \right); \quad (2)$$

$$z = e^{-bt} (C_1 t + C_2) \quad \text{при } b = k,$$

где C_1, C_2 – постоянные интегрирования.

Во всех этих случаях из-за множителя e^{-bt} величина z стремится к нулю с возрастанием времени, то есть затухает. При малых значениях коэффициента затухания ($b < k$) затухающее движение имеет колебательный характер, а при больших ($b \geq k$) движение системы не является колебательным, отклонение системы экспоненциально стремится к равновесному нулевому положению. Для описания колебательного движения штанги в уравнении Лагранжа в качестве обобщенной координаты примем угол поворота штанги φ . Тогда уравнение примет вид

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial \varphi} = - \frac{\partial E'_n}{\partial \varphi} + Q'_g,$$

где E'_n – потенциальная энергия штанги; Q'_d – обобщенная сила сопротивления амортизаторов штанги; E_k – определяется формулой (1).

Потенциальная энергия системы состоит из потенциальной энергии полей сил тяжести E_n^T и сил упругости E_n^y . Так как $z_c = z_0 = 0$, то $E_n^T = Pz_c = 0$. Следовательно $E'_n = E_n^y$.

$$E'_n = -c \int_{z-\lambda_{ct}}^{\lambda_{ct}} z dz - c \int_{z+\lambda_{ct}}^{\lambda_{ct}} z dz = \frac{c}{2} [\lambda_{ct}^2 - (z - \lambda_{ct})^2] - \frac{c}{2} [\lambda_{ct}^2 - (z + \lambda_{ct})^2] = cz^2. \quad (3)$$

где $z = \varphi x_1$; x_1 – расстояние от центральной точки подвеса штанги до точки крепления пружин на штанге.

$$\text{Действительно } F = c_3 \Delta S, \quad \Delta S = \frac{F}{c_3}, \quad F_z = c \Delta z, \quad F_z = F \cos \alpha,$$

$$\Delta z = \frac{\Delta S}{\cos \alpha}, \quad c = \frac{F}{\Delta z} = \frac{F \cos \alpha}{\Delta z} = \frac{F \cos^2 \alpha}{\Delta S} = c_3 \cos^2 \alpha,$$

где α – угол установки пружин относительно горизонтальной плоскости; c_3 – жесткость пружины 3.

С учетом (3) обобщенная сила, соответствующая потенциальной энергии E'_n , равна

$$Q'_n = -\frac{\partial E'_n}{\partial \varphi} = -2cx_1^2 \varphi = -c_n \varphi, \quad (c_n = 2cx_1^2).$$

Определим обобщенную силу Q'_d , вызванную силой сопротивления амортизаторов, пропорциональной скорости $\bar{F}_c = -k' \bar{v}_a$ (k' – коэффициент пропорциональности)

$$Q'_d = \frac{\sum \delta A_k}{\delta \varphi} = -\frac{k' v_a \delta z}{\delta \varphi \cos \beta} = -\frac{k' \dot{\varphi} x_a^2 \delta \varphi}{\delta \varphi \cos \beta} = -\frac{k' \dot{\varphi} x_a^2}{\cos \beta},$$

где $v_a = \dot{\varphi} x_a$ и $\delta z = \delta \varphi x_a$ – соответственно скорость и перемещение точки приложения силы $\bar{F}_c$; β – угол установки амортизатора относительно вертикальной оси; x_a – расстояние от середины штанги до центра точки крепления на ней амортизатора.

$$Q'_d = -\frac{k' \dot{\varphi} I_a^2}{\cos \beta} = -\mu' \dot{\varphi}, \quad \left(\mu' = \frac{k' x_a^2}{\cos \beta} \right). \quad (4)$$

Очевидно, в рассматриваемой системе реализуется случай больших сопротивлений $b > k$ и применима зависимость (2). В общем случае можно принять, что z по экспоненте стремится к нулю с некоторым коэффициентом n , т.е. $z \sim Ce^{-nt}$. Тогда

$$v_c = \dot{z} = -Cne^{-nt} = De^{-nt}, \quad (D = -Cn),$$

а кинетическая энергия равна

$$E_k = \frac{mD^2 e^{-2nt}}{2} + \frac{I_{cy} \dot{\varphi}^2}{2},$$

где I_{cy} – момент инерции относительно оси y .

Тогда из уравнения Лагранжа получим дифференциальные уравнения колебаний штанги в форме

$$I_{cy} \ddot{\varphi} + \mu' \dot{\varphi} + c_n \varphi = Bx_c e^{-nt}, \quad (5)$$

где $Bx_c e^{-nt}$ – обобщенная сила переносной силы инерции, которую можно рассматривать как момент пары сил, образованной переносной силой инерции и силой тяжести половины штанги с плечом равным расстоянию x_c от середины штанги до центра тяжести одной из половин штанги.

Величина переносной силы инерции равна

$$F_{\text{пер}}^n = ma_{\text{пер}} = m\ddot{z} = mCn^2 e^{-nt} = Be^{-nt}, \quad (B = mCn^2).$$

Тогда обобщенная сила переносной силы инерции

$$Q_{\text{пер}} = \frac{\sum \delta A_k}{\delta \varphi} = \frac{Be^{-nt} \delta z}{\delta \varphi} = \frac{Be^{-nt} x_c \delta \varphi}{\delta \varphi} = Bx_c e^{-nt}.$$

Разделив все члены уравнения (5) на I_{cy} , получим уравнение

$$\ddot{\varphi} + 2b'\dot{\varphi} + (k'')^2 \varphi = B_0 e^{-nt}, \quad \left(2b' = \frac{\mu'}{I_{cy}} \right); \quad \left(k'' = \sqrt{\frac{C_{\Pi}}{I_{cy}}} \right); \quad \left(B_0 = \frac{Bx_c}{I_{cy}} \right). \quad (6)$$

Решение неоднородного уравнения (6) представим в виде

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2,$$

где φ_1 – общее решение уравнения (6) без правой части; φ_2 – частные решения полного уравнения (6), которые ищем в виде $\varphi_2 = Q_0 e^{-nt}$. Подставляя это выражение в уравнение (6), получаем

$$Q_0 = \frac{B_0}{n^2 - 2b'n + (k'')^2}.$$

Общее решение дифференциального уравнения (4) без правой части

$$\varphi_1 = e^{-b't} A' \sin(\omega t + \alpha), \quad \left(\omega = \sqrt{(k'')^2 - (b')^2} \right); \quad (7)$$

где A' – амплитуда колебаний.

Таким образом

$$\varphi = e^{-b't} A' \sin(\omega t + \alpha') + \frac{B_0}{n^2 - 2b'n + (k'')^2} e^{-nt}, \quad (8)$$

где A' и α' – константы, определяемые начальными условиями.

Второй член в (8) по экспоненте стремиться к нулю. Первый член представляет собой затухающие колебания с декрементом колебаний

$$e^{-b'T_1} = e^{-\frac{\pi k' x_a}{\omega I_{cy} \cos \beta}}, \quad \left(T_1 = \frac{2\pi}{\omega} \right),$$

где $b'T_1 = \frac{\pi k' x_a}{\omega I_{cy} \cos \beta}$ – логарифмический декремент колебаний.

Заключение

В результате теоретических исследований получены математические зависимости для определения параметров затухающих колебаний штанги опрыскивателя в вертикальной плоскости в зависимости от характеристик и параметров установки демпфирующих элементов системы стабилизации. Полученные результаты позволяют исследовать процесс затухания колебаний штанги, что позволит на стадии проектирования разрабатывать ее несущую конструкцию и моделировать систему стабилизации.

Список использованной литературы

1. Тарг С.М. Курс теоретической механики: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 416 с.
2. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. Учебное пособие. – М.: Наука, 1980. – 272 с.

СЕКЦИЯ 3
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ
РАСТЕНИЕВОДСТВА

УДК 631.53.02:633.15

Н.Н. Романюк¹, к.т.н., доцент; Б.М. Астрахан², к.т.н., доцент;
Т.М. Шмат³, ассистент

¹Белорусский государственный аграрный технический
университет, Республика Беларусь; ²Белорусский национальный
технический университет, Республика Беларусь; ³Мозырский
государственный педагогический университет им. И.П.Шамякина,
Республика Беларусь

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ
СЕМЯН КУКУРУЗЫ

Введение

В указе № 166 Президента Республики Беларусь в качестве одного из приоритетных направлений научно-технической деятельности указано создание высокотехнологичных производств, которые обеспечивают импортозамещение [1]. Для получения высоких урожаев необходимы комплексные мероприятия по интегрированной защите растений от вредителей, болезней и сорняков, в том числе, мероприятия по подготовке к посеву семян, которые обеспечивают повышение урожайности всех основных сельскохозяйственных культур, в том числе зерновых – на 15-20 %, сахарной свеклы – на 5-10 % и кукурузы – на 7-12 % [2].

Технологии подготовки к посеву семян часто нарушаются, вследствие отсутствия эффективного оборудования. Импортные оборудование и материалы для выполнения этих мероприятий обходятся очень дорого. Поэтому необходима модернизация как отечественных, так и импортных протравливающих машин.

Основная часть

На Мозырском кукурузокалибровочном заводе с 2004 года установлен протравливатель HANKA P214, который со временем тре-

бует замены узлов и повышения производительности.

Недостатком этого устройства является конструктивная особенность установки, связанная со смещением загрузочного бункера относительно пассивного распределительного устройства, что приводит к неравномерному распределению обрабатываемого семенного материала по периферии пассивного распределителя и неоднородности кольцевого потока семян, сходящихся с распределителя.

Для решения этой проблемы, было разработано устройство для нанесения инкрустирующего раствора на семенной материал (рисунок).

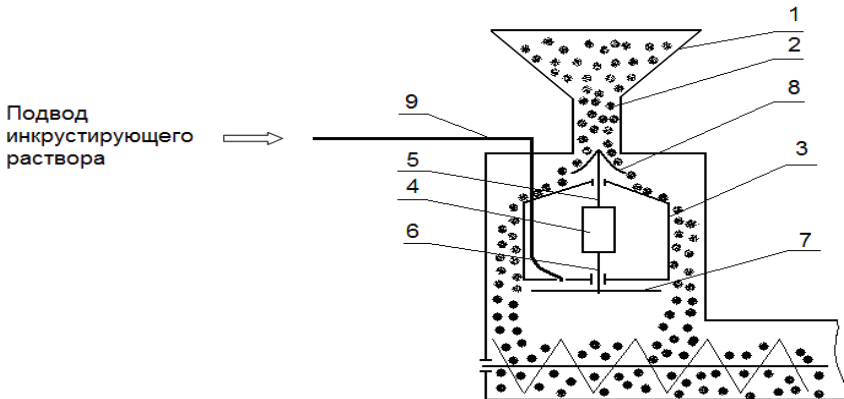


Рисунок – Устройство для нанесения инкрустирующего раствора на семенной материал

Устройство содержит бункер 1, в котором находятся семена 2, пассивный распределитель семян 3, электродвигатель 4, выход вала 5 электродвигателя 4 для привода активного распределителя семян 8, выход вала 6 электродвигателя 4 для привода диска распыления инкрустирующего раствора 7, диск распыления инкрустирующего раствора 7, расположенный в нижней части распределителя 3. В верхней части распределителя 3 расположен активный распределитель семян 8, который выполнен в форме псевдосферы с криволинейной образующей обращенной вершиной навстречу потоку семян

[3, 4]. Устройство содержит также трубопровод 9 для подвода инкрустирующего раствора.

Испытания устройства, которые проводились на базе Мозырского кукурузокалибровочного завода, показали повышение производительности протравливания семян и снижение расхода протравливающих растворов.

Заключение

Предложена оригинальная конструкция устройства для нанесения инкрустирующего раствора на семенной материал, применение которого позволит повысить производительность протравливания и снизить расход импортных протравливающих растворов.

Список использованной литературы

1. http://president.gov.by/ru/news_ru/view/kommentarij-k-ukazu-166-ot-22-prelja-2015-g-11252.
2. Материалы РНИУП «Институт земледелия и селекции НАН Беларуси» / М.А. Кадыров, П.П. Васько, А.В. Сикорский и др. – Минск: Изд-во РНИУП, 2002. – 186 с.
3. Устройство для нанесения инкрустирующего раствора на семенной материал: пат. 5572 Респ. Беларусь, МПК А 01С 1/06 (2006.01) /А.В. Кузьмицкий, Т.М. Шмат, М.Г. Борисенко; заявитель УО Белорусский гос. аграрный технический ун-т. – № а 20090298; заявл.03.03.09; опубл. 30.10.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009.
4. Устройство для нанесения инкрустирующего раствора на семенной материал: пат. 15076 Респ. Беларусь, МПК (2006) А 01С 1/06/А.В. Кузьмицкий, Т.М. Шмат, М.Г. Борисенко; заявитель УО Белорусский гос. аграрный технический ун-т. – № и 20090170; заявл.03.03.09; 30.10.10 // Открытия. Изобрет. – 2010.

УДК 631.365

А.В. Новиков, к.т.н., доцент¹, Т.А. Непарко, к.т.н., доцент¹,
В.П. Чеботарев, к.т.н., доцент²

*¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ ВАЛОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА НА ВЫБОР ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Введение

Основное значение при проектировании поточных технологических линий для послеуборочной обработки зерна имеют показатели экономической эффективности в зависимости от производительности, набора и размещения входящих в их состав машин. Кроме того, следует учитывать не только сложившиеся в сельскохозяйственном предприятии конкретные условия (валовой сбор зерна, продолжительность уборки, размеры и расположение полей, состояние дорог), но и перспективу развития предприятия [1, 2].

Обоснование выбора производительности и места расположения поточной линии зависит от сочетания значительного количества различных факторов. Выбор типа линии определяется количеством и назначением обрабатываемого зерна, его физико-механическими свойствами (влажностью, засоренностью). Количество одновременно убираемых культур, урожайность зерна каждой культуры и его влажность во время уборки следует учитывать при определении необходимого количества поточных линий в составе пункта обработки зерна.

Основная часть

Поточные технологические линии для послеуборочной обработки зерна и семян подразделяются на зерноочистительные агрегаты и зерноочистительно-сушильные комплексы.

В СССР промышленностью выпускались зерноочистительные агрегаты ЗАВ-10, ЗАВ-20, ЗАВ-40 производительностью соответственно 10, 20 и 40 т/ч. Эти агрегаты осуществляли послеубороч-

ную обработку (без сушки) зерновых, зернобобовых и крупяных культур с доведением продовольственного зерна до базисных кондиций за один проход. Кроме того, выпускались также зерноочистительно-сушильные комплексы КЗС-10Б, КЗС-10Б2 с барабанными сушилками, КЗС-10Ш и КЗС-40 – с шахтными сушилками. При повышении влажности убираемого материала фактическая производительность комплексов существенно снижалась. Все выпускавшиеся поточные технологические линии были универсальными. Их машины имели достаточные пределы регулировок и наборы сменных рабочих органов, обеспечивавших обработку указанных культур. Применение вентилируемых бункеров ОБВ-100 позволяло решать вопрос о некотором съеме влаги и временном хранении зерна и семян без ухудшения их свойств. Использование ОБВ-100 расширяло возможности комплексов по приемке и обработке семян различных культур повышенной влажности при их неравномерном поступлении на комплекс. Агрегаты и комплексы производительностью 5 т/ч предназначались для использования в сельскохозяйственных предприятиях или их подразделениях с годовым объемом производства зерна до 1500 т, агрегаты и комплексы производительностью 10 т/ч – до 3000 т, агрегаты и комплексы производительностью 20 т/ч – до 5000 т, производительностью 40 т/ч – более 5000 т.

Все ежедневно намолачиваемое зерноуборочными комбайнами зерно должно пройти обработку на зерноочистительно-сушильных комплексах. Среднегодовой валовой бункерный урожай зерна в сельскохозяйственном предприятии, подлежащий обработке на зерноочистительно-сушильном комплексе, будет равен:

$$Q_{\text{вал}} = k_y k_z k_\omega \sum_{i=1}^n q_i S_i, \quad (1)$$

где $Q_{\text{вал}}$ – валовой бункерный сезонный намолот зерна, т; q_i – плановая урожайность i -ой культуры, т/га; S_i – посевная площадь i -ой культуры, га; n – количество культур; k_y , k_z , k_ω – безразмерные

коэффициенты, определяющие колебания урожайности, засоренности и влажности бункерного зерна.

Урожайность и валовой сбор зерна определяются в базисных кондициях по влажности и засоренности. От комбайнов, как правило, поступает зерновой ворох с большей влажностью и засоренностью. В связи с тем, что производительность машин для послеуборочной обработки зерна определяется количеством исходного материала, обработанного в единицу времени, сезонная нагрузка, равная физической (бункерной) массе зернового вороха, поступающей на зерноочистительно-сушильный комплекс, учитывает действительную влажность.

Изменение физико-механических свойств зернового материала определенным образом влияет на качество работы зерноочистительных машин и их производительность. Изменение влажности и засоренности вызывает изменение истечения зерна из-под заслонок норий и бункеров и влияет на скорость перемещения при его влажности выше 16 %. Производительность с каждым 1 % увеличения влажности снижается в среднем на 5 % [3, с. 19]. При содержании примесей в исходном материале свыше 10 % производительность зерноочистительных машин снижается на 2 % на каждый процент увеличения примесей. При очистке различных культур производительность зерноочистительных машин также различна.

Для определения необходимой производительности зерноочистительного комплекса должно быть подсчитано суточное поступление зерна на послеуборочную обработку. Расчет может быть выполнен на основании статистических данных. При этом среднесуточное поступление зерна можно определить исходя из валового сезонного бункерного намолота зерна и сроков уборки:

$$Q_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{вал}}}{D_y}, \quad (2)$$

где D_y – продолжительность уборки, дней.

Среднесуточное поступление зерна может быть подсчитано по количеству и производительности используемых комбайнов. В этом случае следует иметь в виду, что как количество комбайнов,

так и их производительность – величины переменные, поэтому суточное поступление зерна за время уборки значительно колеблется. Выбирать производительность зерноочистительно-сушильного комплекса в расчете на обеспечение обработки средненежного поступления зерна нельзя, так как в дни, когда поступит большое количество зерна, последнее будет скапливаться на токах. Это вызовет дополнительные затраты времени и средств на его перегрузку и хранение. Зерно с повышенной влажностью может испортиться. Следовательно, при выборе производительности агрегата необходимо исходить из максимального суточного поступления зерна. Эта величина, на основании исследований ряда ученых [4–7], с известной достоверностью может быть определена по формуле:

$$Q_{\text{сут max}} = Q_{\text{сут max}} = (2,5 - 3,5) Q_{\text{сут}}. \quad (3)$$

Закладываемый в такой расчет некоторый запас производительности позволяет компенсировать неравномерность поступления зерна как в отдельные дни уборки, так и в пределах дня. Это особенно важно в случаях, когда на послеуборочную обработку поступает сырое зерно. Расчетная часовая производительность зерноочистительно-сушильного комплекса будет равна:

$$W_p = \frac{Q_{\text{сут max}}}{T_{\text{сут}} k_{\text{см}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{сут}}$ – суточная продолжительность работы комплекса, ч;
 $k_{\text{см}}$ – коэффициент использования времени смены.

При определении расчетной производительности зерноочистительно-сушильного комплекса следует иметь в виду, что во многих случаях агрегатом, ограничивающим производительность комплекса, является зерносушилка. Таким образом, найденную величину расчетной часовой производительности зерноочистительно-сушильного комплекса сопоставляют с паспортной производительностью сушильного отделения комплекса, определенной с учетом предварительной обработки комбайнового вороха на зерноочи-

тельных машинах. Если производительность сушильного отделения окажется меньше, чем величина, определенная расчетом, рассматривается возможность использования в составе комплекса более производительной сушилки или отделения бункеров активного вентилирования. Если по каким-либо причинам этого сделать нельзя, зерноочистительно-сушильный комплекс подбирается по расчету производительности сушильного отделения.

Чтобы одновременно и без потерь сушить зерно разных культур и назначения (фуражное или семенное), предприятия могут иметь два-три типа зерносушилок: высокой производительности – для сушки зерна валобразующих культур (ржи, ячменя, пшеницы и тритикале), средней производительности – для сушки зерна меньших объемов других раннеспелых одновременно созревающих культур и семенного зерна, передвижные – как вспомогательные к основному оборудованию.

Потребность сельскохозяйственных предприятий в зерноочистительно-сушильных мощностях определяют валовые сборы зерна и агротехнические сроки уборки. В агропромышленном комплексе республики в последние годы сложилась следующая структура сельскохозяйственных предприятий по валовому сбору зерна: 290 (19,8 %) имеют валовой сбор зерна до 3000 тонн, 280 (19,2 %) – от 3000 до 4500 тонн, 261 (17,9 %) – от 4500 до 6000 тонн, 217 (14,9 %) – от 6000 до 8000 тонн, 238 (16,3 %) – от 8000 до 12000 тонн, 94 (6,4 %) – от 12000 до 16000, 34 (2,3 %) – от 16000 до 20000, 19 (1,3 %) – от 20000 до 24000, 16 (1,1 %) – от 24000 до 30000, 5 (0,3 %) – от 30000 до 36000 и 7 (0,5 %) – свыше 36000 тонн.

Возможный фактический обрабатываемый сезонный вал зерна на зерноочистительно-сушильном комплексе заданной производительности определится в соответствии с выражениями (1–4) по следующей зависимости:

$$Q_{\text{вал факт}} = k_y k_z k_\omega Q_{\text{сут max}} D_y.$$

Сельскохозяйственные предприятия в зависимости от валового сбора зерна должны комплектоваться следующими зерноочистительно-сушильными комплексами (из расчета продолжительности уборки в каждом отдельно взятом предприятии не более 20 дней):

до 3000 тонн – одним комплексом производительностью 15 пл. т/ч; от 3000 до 4000 тонн – 20 пл. т/ч; от 4000 до 6000 тонн – 30 пл. т/ч; от 6000 до 8000 тонн – 40 пл. т/ч; от 8000 до 12000 – 60 пл. т/ч или двумя комплексами 30 пл. т/ч; от 12000 до 16000 – 80 пл. т/ч или двумя комплексами 40 пл. т/ч; от 16000 до 20000 – 100 пл. т/ч или двумя комплексами 60 и 40 пл. т/ч; от 20000 до 24000 – двумя комплексами 60 пл. т/ч; от 24000 до 30000 – двумя комплексами 80 пл. т/ч; от 30000 до 36000 – тремя комплексами 60 пл. т/ч; свыше 36000 тонн – двумя комплексами 80 и одним 40 пл. т/ч. Таким образом, исходя из распределения сельскохозяйственных предприятий по валовому сбору зерна, структура парка зерноочистительно-сушильных комплексов в республике должна быть следующей: производительностью 15 пл. т/ч – 860 штук (20 %); производительностью 20 пл. т/ч – 860 штук (20 %); производительностью 30 пл. т/ч – 1850 штук (20 %); производительностью 40 пл. т/ч – 1590 штук (15 %); производительностью 60 пл. т/ч – 1590 штук (15 %) и производительностью 80 и 100 пл. т/ч – 1590 штук (10 %). В целом по республике оптимальный парк зерноочистительно-сушильных комплексов должен составлять 4500 единиц.

Заключение

Структура парка зерноочистительно-сушильных комплексов для обеспечения минимальных качественных и количественных потерь зерна должна определяться по производительности в зависимости от валовых сборов зерна в действующих сельскохозяйственных предприятиях. По производительности парк зерноочистительно-сушильных комплексов должен иметь следующий типоразмерный ряд – 15, 20, 30, 40, 60, 80 и 100 пл. т/ч.

Список использованной литературы

1. Краусп, В.Р. Метод определения оптимальных параметров послеуборочной обработки зерна / В.Р. Краусп // Доклады ВАСХНИЛ. – М., 1970. – № 2. – С. 49-52.
2. Елизаров, В.П. Оптимизация основных технологических параметров сельскохозяйственных комплексов послеуборочной обработки зерна: автореф. дис. ...докт. техн. наук / В.П. Елизаров. – М.: ВИМ, 1982. – 40 с.

3. Олейников, В.Д. Агрегаты и комплексы для послеуборочной обработки зерна / В.Д. Олейников, В.В. Кузнецов, Г.И. Гозман. – М.: Колос, 1977. – 148 с.
4. Антипин, В.Г. Количество зерновой смеси и потребная производительность основных рабочих машин для доработки зерна после комбайна / В.Г. Антипин // Сб. Земледельческая механика. – М.: Машиностроение, 1965. – Т. 4. – С. 23-28.
5. Киреев, М.В. Выбор параметров пунктов послеуборочной обработки зерна / В.М. Киреев // Записки ЛСХИ. – Л., 1974. – Т. 231. – С. 17-25.
6. Берзины, Э.Р. Методика расчета и проектирования технологических линий для послеуборочной обработки зерна в Латвийской ССР: автореф. дис. ...канд. техн. наук / Э.Р. Берзины. – Елгава: СХИ, 1967. – 18 с.
7. Каллас, А. К методике расчета пунктов послеуборочной обработки зерна в условиях Эстонской ССР / А. Каллас // Сб. науч. тр. Эстонской СХА. – Тарту, 1971. – №67. – С. 37-42.

УДК 631.365

Т.А. Непарко, к.т.н., доцент¹, А.В. Новиков, к.т.н., доцент¹,
В.П. Чеботарев, к.т.н., доцент²

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОТДЕЛЕНИЙ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Введение

Теоретические и экспериментальные исследования, практическая эксплуатация приемных отделений зерноочистительно-сушильных комплексов показывают, что их емкость и производительность выгрузного устройства существенным образом влияют на производительность всего комплекса [1–3]. Кроме того, на эффективность работы приемного отделения значительное влияние оказывает целый ряд факторов: вид убираемых культур, влажность и засоренность комбайнового вороха, интенсивность его поступле-

ния от комбайнов в течение суток и всего уборочного сезона, погодных условий, организации работы уборочно-транспортного комплекса, сроков уборки. Емкость и производительность выгрузного устройства приемного отделения компенсирует, с одной стороны, неравномерность поступления с поля массы убранного комбайнового вороха в течение суток, а с другой – неравномерность темпов послеуборочной обработки: очистки, сушки и сортирования в зависимости от изменяющейся его влажности и засоренности. Таким образом, параметры приемного отделения должны определяться при наличии факторов противоположного действия. Недостаточная вместимость приемного отделения будет приводить к простоям комбайнов и транспортных средств, увеличению потерь зерна от самоосыпания. Применение излишне большой емкости приемного отделения приведет к увеличению срока хранения свежееубранного комбайнового вороха и одновременному снижению качества зерна, недогрузке приемного отделения, к удорожанию послеуборочной обработки зерна.

Основная часть

Время простоя уборочно-транспортного комплекса $T_{\text{ост}}$ из-за недостаточной вместимости приемного отделения может быть определено согласно выражению:

$$T_{\text{ост}} = T_{\text{см}} - \frac{V_{\text{по}} \rho_{\text{кв}}}{W_{\text{по}}}, \text{ при } V_{\text{по}} < \frac{W_{\text{по}} T_{\text{см}}}{\rho_{\text{кв}}},$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность времени смены, ч; $V_{\text{по}}$ – емкость приемного отделения, м^3 ; $\rho_{\text{кв}}$ – насыпная плотность комбайнового вороха, $\text{т}/\text{м}^3$; $W_{\text{по}}$ – производительность выгрузного устройства приемного отделения, $\text{т}/\text{ч}$.

В случае если $V_{\text{по}} \geq \frac{W_{\text{по}} T_{\text{см}}}{\rho_{\text{кв}}}$, то $T_{\text{ост}} = 0$.

Поэтому вместимость приемного отделения может быть рассчитана из выражения (1) согласно следующей зависимости:

$$V_{\text{по}} = \frac{(T_{\text{см}} - T_{\text{ост}})W_{\text{по}}}{\rho_{\text{кв}}}. \quad (1)$$

С другой стороны, вместимость приемного отделения должна определяться объемом хлебной массы, поступающей от зерноуборочных комбайнов согласно условию:

$$V_{\text{по}} \geq \frac{W_{\text{утк}} T_{\text{утк}}}{\rho_{\text{кв}}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{утк}}$ – производительность уборочно-транспортного комплекса, т/ч; $T_{\text{утк}}$ – продолжительность времени работы уборочно-транспортного комплекса, ч.

Приравнивание правых частей выражений (1) и (2) позволяет установить требуемое соотношение объемов комбайнового вороха, поступающего от уборочно-транспортного комплекса и принимаемого приемным отделением:

$$(T_{\text{см}} - T_{\text{ост}})W_{\text{по}} = W_{\text{утк}} T_{\text{утк}}.$$

Кроме того, анализ хода уборки урожая в республике в 2005-2008 годах показал, что в период массовой уборки суточное поступление зернового вороха от комбайнов не превышает 8–10 % сезонного намолота. Таким образом, вместимость приемного отделения будет определяться согласно выражению:

$$V_{\text{по}} = (0,08 - 0,1)Q_{\text{вал}} - (T_{\text{см}} - T_{\text{ост}})W_{\text{по}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{вал}}$ – валовое производство зерна, т.

Анализ зависимости (3) показывает, что параметры и эффективное использование приемного отделения для конкретного сельскохозяйственного предприятия будут определяться следующими основными факторами: валом производимого зерна, временем работы и производительностью выгрузного устройства приемного отделения. В то же время приемное отделение в своем составе должно иметь приемный бункер и накопительную

площадку. Поэтому емкость приемного отделения будет равна

$$V_{\text{по}} = V_{\text{пб}} + V_{\text{нп}},$$

где $V_{\text{пб}}$ – емкость приемного бункера, м^3 ; $V_{\text{нп}}$ – емкость накопительной площадки, м^3 .

При этом соотношение емкости приемного бункера, производительности его выгрузного устройства $W_{\text{пб}}$ и производительности машины предварительной очистки $W_{\text{пдо}}$ должны обеспечивать условие равномерной работы без перегрузки и забивания технологической линии: $V_{\text{пб}} > W_{\text{пб}} > W_{\text{пдо}}$. Поэтому емкость накопительной площадки, как правило, на практике превышает емкость приемного бункера в 3–5 раз.

Важным условием стабильной работы зерноочистительно-сушильного комплекса является также соответствие производительностей основных машин – предварительной очистки и зерносушилки. При этом вследствие существенного изменения в процессе уборки засоренности, влажности и видового состава обрабатываемого зернового вороха процессы предварительной очистки и сушки всегда значительно отличаются по производительности работы. Компенсационный бункер между машинами нужен также для тех случаев, когда происходят остановки машин по каким-либо причинам. Поэтому для обеспечения совместной стабильной и равномерной работы обеих машин в технологической линии между ними необходимо устанавливать дополнительную компенсирующую емкость. При проектировании зерновых элеваторов параметры межоперационных компенсирующих емкостей закладывают в соответствии с установленными нормативами. При этом по нормам технологического проектирования вместимость над- и подсушильных бункеров должна быть не менее часовой производительности нории и в 3–4 раза выше производительности зерносушилки. Вместимость компенсирующей емкости должна соответствовать следующему условию:

$$V_{\text{ке}} = \frac{W_{\text{мпо}} T_{\text{мпо}}}{\rho_{\text{кв}}} - \frac{W_{\text{зс}} T_{\text{зс}}}{\rho_{\text{нп}}},$$

где $W_{\text{мпо}}$ – производительность машины предварительной очистки зерна, т/ч; $T_{\text{мпо}}$ – время работы машины предварительной очистки зерна, ч; $W_{\text{зс}}$ – производительность зерносушилки, га/ч; $T_{\text{зс}}$ – время работы зерносушилки, ч; $\rho_{\text{нп}}$ – насыпная плотность зерна, т/м³.

С другой стороны, объем компенсирующей емкости должен определяться с учетом целого ряда противоречивых факторов. С одной стороны, недостаточная вместимость компенсирующей емкости приводит к простоям машины предварительной очистки зерна, убыткам от снижения ее производительности, ухудшению сохранности и качества поступившего от комбайнов необработанного зернового вороха. С другой стороны, использование слишком большой емкости удорожает стоимость линии, усложняет работы по ее использованию и обслуживанию. Таким образом, необходимо найти оптимальное значение вместимости компенсирующей емкости в зависимости от производительности машины предварительной очистки и зерносушилки с учетом затрат на ее изготовление и эксплуатацию, а также образующихся потерь из-за отсутствия или неоптимальной ее величины. Общие затраты от установки и эксплуатации компенсирующей емкости будут равны:

$$И_{\text{зтр}} = И_{\text{экс}} V_{\text{ке}} \rho_{\text{нп}} T_{\text{зс}} + И_{\text{птр}} T_{\text{зс}} - И_{\text{птр}} T_{\text{мпо}}, \quad (4)$$

где $И_{\text{экс}}$ – затраты на установку и эксплуатацию компенсирующей емкости, руб./ч; $И_{\text{птр}}$ – убытки от простоя машины предварительной очистки зерна, руб./(т·ч).

Выражение (4) после подстановки значений $T_{\text{зс}} = V_{\text{ке}} \rho_{\text{нп}} / W_{\text{зс}}$ и $T_{\text{мпо}} = V_{\text{ке}} \rho_{\text{кв}} / W_{\text{мпо}}$ примет следующий вид:

$$И_{\text{зтр}} = И_{\text{экс}} V_{\text{ке}} \rho_{\text{нп}} \frac{V_{\text{ке}} \rho_{\text{нп}}}{W_{\text{зс}}} + И_{\text{птр}} \frac{V_{\text{ке}} \rho_{\text{нп}}}{W_{\text{зс}}} - И_{\text{птр}} \frac{V_{\text{ке}} \rho_{\text{кв}}}{W_{\text{мпо}}}. \quad (5)$$

Для поиска оптимальной вместимости компенсирующей емкости необходимо провести исследование зависимости (5) на экстремум:

$$\frac{dI_{\text{зтр}}}{dV_{\text{ке}}} = I_{\text{экс}} V_{\text{ке}} \rho_{\text{пн}} \frac{\rho_{\text{нп}}}{2W_{\text{зс}}} + I_{\text{птр}} \frac{\rho_{\text{нп}}}{W_{\text{зс}}} - I_{\text{птр}} \frac{\rho_{\text{кв}}}{W_{\text{мпо}}} = 0. \quad (6)$$

Решение уравнения (6) позволяет определить оптимальную зависимость вместимости компенсирующей емкости:

$$V_{\text{ке}} = \frac{2I_{\text{птр}}}{I_{\text{экс}} \rho_{\text{пн}}^2} \cdot \frac{(W_{\text{мпо}} \rho_{\text{нп}} - W_{\text{зс}} \rho_{\text{кв}})}{W_{\text{мпо}}}. \quad (7)$$

При условии, что насыпная плотность комбайнового вороха и зерна существенно не отличается, выражение (7) может быть представлено в следующем виде:

$$V_{\text{ке}} = \frac{2I_{\text{птр}}}{I_{\text{экс}} \rho_{\text{пн}}} \cdot \left(1 - \frac{W_{\text{зс}}}{W_{\text{мпо}}} \right).$$

Компенсирующие емкости между машиной предварительной очистки и зерносушилкой должны иметь вместимость не менее $(5-6)W_{\text{зс}}$. Транспортирующие механизмы комплекса – нории и горизонтальные транспортеры, должны иметь производительность в 1,25–1,5 раза выше производительности машин, которые они обслуживают (для зерносушилок – не менее чем в 2 раза).

Таким образом, исходя из типоразмерного ряда зерноочистительно-сушильных комплексов в республике соответствующий ряд емкостей приемных отделений должен быть следующим: для комплекса производительностью 15 пл. т/ч – 150 т с приемным бункером 20 т; 20 пл. т/ч – 200 т с приемным бункером 30 т; 30 пл. т/ч – 300 т с приемным бункером 40 т; 40 пл. т/ч – 400 т с приемным бункером 50 т; 60 пл. т/ч – 600 т с приемным бункером 80 т; 80 пл. т/ч – 800 т с приемным бункером 100 т и 100 пл. т/ч – 1000 т с приемным бункером 120 т.

Заключение

Для повышения производительности зерноочистительно-сушильных комплексов, минимизации качественных и количественных потерь зерна должны устанавливаться компенсирующие емкости объемом не менее 5–6 вместимостей зерносушилки, а транспортирующие механизмы поточных технологических линий должны иметь производительность в 1,25–1,5 раза выше производительности машин, которые они обслуживают (для зерносушилок – не менее чем в 2 раза).

Список использованной литературы

1. Янко, В.М. Статистический метод расчета производительности машин / В.М. Янко / Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – № 11. – С. 9-12.
2. Краусп, В.Р. Метод определения оптимальных параметров послеуборочной обработки зерна / В.Р. Краусп // Доклады ВАСХНИЛ. – М., 1970. – № 2. – С. 49-52.
3. Елизаров, В.П. Оптимизация основных технологических параметров сельскохозяйственных комплексов послеуборочной обработки зерна: автореф. дис. докт. техн. наук / В.П. Елизаров. – М.: ВИМ, 1982. – 40 с.

УДК 631.151.2:633/.635

Т.А. Непарко, к.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Введение

Работы по возделыванию, уборке и послеуборочной переработке урожая сельскохозяйственных культур можно механизировать с использованием различных наборов машин. По-разному могут быть распределены и объемы работ между агрегатами. При этом,

как правило, будут различными и затраты на производство продукции растениеводства. Поэтому для каждого сельскохозяйственного предприятия из всего разнообразия технологических и технических решений должны быть выбраны такие варианты, которые обеспечивают максимальную эффективность производства.

Основная часть

Необходимо отметить, что большинство показателей, характеризующих работу машинно-тракторных агрегатов (МТА), не могут быть оценены однозначно. Так, повышение скорости движения агрегата, обеспечивающее повышение производительности труда, сопровождается как интенсивным ростом тягового сопротивления, так и непропорциональным увеличением затрат мощности на самопередвижение агрегата. Эксплуатационная масса трактора, способствующая при ее рациональном распределении повышению тягово-сцепных свойств, при повышении ее значения негативно сказывается на удельном давлении на почву. Оснащение трактора средствами нормализации микроклимата в кабине, устройствами автоматизации рабочего процесса влечет за собой повышение его стоимости, однако в совокупности способствует повышению производительности труда.

При системном подходе к выбору рационального состава и режимов работы МТА для оценки альтернативных вариантов возникает необходимость обоснования четких критериев. Проблема состоит в том, что каждый из частных критериев достигает своего лучшего значения при различных сочетаниях характеристик системы. Возможно также наличие противоречивых критериев, когда смена характеристик системы с целью улучшения одного из них вызывает ухудшение другого.

В общем виде математическая модель многокритериальной задачи формирования рациональной системы машин может быть описана выражением [1, 4]:

$$MM = \langle n, V, U, L, H, f \rangle,$$

где n – тип многокритериальной задачи; V – множество вариантов оцениваемых характеристик системы; U – множество крите-

риев, по которым оценивается система; L – шкала оценок по каждому критерию; H – система приоритетов выбора лица принимающего решение; f – правило решения, которое на множестве вариантов V задает отношение к системе приоритетов H .

Обобщенную оценку рационального состава МТА дает возможность производить метод многокритериального выбора агрегатов из выходного множества альтернативных вариантов. В тоже время применение метода Парето при формировании выходного множества альтернативных вариантов позволяет выйти на эффективную границу с использованием всех критериев по принципу доминирования, т.е. объединяет варианты, которые доминируют над остальными и не имеют доминирования над собой. Эффективные (Парето-оптимальные) варианты оцениваются вектором критериев:

$$u = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}, \quad u_i \in U, i = 1, \dots, n.$$

Вариант A доминирует над вариантом B ($A \succ B$), если каждый из критериев u_i^A превышает или эквивалентен соответствующим критериям u_i^B ($u_i^A \succeq u_i^B$), причем хотя бы для одного из них справедливо строгое превышение ($u_i^A \succ u_i^B$). Если для улучшения варианта необходимо увеличение критерия u_i , то знак доминирования ($\succ$) отвечает знаку «больше» ($u_i^A > u_i^B$); ежели улучшение варианта отвечает уменьшению количественно выраженного критерия u_i , то – знаку «меньше» ($u_i^A < u_i^B$). Определение эффективной границы позволяет сократить количество вариантов и упростить их дальнейший анализ.

Возможность обоснования идеала и оценку меры приближения к нему каждого из вариантов выходного множества альтернативных вариантов дает метод многокритериального выбора по интегральному критерию удаления от цели. При этом идеальный вариант характеризует такую систему, для которой каждый из критериев достигает своего потенциально возможного лучшего значения. Такие значения могут быть обоснованы теоретически или отвечать лучшим реально достигнутым величинам.

Интегральный критерий удаления от цели μ_j можно определить, как по формуле

$$\mu_j = \frac{P_j}{P_o}, \mu \geq 1,$$

в которой площади многоугольников выражены значениями нормированных критериев, так и через относительное удаление от цели:

$$\mu'_j = \frac{\sum_{i=1}^n u_{ij}^H - \sum_{i=1}^n u_{io}^H}{\sum_{i=1}^n u_{io}^H} = \frac{\sum_{i=1}^n u_{io}^H}{N} - 1 \quad (1)$$

где P_j, P_o – соответственно площади многоугольников j -го и идеального вариантов, построенные на значениях критериев; u_{ij}^H , u_{io}^H – соответственно нормированные значения критериев j -го и идеального вариантов.

Оценку функционирования сложной системы обычно производят при помощи количественно выраженных характеристик. При этом каждая из числовых характеристик в соответствии с теорией сложных систем [2, 3] должна удовлетворять трем условиям: представлять собой величину, зависящую от процесса функционирования системы, которую по возможности просто вычислить, исходя из математического описания системы; давать представление о свойствах системы; допускать, в пределах возможного, простую приближенную оценку по экспериментальным данным.

Добиться повышения эффективности производства сельскохозяйственных культур можно путем формирования такого комплекса машин, который позволит повысить эффективность использования всех видов ресурсов ψ_p , снижая уровень вредных воздействий на почву и окружающую среду a_p за счет повышения: уровня использования времени P_v выраженного через коэффициент использования времени смены τ_{cm} в сменной производительности МТА W_{cm} ; показателя полноты использования материалов ψ_m за счет снижения эксплуатационной материалоемкости M , учтенной в коэффициенте

полезного использования технических средств $\varphi_{\text{тс}} = \frac{1}{M}$; показателя полноты использования энергии $\psi_{\text{е}}$ за счет снижения расхода топлива Θ , учтенного в показателе уровня использования невозобновляемых источников энергии $P_{\text{н}} = \frac{1}{\Theta}$; уровня использования денежных средств $P_{\text{д}}$ за счет снижения эксплуатационных затрат S , учтенных через коэффициент полезного использования основных $\varphi_{\text{ос}}$ и оборотных $\varphi_{\text{об}}$ фондов: $\varphi_{\text{ос}} + \varphi_{\text{об}} = \frac{1}{S}$; уровня использования трудовых ресурсов $P_{\text{т}}$ за счет снижения затрат труда $З$, а также снижения давления ходовых систем на почву $P_{\text{п}}$ за счет уменьшения индекса давления агрегатов на почву PI .

Перечисленные критерии, кроме сменной производительности, минимизируются. Для удобства процедуры принятия решений вместо производительности целесообразно использовать показатель относительного количества нормо-смен:

$$N_{D_{\text{опт}}} = \frac{F}{W_{\text{см}} D_{\text{опт}}} = \frac{N_{\text{см}}}{D_{\text{опт}}},$$

где $N_{\text{см}}$ – количество нормо-смен.

В связи с тем, что площадь участка F и оптимальное количество дней $D_{\text{опт}}$ при выполнении технологической операции – величины постоянные, то критерий $N_{D_{\text{опт}}}$ зависит только от производительности МТА $W_{\text{см}}$. Эта зависимость обратно пропорциональная и, следовательно, критерий $N_{D_{\text{опт}}}$, как и все остальные, подлежит минимизации.

Поскольку определение области эффективного использования тех или иных агрегатов экспериментальным путем требует больших затрат времени, труда и средств и не всегда возможно и экономически оправдано, то определение такой области желательно произвести расчетным путем, используя математическое моделиро-

вание, основанное на теории исследования операций и позволяющее описать все основные связи, характеризующие производственный процесс. С этой целью нами разработан алгоритм выбора рационального состава и режимов работы МТА, реализованный с помощью программных средств для ПЭВМ. Таким образом, моделируя процесс обработки конкретных участков полей агрегатами на базе различных тракторов и сельскохозяйственных машин по интегральному критерию относительного удаления от цели, можно выбрать рациональные варианты состава МТА и режимы их работы, позволяющие выполнить весь объем работ в агротехнически допустимые сроки при минимальных ресурсозатратах.

По данной методике нами был произведен выбор рационального состава и режима работы агрегатов на дерново-подзолистых почвах с удельным сопротивлением почв при вспашке 54–59 кПа и 42–47 кПа с учетом изменения длины гона и соответствующего сочетания агрегатов на базе тракторов класса 5, 3, 2 и 1,4 по разработанному алгоритму. Расчеты производились для пяти значений длины гона L_p : 200, 300, 400, 632 (средняя для РБ) и 1000 м. Исследованиями ученых установлено, что между размерами участков и длинами гонов существует тесная корреляционная связь, т.е. малым площадям участков соответствуют малые длины гонов и, наоборот, большим площадям участков соответствуют большие длины гонов. В связи с этим, для комплексной оценки агрегатов принимали следующие значения площадей одного поля: 3,2; 7,2; 12,8; 28,8 и 80 га, соответствующие приведенным выше длинам гонов.

Сравнение расчетных данных с результатами экспериментов для одних и тех же природно-производственных условий показали их достаточно хорошую сходимость. Для всей области варьирования факторов доверительные интервалы включали теоретические показатели, а максимальное расхождение расчетных и опытных данных не превысило 2,3%, что вполне достаточно для инженерных расчетов [4].

Заключение

Разработанный алгоритм и программа расчета на ПЭВМ положены в основу выбора рационального состава и режимов работы МТА в природно-производственных условиях Республики Беларусь и конкретных условиях сельскохозяйственных предприятий.

Разработанная методика выбора рационального состава и режимов работы МТА и полученные критериальные математические модели могут быть использованы при разработке новых технических средств, проектировании материально-технической базы и производственных процессов, планировании использования технического и трудового потенциала сельскохозяйственных предприятий, организации и нормировании работ, управлении производственными процессами в сельскохозяйственном производстве.

Список использованной литературы

1. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень.— Київ.: Урожай, 1994.
2. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем.— М.: Советское радио, 1973.
3. Дедков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем: Учеб.пособие для втузов.— М.: Высш.школа, 1976.
4. Непарко, Т.А. Повышение эффективности производства картофеля обоснованием рациональной структуры и состава применяемых комплексов машин: автореф. дис. .канд. техн. наук / Т.А. Непарко. — Минск: БГАТУ, 2004. — 22 с.

УДК 631.372

**В.Я. Тимошенко, к.т.н., доцент, А.В. Новиков, к.т.н., доцент,
Д.А. Жданко, к.т.н., доцент, В.Н. Кецко, ст. преподаватель,
В.С. Шимчук, студент**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРАКТОРНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ БЕЗДОРОЖЬЯ

Введение

Транспортные работы составляют значительную долю в общем объеме сельскохозяйственных работ. Особенно большой объем транспортных работ приходится на период уборки урожая. По

количеству перевозимых грузов в сельском хозяйстве 60...80% работ производится тракторным транспортом.

Для выполнения транспортных работ в сельском хозяйстве чаще всего используются тракторные прицепы, агрегатируемые с тракторами Кл.1,4, а также большегрузные прицепы, которые агрегируются с энергонасыщенными тракторами.

Передвигаясь по полю, дороге, трактор за счет сцепления ходового аппарата с почвой обеспечивает тягу машины-орудия. Способность трактора передвигаться в различных почвенных условиях с нагрузкой на крюке характеризуется тяговыми качествами трактора. Основными показателями тяговых качеств трактора являются: тяговая мощность, тяговое усилие, буксование и тяговый КПД.

Проходимость трактора, т. е. способность передвигаться в различных условиях при выполнении сельскохозяйственных работ, зависит от создаваемого им давления на почву, дорожного просвета, радиуса горизонтальной проходимости, наибольшей величины местного препятствия, которое может преодолеть трактор, и устойчивости при работе на склонах [1]. В ряде случаев проходимость трактора зависит от сцепления движителей с почвой.

Увеличение давления на почву уменьшает проходимость трактора на рыхлом сминаемом грунте и одновременно резко увеличивает потери мощности на его передвижение [1]. Увеличение этих потерь вызывается тем, что возрастает глубина колеи, оставляемая трактором на почве, а значит, увеличивается работа на вертикальное прессование грунта [1].

Глубина колеи существенным образом сказывается на агротехнических показателях работы агрегатов. Глубокий след, оставляемый трактором на почве, приводит к неравномерности заделки семян по глубине, что обуславливает потери урожайности культур.

Основная часть

Перевозка с.-х. грузов по полям и проселочным дорогам часто приводит к застреванию прицепов в глубоких колеях, что требует больших затрат времени на их вытаскивание, даже в условиях наличия современной мобильной связи.

Известны некоторые устройства для повышения проходимости транспортных агрегатов, которые обеспечивают её за счет догрузки ведущей задней оси.

Вместе с тем, специальных устройств, которыми можно было бы оснащать колесные тракторы, работающие при перевозке грузов по бездорожью практически не известно, за исключением оснащения военных машин лебёдками.

Известны тягово-догружающее устройство колесных транспортных средств [2, 3, 4, 5]

Недостатком в работе всех известных устройств является то, что застрявшую в глубокой колее (грязи) прицепную машину не представляется возможным вытащить за счет догрузки заднего ведущего моста, создаваемой с их помощью, а также применимость их только к тракторным (автомобильным) прицепах.

Для обеспечения возможности автономного вытаскивания тракторных прицепных машин, застрявших в глубокой колее по весеннему и осеннему бездорожью предлагается буксировочное устройство (рисунок 1), содержащее жесткую силовую связь дышла прицепной машины с гидрокрюком заднего навесного устройства трактора, где дышло прицепной машины и остов трактора дополнительно соединены круглопрядильной стропой через самонаматывающийся барабан и цанговый гидроуправляемый зажим.

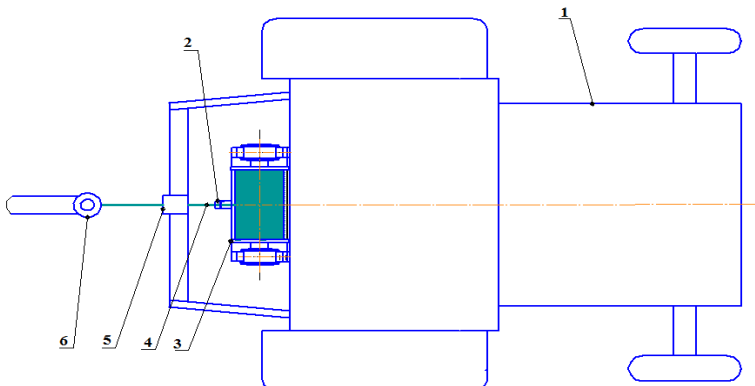


Рисунок 1 – Буксировочное устройство:

- 1 – трактор; 2 – гидрокрюк; 3 – самонаматывающийся барабан;
4 – круглопрядильная стропы; 5 – цанговый гидроуправляемый зажим;
6 – прицепная машина с дышлом.

Устройство работает следующим образом. При полном буксовании ведущих колес трактора 1 и остановке агрегата, трактор отсоединяется от прицепной машины путем открытия гидрокрюка 2 навесного устройства. Отсоединенная прицепная машина 6 не создает тяговую нагрузку на крюке 2 трактора и он получает возможность проехать вперед на длину круглопрядильной стропы 4, которая разматывается из самонаматывающего барабана 3. Выехав на более твердое основание, с помощью гидросистемы трактора 1 выключается гидравлический кантовый зажим 5. При этом круглопрядильная стропа 4, соединенная одним концом с дышлом прицепной машины 6, соединяется с навеской трактора 1, который, продолжая движение, тянет за собой прицепную машину 6 и вытягивает ее из глубокой колеи на твердое основание. После выезда прицепной машины 6 из глубокой колеи трактор 1 соединяется с ней через гидрокрюк 2. Для этого включается кантовый зажим 5, трактор сдает задним ходом, круглопрядильная стропа 4 сама наматывается на барабан 3 и подъемом гидрокрюка 2 обеспечивается жесткое соединение трактора с дышлом прицепной машины 6.

Заключение

Применение предлагаемого устройства позволит избежать длительных простоев тракторов с прицепами, застрявших в глубокой колее проселочной дороги или поля на почвах с низким коэффициентом упругости.

Список использованной литературы

1. Алексейчик, Н.А. Повышение проходимости сельскохозяйственных машин / Н.А. Алексейчик, Ю.В. Будько, Б.А. Терехов. – Минск : Ураджай, 1979. – 134 с.
2. Тягово-догружающее устройство колесных транспортных средств при их агрегатировании с прицепами: пат. RU2496674 МПК7 B62D53/04, B60D1/00, A01B59/04 / С.В. Щитов, Е. Е. Кузнецов, З.Ф. Кривуца, О.А. Кузнецова; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего

профессионального образования "Дальневосточный государственный аграрный университет"; опубли. 27.10.2013.

3. Тросопневматическое тягово-догружающее устройство прицепных систем колесных автопоездов: пат. RU2493018 МПК7 B62D53/04, B60D1/00, A01B59/04 / З.Ф. Кривуца, С.В. Щитов, Е. Е. Кузнецов, О.А. Кузнецова; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Дальневосточный государственный аграрный университет".

4. Автоматический корректор сцепного веса для увеличения проходимости и повышения производительности колесных тракторов при их агрегатировании с прицепами: пат. RU2482974 МПК7 B62D53/04, B60D1/00, A01B59/04 / С.В. Щитов, Е. Е. Кузнецов; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Дальневосточный государственный аграрный университет".

5. Устройство для повышения проходимости колесного трактора с двухосным прицепом: пат. RU2456194 МПК7 B62D53/04, B60D1/00, A01B59/04 / В.Д. Бурдыкин; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Воронежский государственный аграрный университет имени К.Д. Глинки" (ФГОУ ВПО ВГАУ имени К.Д. Глинки).

6. Сцепное устройство для соединения трактора с прицепом: пат. RU2297938 МПК7 B62D53/04, B60D1/00, A01B59/04 / В.П. Гребнев, В. И. Панин, А.В. Ворохобин; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Воронежский государственный аграрный университет имени К.Д. Глинки" (ФГОУ ВПО ВГАУ имени К.Д. Глинки). – 2005138232/11; заявл. 08.12.2005; опубли. 27.04.2007.

УДК 621.436

**Ю.И. Томкунас, к.т.н., доцент, В.Н. Кецко ст. преподаватель,
А.А. Гончарко, ст. преподаватель**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Введение

Одним из требований к средствам механизации, является соблюдение экологической безопасности. Главной причиной негативного воздействия МТА на природную среду остается низкий технический уровень эксплуатируемых тракторов и самоходных машин [1]. Экологическая безопасность – допустимый уровень негативного воздействия природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека [2].

Один из путей обеспечения приемлемой экологической безопасности машин – правильная эксплуатация, а также своевременное проведение технического обслуживания и ремонта с элементами восстановления параметров экологической безопасности [1, 2].

Безразборный контроль показаний экологической безопасности машин с требуемой точностью – это экологическое диагностирование [3]. По аналогии с техническим диагностированием результатом экологического диагностирования является выдача заключения с указаниями вида и причин нарушения экологической безопасности. Экологическое диагностирование машинно-тракторных агрегатов необходимо для оценки экологической культуры эксплуатации.

Основная часть

Тракторы и самоходные сельхозмашины – специфические загрязнители окружающей среды: утечки топливно-смазочных материалов (ТСМ) загрязняют пахотные земли и водоемы, подтверждают почвенную флору и фауну; движители переуплотняют пашню, что резко снижает урожайность сельскохозяйственных культур; повышенные шум и вибрации на рабочем месте машины являются

санитарно-экологическими факторами, серьезно сказывающимся на здоровье оператора [4].

Загрязнение атмосферы, вызываемое автотракторными дизелями машин, в 5 раз превышает выбросы теплостанций и в 3 раза – промышленных предприятий. Работающий автотракторный дизель является источником выброса малой высоты. Продукты сгорания медленно рассеиваются в атмосфере, а концентрация вредных веществ (ВВ) значительна на большом расстоянии от работающего двигателя. Доказано, что выбросы отработавших газов сокращают на 25% урожайность и снижают качество сельскохозяйственных культур [5].

Повышенная дымность и величина вредных выбросов свидетельствуют не только о неисправностях механизма и систем дизеля, но и о неэкономичности его работы.

Основные диагностические показатели экологической безопасности тракторов и самоходных машин [2]:

- удельные выбросы CO, CH и NOx в отработавших газах (ОГ) дизельных ДВС согласно ГОСТ 17.2.2.2.05;
- дымность ОГ дизеля (в установившемся режиме и режиме свободного ускорения) согласно ГОСТ 17.2.2.02;
- содержание CO в воздухе рабочей зоны оператора трактора или сельхозмашины (герметичность кабины);
- утечки моторного, трансмиссионного и гидравлического масла, дизельного топлива, охлаждающей жидкости;
- степень загрязненности (класс чистоты) моторного масла и дизельного топлива;
- выбросы (утечки) ОГ помимо выхлопной трубы трактора или сельхозмашины;
- шум внешний и внутренний (в кабине водителя), создаваемый трактором (сельхозмашиной);
- вибрации на рулевом колесе и сиденье оператора трактора (сельхозмашины).

Дымность отработавших газов является одним из основных недостатков дизелей. Различают два вида дыма: черный - из-за наличия сажи в отработавших газах и белый или голубой – результат

неполного сгорания топливно-воздушной смеси при значительном запаздывании воспламенения или попадания горючего на холодные стенки камеры сгорания. Существенно влияет на длительность выпуска угол опережения впрыска горючего.

Выброс сажи увеличивается с ростом нагрузки на двигатель, сопровождаемой обогащением топливно-воздушной смеси. Граница прекращения дымления соответствует составу смеси при коэффициенте избытка воздуха $\lambda=1,2$ [5]. Исправный дизельный двигатель на холостом ходу почти не выбрасывает частиц сажи (твердых частиц). Усиленный выброс твердых частиц или несгоревшего топлива указывает на нарушение процесса сгорания, из-за неисправных распылителей форсунок.

На экономичность двигателя влияет техническое состояние воздушного фильтра. При несвоевременной промывке, а также вследствие несовершенства конструкции и дефектов производства наблюдается значительное увеличение гидравлического сопротивления инерционно-масляных воздушных фильтров.

Возрастание сопротивления фильтра в 2 раза вызывает рост расхода топлива примерно на 6-8 %.

В процессе эксплуатации дизелей за счет износа деталей цилиндропоршневой группы наблюдается снижение давления конца сжатия с 4,5 до 2,8 МПа, что приводит к ухудшению процесса сгорания и увеличению потерь тепла через стенки камеры сгорания и с отработавшими газами.

Основными регулировочными параметрами топливной аппаратуры, изменяющимися в процессе эксплуатации и влияющими на расход топлива дизелем, являются цикловая подача, давление начала впрыска топлива и угол опережения впрыска.

Установка начала подачи топлива влияет на шум сгорания, мощность двигателя, расход топлива и содержание вредных веществ в отработавших газах (ОГ). Если подача топлива начинается слишком рано, двигатель работает жестко, с сильным шумом сгорания, низким расходом топлива, но повышенным содержанием оксидов азота в ОГ. При слишком ранней установке начала подачи увеличивается и дымность, потому что увеличенная задержка вос-

пламенения приводит к низкой температуре цикла [6]. На позднее начало подачи топлива двигатель реагирует потерей мощности, увеличенным расходом топлива и повышенным дымлением. При позднем завершении сгорания увеличивается температура ОГ, а следовательно, риск повреждения выпускных клапанов и турбокомпрессора. Турбокомпрессоры позволяют, особенно при полной нагрузке, снабжать двигатель достаточным количеством воздуха. Большое количество воздуха в камере сгорания позволяет впрыскивать большее количество топлива и увеличить мощность, а при меньшей подаче топлива – снизить выброс сажи.

Поэтому давление наддува, являясь параметром, определяющим величину полной нагрузки, должно проверяться прежде всего при падении мощности. Для проверки давления наддува присоединяют манометр к соответствующему штуцеру впускного трубопровода и измеряют давление на соответствие данным производителя [6].

Износы деталей топливной аппаратуры по разному воздействуют на величину цикловой подачи. Износ плунжерных пар и винтовой кромки уменьшает количество впрыскиваемого топлива. Износы нагнетательного клапана, разгрузочного клапана и его седла увеличивают цикловую подачу. Увеличение угла опережения впрыска выше номинального приводит к уменьшению дымности с одновременным повышением расхода горючего в результате увеличения работы сжатия и уменьшения работы расширения.

Измерение дымности проводят при техническом обслуживании ТО-2, после ремонта и регулировки узлов и систем трактора влияющих на дымность. Дымность проверяют при свободном ускорении – разгон двигателя от минимальной до максимальной частоты вращения на холостом ходу и при максимальной частоте вращения [7], удовлетворяющим требованиям СТБ 2169-2011 которая должна не превышать значений указанных в таблице 1.

Нормы дымности дизелей, тракторов и машин конкретных марок устанавливают в зависимости от условного расхода воздуха G_v , представлены в [8]. Для этого на предприятиях, использующих машины и агрегаты с дизелями, и на каждом предприятии, проводящем их технический сервис, должен быть организован контроль

дымности и величины выбросов вредных веществ (CO , CH и NO_x) ОГ автотракторных дизелей.

Таблица 1 - Дымность дизелей

Режим измерения дымности	Предельно допускаемый натуральный показатель ослабления светового потока K , м^{-1}	Предельно допускаемый коэффициент ослабления светового потока N , %
Свободное ускорение коленчатого вала дизеля:		
без наддува	1,2	40
с наддувом	1,6	50

Базовыми документами по эксплуатационному контролю дымности и величины вредных выбросов ОГ дизелей, используемых на самоходных машинах и стационарных агрегатах в АПК, в дорожном строительстве и других отраслях являются:

межгосударственный стандарт 17.2.2.02-98 «Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы определения дымности отработавших газов дизелей, тракторов и самоходных машин»;

ГОСТ 21393-75 «Автомобили с дизелями. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений. Требования безопасности»;

ГОСТ 17.2.2.05-97 «Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы определения выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин»

Заключение

Своевременное регламентное и заявочное диагностирование дизелей, в том числе по показателям дымности и величине выбросов вредных веществ ОГ, а также проведение соответствующих профилактических работ по воздухоочистителю, приводу ТНВД, форсункам, системе смазки, своевременный слив отстоя из топливных фильтров и другие стандартные и нестандартные работы техниче-

ского обслуживания позволяют поддерживать дымность, величину вредных выбросов, топливную экономичность и надежность работы дизелей в технико-экономически целесообразном диапазоне. Это реально осуществимо для большинства предприятий, использующих самоходные и стационарные машины, агрегаты с автотракторными дизелями и осуществляющие их технический сервис.

Повышенная дымность, величина вредных выбросов свидетельствует не только о неисправностях механизмов и систем дизеля, но и о неэкономичности его работы. Таким образом, контроль и восстановление оптимальной дымности и величины вредных выбросов ОГ автотракторных дизелей одновременно обеспечивают и сохранение их оптимальной топливной экономичности.

Список использованной литературы

- 1 Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник / А.В. Новиков [и др.]: под ред. А.В. Новикова.- Минск: ИВЦ Минфина. 2013 – 340с.
- 2 Межгосударственный стандарт 17.2.2.02-98. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения дымности отработавших газов тракторных и комбайновых дизелей.
- 3 Николаев Е. В., Нистратова Н. С. Экологическая диагностика тракторов и самоходных машин. Тракторы и сельхозмашины, 2012 №8.
- 4 СТБ 2169-2011 «Транспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерения»
- 5 Технологическое руководство по контролю и регулировке дымности и токсичности отработавших газов дизелей тракторов и самоходных машин (сельскохозяйственных, дорожно-строительных и др.) / А. В. Колчик [и др.]. – М.: ФГНУ ”Росинформагротех”, 2005.
- 6 Губертус Гюпгер, Диагностика дизельных двигателей. Серия “Автомеханик”. Пер. с нем. Ю. Г. Грудского – М.: ЗАО “КЖИ” За рулем”, 2004г.- 176с.: 41
- 7 Измеритель дымности отработавших газов МЕТА-01 МП 01. ГТН ЛТК. Руководство по эксплуатации.- Жигулевск, 2007.

УДК 629.05 + 004

В.Д. Лабодаев, к.т.н., доцент, Т.М. Чумак, ст. преподаватель
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ НА ЗАГОТОВКЕ СЕНАЖА

Введение

Организация перевозок при заготовке сенажа существенно влияет на эффективность использования измельчителей-подборщиков и транспортных средств, а так же на ритмичность поступления измельченной травы в хранилища и на время их заполнения. Оптимальный срок закладки сенажной массы в хранилище колеблется от 3 до 4 дней. При хорошем уплотнении достигается наилучшее качество сенажа и снижаются потери при его хранении.

Для обеспечения поточности и ритмичности технологического процесса на заготовке сенажа необходимо подобрать рациональное количество измельчителей-подборщиков и транспортных средств с учетом конкретных условий эксплуатации. Расчеты потребности в транспортных средствах, обслуживающих кормоуборочные машины при изменении урожайности и производительности уборочной техники, а так же других переменных величин, требуют значительных затрат времени на вычислительные работы. Построение номограмм требует значительно меньших затрат времени, позволяет облегчить технические расчеты и определить рациональное количество транспортных средств при исключении простоев уборочной техники.

Основная часть

Практика передовых сельскохозяйственных предприятий показывает, что наиболее прогрессивным методом организации работ на заготовке сенажа является групповое использование техники, когда 3 – 6 измельчителей-подборщиков работают на одном поле, провяленная зеленая масса транспортируется в одну траншею. Число измельчителей в группе выбирают, исходя из размеров поля. По про-

изводительности они должны обеспечивать заполнение сенажной траншеи за 3 – 4 дня.

Для обслуживания измельчителей комплектуют транспортное звено, размер которого должен быть таким, что бы свести к минимуму простой уборочных агрегатов и транспортных средств. Однако рекомендаций по определению оптимального состава уборочно-транспортных звеньев нет, поэтому мы приводим аналитический метод расчета потребности в транспортных средствах для обслуживания группы измельчителей-подборщиков на заготовке сенажа.

На основании полученных аналитических зависимостей и экспериментальных данных построена номограмма, позволяющая определить необходимое число транспортных средств в зависимости от конструктивных параметров и конкретных условий эксплуатации. Для обеспечения бесперебойной работы измельчителей-подборщиков производительность уборочных машин и обслуживающих автомобилей должна быть одинаковой, то есть

$$mW_{\text{изм}} = nW_{\text{тр}} \quad (1)$$

Тогда потребное число транспортных средств n для обслуживания измельчителей определится из выражения

$$n = \frac{mW_{\text{изм}}}{W_{\text{тр}}} \quad (2)$$

где, m – число измельчителей в группе;

$W_{\text{изм}}$ и $W_{\text{тр}}$ – часовая производительность соответственно измельчителя и транспортного средства (т).

В тоже время производительность транспортного средства можно выразить уравнением [1].

$$W_{\text{тр}} = \frac{q}{t_{\text{об}}} \quad (3)$$

где q – грузоподъемность транспортного средства (т);

$t_{\text{об}}$ – время на один оборот (ч).

Так как объемная масса провяленной травы колеблется в широких пределах (0,15 – 0,25 т/м³), грузоподъемность транспортного средства удобнее выразить через объем его кузова $V_{\text{к}}$ и объемную массу сенажа γ .

$$q = V_{\text{к}}\gamma \quad (4)$$

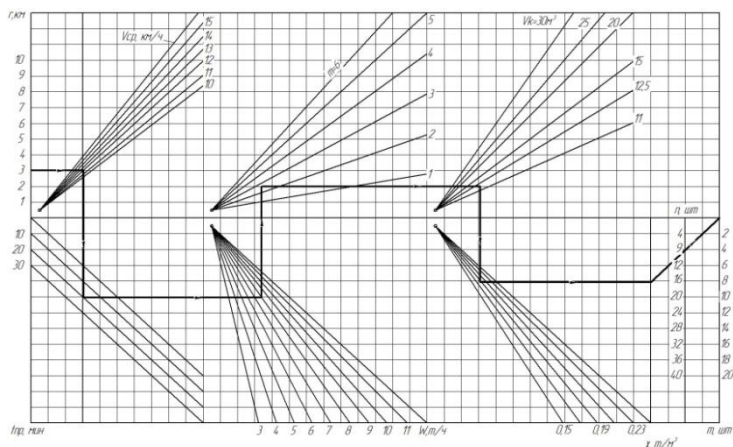
На перевозке измельченной травы применяют тракторные прицепы ПСЕ – 12,5, ПСЕ – 20, ПСЕ – 30, ПСЕ – 40, а так же 2ПТС – 4

в агрегате с колёсными тракторами класса 0,9 и 1,4 т. Но объем кузова прицепа 2 ПТС – 4 (11 м^3 с надставленными бортами) недостаточен для использования их с номинальной грузоподъемностью.

Что бы увеличить грузовместимость прицепов до $15 - 20 \text{ м}^3$, их необходимо оборудовать дополнительными сетчатыми бортами. Учитывая возможность работы трактора с двумя прицепами 2 ПТС – 4, объем кузова транспортного агрегата при построении номограммы может быть принят равным $10-20 \text{ м}^3$.

Время оборота $t_{об}$ транспортного средства складывается из времени движения $t_{дв}$, времени погрузки $t_{погр}$ и прочих затрат $t_{пр}$ которые включают время взвешивания (1 – 2 мин.), время разгрузки (2 – 3 мин.) и время ожидания погрузки (в среднем до 5 мин.)

$$t_{об} = t_{дв} + t_{погр} + t_{пр}. \quad (5)$$



Номограмма для определения потребности в транспортных средствах.

Время движения транспорта зависит от расстояния перевозки l и скорости движения $v_{ср}$.

$$t_{дв} = \frac{2l}{v_{ср}} \quad (6)$$

Расстояния внутрихозяйственных перевозок в среднем равны 5 км и для среднего сельскохозяйственного предприятия не превышают 10 км. Скорость движения тракторного транспортного агрегата зависит от дорожных условий. По экспериментальным дан-

ным, для колесных тракторов класса 1,4 т она равна 9 – 10 км/ч на скошенном лугу и полевой дороге, 12 – 14 на грунтовой дороге и 16 – 18 км/ч на улучшенной грунтовой дороге.

Время погрузки транспортного средства определяется отношением объема кузова к производительности измельчителя – подборщика:

$$t_{\text{погр}} = \frac{V_k \gamma}{W_{\text{изм}}} \quad (7)$$

Для уборки трав на сенаж с подбором сенажной массы с измельчением и погрузкой в транспортные средства используют КСК – 100, КВК – 3000, КВК – 800, Полесье – 3000, производительность которых изменяется в широких пределах в зависимости от урожайности и конкретных эксплуатационных условий.

С учетом формул (4 – 7) формула (3) для определения производительности примет вид

$$W_{\text{тр}} = \frac{V_k \gamma}{\frac{2l}{v_{\text{ср}}} + \frac{V_k \gamma}{W_{\text{изм}}} + t_{\text{пр}}} \quad (8)$$

Подставляя значение производительности транспортного средства из формулы (8) в формулу (2) и произведя необходимые преобразования, получим окончательное выражение для определения числа транспортных средств

$$n = \frac{m W_{\text{изм}}}{V_k \gamma} \left(\frac{2l}{v_{\text{ср}}} + t_{\text{пр}} \right) + m \quad (9)$$

Построенная по этой формуле номограмма приведена на рисунке. Сплошными линиями со стрелками показан порядок пользования номограммой. При расстоянии перевозок $l = 3$ км, скорость движения транспорта $v_{\text{ср}} = 12$ км/ч, затратах $t_{\text{пр}} = 20$ мин., производительность каждого из четырех измельчителей $W_{\text{изм}} = 6$ т/ч, объеме кузова прицепа ПСЕ – 12,5, $V_k = 12,5 \text{ м}^3$, и $\gamma = 0,19 \text{ т/м}^3$ требуется 12 транспортных агрегатов.

Таким образом по формуле (9) или с помощью предложенной номограммы можно определить потребное число транспортных средств для конкретных условий работы.

Заключение

Для выбора оптимального количества транспортных средств, обеспечивающих безостановочную работу кормоуборочной техники, целесообразно использовать номограммы. По номограмме не представляет затруднений определить рациональное количество транспортных средств при изменении эксплуатационных условий.

Список использованной литературы

1. Новиков А.В. «Техническое обеспечение производства продукции растениеводства», Практикум: учебное пособие. – Минск: БГАТУ, 2011.

УДК 631.3(075.32):633

**Н.Д. Янцов, к.т.н, доцент, М.Н. Трибуналов, к.т.н, доцент,
А.Г. Вабищевич, к.т.н, доцент**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕРВИСНОЙ СХЕМЫ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Введение

Согласно действующей Государственной программе устойчивого развития села для обеспечения выполнения в научно обоснованные сроки комплекса работ в растениеводстве в 2015 году парк технических средств составит: тракторы – до 52 тыс. единиц, зерноуборочные комбайны – до 13,5 тыс. единиц, кормоуборочных комбайнов – до 5,0 тыс. единиц [1].

В современных условиях рыночных отношений в сельскохозяйственном производстве особую значимость приобретает грамотная техническая эксплуатация названных самоходных технических средств, а также других сельскохозяйственных машин и оборудования. На сегодняшний день, в области сельскохозяйственного машиностроения не созданы технические средства, которые могли бы работать ресурсный срок службы без определенных технических воздействий со стороны потребителей. При производственной экс-

плутации сложных и дорогих сельскохозяйственных машин и оборудования вопросы грамотной технической эксплуатации становятся более актуальными, поскольку в значительной мере определяют экономические показатели всего сельскохозяйственного производства. Для того, чтобы поддерживать работоспособность используемых технических средств необходимо проводить их ТО и требуемый ремонт.

Основная часть

Существующая с 70-х годов прошлого столетия планово-предупредительная система ТО и ремонта предусматривает строгое разделение ТО по видам и периодичности их выполнения [2]. Так для ТО-1, ТО-2, ТО-3 принята соответственно периодичность 125, 500, 1000 часов работы. Кроме того, существует сезонный вид ТО и ежедневное ТО. Все эти регламенты определены ГОСТом 20793-09 «Тракторы и машины сельскохозяйственные. ТО» и до недавних пор применялись ко всем энергосредствам, в независимости от производителя и места производства.

Для реализации названных требований были разработаны и построены практически в каждом хозяйстве специальные пункты ТО, закупались необходимые простейшие приборы диагностики, в хозяйствах вводились должности мастеров-наладчиков, мастеров-диагностов. Государство несло при этом значительные финансовые издержки.

Сегодня, когда технические средства сельскохозяйственного производства становятся все более сложными по устройству, появляется множество электронных приборов, датчиков, компьютерных устройств, планового-предупредительная система ТО и ремонта начинает вытесняться сервисной схемой ТО.

Сервисная схема ТО и ремонта в общем случае предусматривает участие производителя технических средств в проведении требуемых технических воздействий на машину или механизм.

При сервисной схеме ТО и ремонта эксплуатационник (механизатор) исключается, как исполнитель, при выполнении операций ТО. То есть при сервисной схеме техническим обслуживанием занимаются специально подготовленные люди в условиях и при участии изготовителя технических средств. Кроме того, техническое

обслуживание производится в специально построенных и оборудованных всем необходимым инструментом сервисных центрах.

Пункты ТО в условиях хозяйств перестают быть базой для выполнения ТО. В настоящее время в РБ Минским тракторным заводом создана сеть (около 20 на 118 районов РБ) пунктов по выполнению сервисного обслуживания и гарантийного ремонта тракторов «Беларус». В Российской Федерации насчитывается 8 крупных региональных дилерских центров по продаже, обслуживанию и ремонту белорусской сельскохозяйственной техники и около 50 центров на базе российских акционерных обществ, которые контролирует ОАО МТЗ. В дальнем зарубежье ОАО МТЗ также имеет свыше 60 дилерских сервисных центров в различных государствах мира.

Следует отметить, что при сервисной схеме ТО периодичность и перечень выполняемых работ для каждого из видов ТО устанавливает производитель технических средств и они могут отличаться от принятой периодичности в случае применения планово-предупредительной системы ТО и ремонта. Так, для тракторов «Беларус» введены ТО через 250 и 2000 часов работы, чего не было в планово-предупредительной системе.

Заключение

Таким образом, в настоящее время сложившаяся ситуация в техническом сервисе сельскохозяйственной техники требует внедрения новых форм проведения технического обслуживания. Одной из них является сервисная схема ТО и ремонта.

Список использованной литературы

1. Государственная программа устойчивого развития села на 2011-2015годы. Утверждена Указом Президента Республики Беларусь 01.08.2011г. №342.
2. Диагностика и техническое обслуживание машин для сельского хозяйства: учебное пособие /А.В. Новиков, И.Н. Шило [и др.]; под ред. А.В. Новикова. – 2-е изд. – Минск : БГАТУ, 2010. – 404 с.

УДК 631.43

Н.Д. Янцов, к.т.н., доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

СОВРЕМЕННЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ПУТИ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Введение

Почва – сложное природное образование. Доказано, что её состояние определяется степенью чистоты воды и воздуха, здоровьем почвенных обитателей, биомасса которых в несколько раз превосходит биомассу животных наземной и водной среды обитания, и рядом других факторов, один из которых, к примеру, воздействие на почву технических средств, применяемых в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

По данным журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства» при современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур различные машины проходят по полю 5...15 раз, суммарная площадь следов от этих машин составляет 100...200 % площади поля, 10...12 % площади подвергается воздействию 6 и более раз, 65...80 % - от 1 до 6 раз и лишь 10...15 % площади поля не подвергается воздействию ходовых систем. При этом урожайность культурных растений в зонах уплотнения почв движителями машин меньше на 15...30%.

За последние 30 лет годовой объем механизированных работ в расчете на 1 га пашни увеличился более чем в четыре раза. В связи с этим необходима разработка новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур, ограничивающих воздействие машин на почву и тем самым предотвращающих деградацию почв.

Основная часть

Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур – необходимое условие развития сельскохозяйственного производства. Расширенное воспроизводство продукции растениеводства должно основываться с учетом основных особенностей этого процесса, а именно:

- главным средством этого производства является почва, которая по своей природе – ограниченный ресурс, подверженный еще большему уменьшению при неправильном использовании со стороны человека;

- обоснованный компромис между экономическими законами воспроизводства продукции и биологическими законами развития культурных растений и живых организмов и почве.

Во всем мире на протяжении столетий для обработки почвы использовали отвальную вспашку. Землю разрушали мотыгами, переворачивали различными плугами и бородами – это считалось нормальной практикой. На ровной влажной почве с мелкокомковатой структурой почва плодоносила годами и неистощалась. Однако при этом, процессы водной и ветровой эрозии разрушали почву.

Ввиду своей деятельности, человечество уже утратило 2 млрд. гектаров некогда плодородных земель, ставшими непригодными для земледелия пространствами. Это больше, чем вся площадь современного мирового земледелия, равная примерно 1,5млрд. гектаров [1]. Ежегодно из сельскохозяйственного использования выбывает около 15 млн. гектаров почв. 8млн. гектаров – за счет отчуждения и 7млн. гектаров в результате деградации почв.

На сегодняшний день, в РФ из 190млн. гектаров пахотных земель 70 млн. гектаров в силу различных причин подвержено эрозии и дефляции [2].

Эрозия почвы является естественным процессом, но в природных условиях она компенсируется почвообразовательным процессом и не приносит ущерба окружающей среде.

В результате же крупномасштабной деятельности человека по обработке почвы происходит резкое ускорение процессов её деградации [3].

Негативное влияние вспашки на сельскохозяйственную продуктивность растений, экологию среды и плодородие почвы в последнее время документально зафиксировано во многих странах мира. Это признание привело к разработке альтернативной сельскохозяйственной практики – сберегающего земледелия.

Разумный подход к растениеводству с точки зрения экологии и экономики – в использовании системы сберегающих технологий,

которые подразумевают, прежде всего, минимализацию обработки почвы.

Под **минимальной** обработкой почв понимают технологии, исключющие их вспашку, обеспечивая при этом снижение энергетических и трудовых затрат путем использования рабочих органов различного типа, рыхлящих почву на меньшую глубину без оборота пласта, а также совмещение нескольких технологических операций (рыхление, выравнивание, внесение удобрений, средств защиты растений, посев) за один проход агрегата. Технологии минимальной обработки почвы наносят меньший вред почве и поэтому их называют еще и почвозащитными.

Разновидностью минимальной обработки почвы является **нулевая** (прямой посев), которая исключает помимо вспашки и предпосевную подготовку поля, посев семян и внесение удобрений осуществляется в необработанную почву в семенные бороздки, прорываемые сошниками сеялки, а против сорняков применяют гербициды. При этом поле должно быть выровненным, так как стерновые сеялки не обеспечивают качественный посев на неровных участках. По оценке агрономической науки наиболее подходящими для нулевых технологий являются зерновые культуры (в основном озимые) и кукуруза.

Растительная мульча, оставшаяся на поле от предыдущего урожая, сокращает потери влаги на испарение, предохраняет почву от перегрева и защищает её от эрозии. При этом, в верхнем слое почвы создаются условия для лучшей жизнедеятельности живых организмов, которые в итоге оздоравливают почву, увеличивая содержание гумуса. Однако более нижние слои почвы, ввиду отсутствия рыхления, испытывают значительное переуплотнение, что не способствует росту урожайности культур. Также недостатком минимальной обработки почвы является ухудшение фитосанитарного состояния почвы: повышенная засоренность посевов, поражаемость культур болезнями и вредителями.

Ясно, что затраты на топливо и рабочую силу при использовании минимальных технологии в растениеводстве по сравнению с традиционными технологиями значительно уменьшаются. Так, в условиях юга России, применение таких технологий сокращает количество проходов по полю в 1,4-2,3 раза, экономия ГСМ от 10

до 25%, затраты труда снижаются в 1,5-2,7 раза и тракторов требуется в 2-3 раза меньше [4].

Однако в Беларуси, и, в частности, в Минской области, шаблонный подход к внедрению минимальной и нулевой обработки почвы должен быть исключен, так как мы имеем различные почвенно-климатические условия в сравнении с зоной Украины и юга России, где данные технологии широко применяются в практике земледелия.

К примеру, в составе пахотных земель Минской области преобладают автоморфные (почвы водоразделов, склонов) дерново-подзолистые почвы (51,6%). 54,1% от всей их площади занимают супесчаные почвы, 24,5% — суглинистые и глинистые, 12,4% — песчаные. Исследования показали, что минимальная обработка на песчаных почвах улучшала обеспеченность растений влагой, особенно в засушливые годы. Вместе с тем, на других видах почв, как утверждают специалисты, безотвальная обработка, в отличие от обычной вспашки, приводила к резкому разграничению пахотного слоя по плодородию: более высокое накопление элементов питания наблюдалось в слое почвы до 10 см и низкое содержание — в слое 10—20 см. Кроме того, наблюдалось заметное уплотнение участков [5]. Кроме того, в республике Беларусь, около трети пахотных земель занято под технические культуры (картофель, свекла, лен и др.), которые требуют при минимальной обработке огромных затрат на химические средства защиты растений.

Ввиду изложенного, на сегодняшний день и российские и белорусские исследователи сходятся во мнении, что снижению плотности сложения почвы и рациональному ведению земледелия способствует чередование вспашки и бесплужной (минимальной) обработки.

По мнению автора, несколько снизить издержки в традиционных технологиях производства озимых зерновых культур в условиях республики Беларусь могло бы проведение озимой вспашки почв плугами со снятыми (демонтированными) отвалами. Этот прием позволит рыхлить пахотный слой почвы и в тоже время часть стерневых остатков остается на поверхности поля, что важно с точки зрения минимальной и нулевой технологий. Тяговое сопротивление плугов также уменьшается, чем достигается экономия топлива.

Заключение

1. Минимализация отрицательных воздействий на плодородие почв путем применения новых сберегающих технологий в земледелии – важнейшая задача сельскохозяйственной науки.

2. Проведение озимой вспашки плугами с демонтированными отвалами – один из путей снижения издержек в традиционных технологиях возделывания озимых культур.

Список использованной литературы

1. Г.В.Добровольский, Задачи почвоведения в решении современных экологических проблем. В сб.: Сохраним планету Земля. СПб.: ИП МГУ- РАН.2004

2. В.Ф.Рожков, Проблемы деградации сельскохозяйственных земель России, их охраны и восстановления продуктивности. Материалы доклада на Всероссийской научной конференции, посвященной 160-летию со дня рождения В.В.Докучаева. СПб., 2006, 456с.

3. Н.И. Курдюмов, Мастерство плодородия. М.: Владис, 2004.

4. Е.Б. Дрёпа, Е.Л. Попова , Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур в полевом зернопропашном севообороте. - Вестник АПК Ставрополя. №2, 2011 – С.12-13

5. Ж. Гавриченкова, Пахать или не пахать. - /газетная рубрика «Земля и люди»/, Минская правда от 26.04.2012.

УДК 544.6:636.08

**Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Дубодел И.Б., к.т.н., доцент,
Высоцкая Ю.И., магистрант, Кардашов М.В., аспирант
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» г. Минск, РБ**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НА СЕМЕНА ПШЕНИЦЫ

Введение

Важнейшей проблемой земледелия является повышение урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим закономерен переход на интенсивные и экологически чистые технологии.

Технология электроактивации водных растворов для сельского хозяйства привлекательна тем, что из питьевой воды при относительно небольших затратах могут быть получены эффективные и экологически чистые технологические растворы (анолиты, католиты).

Обработка семян активированной водой и водными растворами заслуживает особого внимания.

Исследованиями процессов предпосевной обработки семян, роста и развития растений с использованием электрохимически активированной воды занимался ряд ученых (А.В. Филоненко, 1997, В.И. Пындак, 2005 и др.).

Однако, результаты указанной обработки в ряде случаев резко отличаются у различных исследователей.

В связи с этим актуально изучение влияния фракций электрохимически активированной воды (католита и анолита) для повышения эффективности возделывания сельскохозяйственных культур.

Основная часть

Одними из основных посевных показателей семян является их лабораторная всхожесть и энергия прорастания.

Для определения всхожести и энергии прорастания семян пшеницы использовалась фракция чистых семян, для приготовления электрохимически активированной воды и растворов экспериментальная установка, состоящая из электролитической камеры с разделительной диафрагмой, подключенная к источнику постоянного напряжения.

В качестве объекта активирования использовалась водопроводная (питьевая) вода.

Задачами экспериментальных исследований являлось определение влияния электрохимически активированных растворов с различным уровнем водородного показателя (рН) и окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) на показатели всхожести и энергию прорастания семян пшеницы.

Работы выполнялись в следующей последовательности:

1. Бралось пять проб по 100 штук семян без выбора из чистой фракции исследуемой культуры.

2. Каждая проба помещалась отдельно в растильни, чашки Петри. При этом семена раскладывались рядами на увлажненную до полной влагоемкости фильтровальную бумагу.

3. Растильни закрывались стеклом и помещались в термостаты, наблюдение за семенами велось ежедневно.

4. Подсчитывались проросшие семена в сроки, установленные для культуры (таблица 1). К числу всхожих относились семена, у которых корешки достигли половины длины семени.

Таблица 1 - Сроки и температура для определения агрономических показателей

Культура	Суток для определения		Температура проращивания, °С
	энергии проращивания	всхожести	
Пшеница	3	7	21

5. Определялась всхожесть семян. Для этого вычислялось среднее арифметическое из всхожести, полученной во всех пяти пробах для каждой культуры.

В результате проведения экспериментов энергия прорастания и всхожесть семян определялись при использовании электрохимически активированных растворов следующего состава (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели (рН и ОВП) электрохимически активированных растворов, полученные в результате активации

Исходная (водопроводная вода)		Электрохимически активированные растворы					
		Катодит		Анолит		Смесь катодита и анолита 1:1	
рН	ОВП, мВ	рН	ОВП, мВ	рН	ОВП, мВ	рН	ОВП, мВ
7,3... 7,5	+250... +309	9,8...1 0,2	-350... -430	1,9...2 ,3	+60... +80	7,0...7 ,5	-190... -260

Эффективность воздействия электрохимически активированных растворов на исследуемый материал была оценена путем определения энергии прорастания и всхожести образцов по отношению к контрольным партиям.

Результаты обработки семян пшеницы электроактивированными растворами представлены в таблице 3, а также на рисунке 1.

Из данных таблицы 3 следует, что наилучший результат получен при обработке семян пшеницы катодитом. Увеличение энергии прорастания и всхожести семян пшеницы в результате обработки катодитом отражено на рисунке 1.

Таблица 3 – Влияние электрохимически активированных растворов (католита, анолита, смеси католита и анолита) на всхожесть и энергию прорастания семян пшеницы

Показатели	Фракции электрохимически активированных растворов			
	контроль	католит	анолит	смесь католита и анолита
Энергия прорастания, %	42,3	44	36	37,4
Всхожесть, %	80	90	88	86

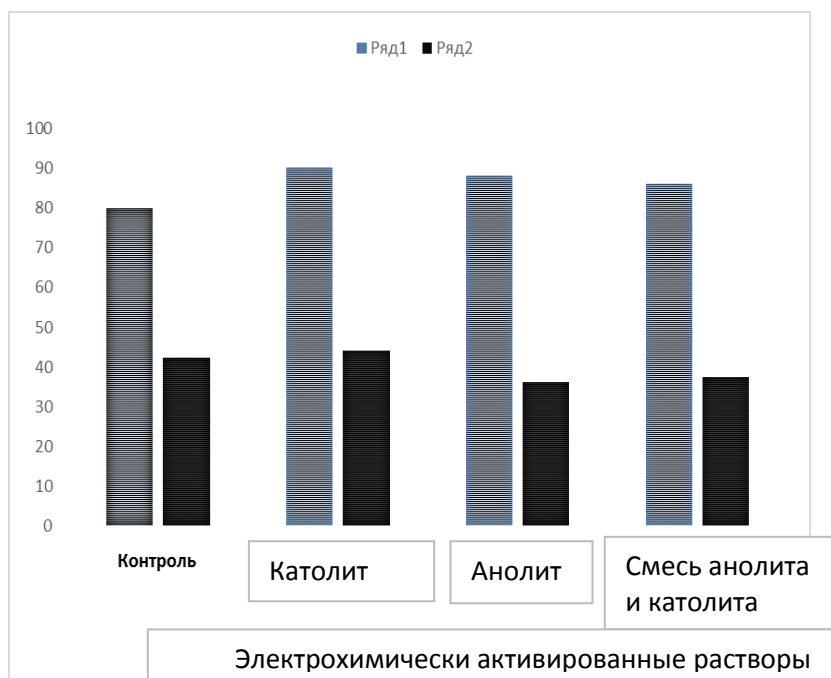


Рисунок 1 – Зависимость энергии прорастания и всхожести пшеницы от обработки ее различными электрохимически активированными растворами

Заключение

1. Энергия прорастания и всхожесть семян пшеницы определялась при использовании электрохимически активированных растворов со следующими показателями:

исходная (водопроводная) вода pH 7,1...7,5, ОВП +250...+309 мВ, католит – pH 9,8...10,2, ОВП -350...-430 мВ, анолит pH 1,9...2,3, ОВП +60...+80 мВ, смесь анолита и католита pH 7,0...7,5, ОВП -350...-430 мВ.

2. Энергия прорастания семян пшеницы превышает контроль на 3,6 %, всхожесть – на 11 % при обработке семян католитом.

3. Применение электроактивированных растворов, в частности католита, при обработке семян пшеницы, способствует активации ростовых процессов.

УДК 635.21.077:621.365

**Дубодел И.Б., к.т.н., доцент; Кардашов П.В., к.т.н., доцент;
Городецкая Е.А., к.т.н., доцент; Чумак Т.М., ст. преподаватель**
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» г. Минск, РБ

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ

Введение

Ежегодно в Республике Беларусь на картофелекрахмальных предприятиях перерабатывают более 150 тыс. тонн картофеля, получая до 105 тыс. тонн сока, содержащего около 3 тыс. тонн белков, использование которого могло бы пополнить кормовую базу животноводства. Известные способы коагуляции извлекают из сока до 85 % белков при энергоемкости 0,15...0,40 МДж/кг. Предлагаемый способ электрокоагуляции белков, основанный на химическом действии электрического тока, снижает энергоемкость процесса и увеличивает выделение белков.

Основная часть

Линия электрокоагуляции белков картофельного сока разработана применительно к технологии комплексной переработки картофеля в крахмал.

Основные технологические операции (рисунок 1) включают мойку, взвешивание, измельчение картофеля, выделение картофельного сока и получение картофельной каши, идущей на даль-

нейшую переработку для получения крахмала, электрокоагуляцию с дальнейшим использованием выделенных белков.

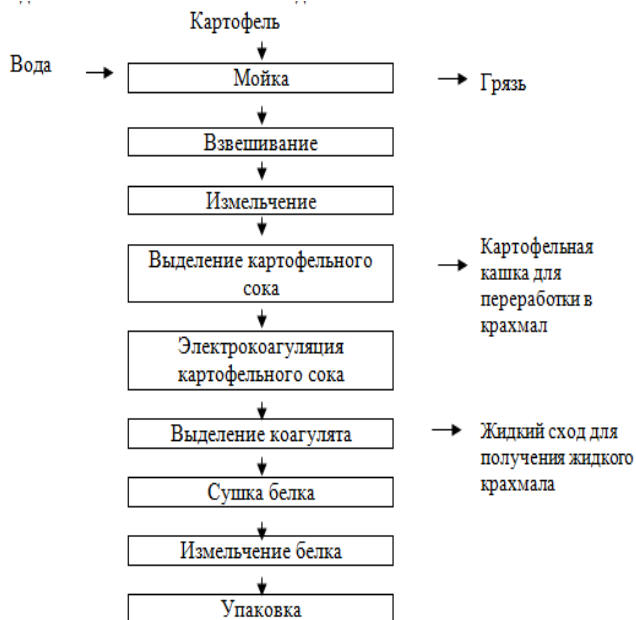


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема электрокоагуляции белков картофельного сока

Технологический процесс электрокоагуляции (рисунок 2) осуществляют следующим образом.

Картофельный сок поступает в приемный сборник 1, откуда насосом 2 его перекачивают в электрокоагулятор 3. Обработанный продукт из анодных камер поступает на центрифугу 5 для выделения коагулята.

Получаемый в катодной камере щелочной раствор собирают в емкость 4 и направляют на повторное использование в сборник 1.

Осадок из центрифуги винтовым насосом 6 подают на двухбарабанную вальцовую сушилку 7. Высушенный скоагулированный белок измельчают на молотковой дробилке 8, упаковывают в мешки и используют в комбикормовой промышленности в качестве белковой добавки.

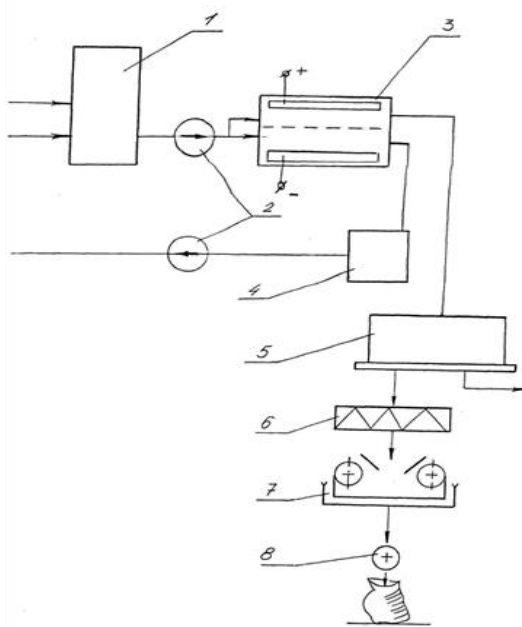


Рисунок 2 – Принципиальная схема электрокоагуляции
картофельного сока

Комплект оборудования для электрокоагуляции белков картофельного сока состоит из соломоловушки СВГМ; ротационной камнеловушки РЗ-ПЛП-200; картофелемойки КМЗ-57М; автоматических весов для картофеля ДКФ; картофелетерки ЗТ-350; двух центрифуг ОГШ 802 К-4; электрокоагулятора; насосов 2К-6 и 1В 6/5; вальцовой сушилки; молотковой дробилки; мешкозашивательной машины ЗЗЕ-М.

Соломоловушка СВГМ служит для удаления легких примесей. Степень выделения легких примесей – 70...80%; мощность электродвигателя – 2,2 кВт; масса – 2600 кг.

Ротационная камнеловушка РЗ-ПЛП-200 имеет производительность по картофелю до 350 т/сут; частота вращения барабана – 4 об/мин; %; мощность электродвигателя – 1,5 кВт; масса – 1892 кг.

Картофель отмывают от грязи в гидротранспортере, камнеловушке и картофелемойке КМЗ-57М сварной конструкции с погружными билами и двумя приводами, один – на главный вал с би-

лами, второй – на выгрузочные ковши. Производительность по картофелю до 600 т/сут, масса – 19900 кг.

Взвешивают картофель на автоматических весах ДКФ-50 производительностью до 8 т/ч, классом точности 0,5, массой 480 кг.

Измельчают картофель на терке ZT-350 производительностью 7...8 т/ч; частотой вращения барабана – 1450 об/мин; %; массой 2800 кг.

Картофельный сок выделяют из кашки на центрифуге ОГШ 802 К-4 производительность по картофелю 200 т/сут; массой 7835 кг и перекачивают в емкость 1 центробежным насосом 2К-6 производительность 10...30 м³/ч, мощностью электродвигателя 4,5 кВт.

Центрифуга ОГШ 802 К-4 использована также для выделения коагулята из обработанного сока.

Сушку белков осуществляют в двухвальцовой сушилке для обогrevания которой используют пар давлением 0,4...0,5 МПа, измельчение в молотковой дробилке. Машина 33Е-М предназначена для зашивки тканевых и крафтемешков.

Заключение

Производственные испытания электрокоагулятора производительностью 200 кг/ч показали выход белков 93...97 %, энергоемкость 14,8 кВт.ч/т, что по сравнению с известными способами повышает выход белков на 15...50 %, снижает энергоемкость на 30...80 %.

УДК 631.3

В.А. Павловский, старший преподаватель,

В.В. Михайлов, ассистент, С.В. Куль, студент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г.Минск, Республика Беларусь

РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Введение

Измерение влажности почвы или субстрата при выращивании овощных культур в защищенном грунте позволяет более эффектив-

но использовать полив растений для повышения их продуктивности. Недостаточность полива приводит к снижению урожайности. Избыток полива приводит к снижению урожайности, увеличению расхода воды и удобрений. Поиск доступных и эффективных средств контроля влажности почвы является актуальной задачей.

Основная часть

В разделе датчиков [1] для контроллера Arduino предлагается датчик влажности почвы по весьма привлекательной цене без детального описания. Один экземпляр этого изделия был исследован в рамках студенческой научно-исследовательской работы с целью определения его возможностей и вариантов практического использования.

Для достижения цели исследований решались следующие задачи:

- 1) Изучение описания YL-38 по всем доступным источникам.
- 2) Выяснение элементной базы YL-38.
- 3) Определение сигналов на входах и выходах.
- 4) Снятие градуировочной характеристики.
- 5) Сделать заключение о вариантах практического использования.

Более подробное описание датчика было обнаружено на иностранном языке [2]. Детальное изучение приведенного описания и проведенный эксперимент позволили сделать вывод, что аналоговый сигнал на выходе «АО» датчика является падением напряжения питания на сопротивлении между электродами датчика, при включенном последовательно резисторе номиналом 10 кОм, что подтверждается снятой градуировочной характеристикой (таблица 1). Рекомендованное напряжение питания пять вольт постоянного тока. Градуировочная характеристика была получена при подключении вместо электродов на вход платы датчика моста сопротивлений и измерении напряжения между выводами "АО" и минусом источника питания универсальным вольтметром В7 58/2.

Таблица 1. Градуировочная характеристика YL-38

R, кОм	U, В	R, кОм	U, В	R, кОм	U, В	R, кОм	U, В	R, кОм	U, В	R, кОм	U, В	R, кОм	U, В	R, кОм	U, В
0,0	0,0	3,0	1,2	6,0	1,9	9,0	2,4	12,0	2,8	15,0	3,0	18,0	3,3		
1,0	0,5	4,0	1,5	7,0	2,1	10,0	2,5	13,0	2,9	16,0	3,1	19,0	3,3		
2,0	0,9	5,0	1,7	8,0	2,3	11,0	2,7	14,0	3,0	17,0	3,2	20,0	3,4		

Для измерения влажности в YL-38 используется кондуктометрический метод с использованием постоянного тока.

Проведенный эксперимент по измерению влажности YL-38 в субстрате при выращивании помидоров показал, что происходит разрушение электрода, очевидно, вследствие гальванического эффекта. Регистрируемый сигнал носил невыраженный характер. Используемый принцип действия обуславливает зависимость показаний датчика от количества, растворенных в воде солей.

Возможно включение датчика на напряжение 24 вольта постоянного тока и использование его совместно с программируемым логическим контроллером.

Аналоговый сигнал на выходе датчика лучше всего изменяется при погружении электродов датчика в водопроводную воду. При определенной тарировке можно использовать выходной сигнал исследованного датчика для контроля уровня воды.

Имеющимся на датчике подстроечным переменным резистором возможна настройка только уровня сигнала на входе при котором переключается дискретный выход «DO». Примененный в конструкции датчика операционный усилитель используется исключительно для переключения сигнала на выходе «DO».

Заключение и выводы. YL-38 невозможно использовать для измерения влажности почвы или субстрата исходя из использованного принципа действия, приводящего к разрушению электродов и зависимости сигнала от проводимости раствора.

Список использованной литературы

- 1) Датчик влажности почвы // Магазин Arduino в Минске [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://easycraft.by/Datchiki.php> - Дата доступа: 15.04.2015.
- 2) YL-38 Hygrometer with Arduino // Alex R. Delp [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://alexrdelp.com/?page_id=5 - Дата доступа: 15.04.2015.

УДК 663.421

В.А. Пашинский¹, канд. техн. наук, доцент,

О.В. Бондарчук², ассистент, **М.А. Сай²**, студент

¹УО «Международный государственный экологический
университет имени А.Д. Сахарова», г. Минск, Республика Беларусь;

²УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ И ВРЕМЕНИ ОТЛЕЖКИ НА СПОСОБНОСТЬ ПРОРАСТАНИЯ ЯЧМЕНЯ

Введение

Взаимодействие внешнего электромагнитного поля с живыми объектами происходит на уровне клеточных мембран, которые являются первичными структурами ткани и наиболее чувствительными приемниками энергии поля. Каждая клетка представляет собой микроэлектрохимическую систему с мембранами - электродами и электролитом - внутриклеточной жидкостью. Протекание внешнего тока сопровождается электролизом. В системе происходит концентрационная поляризация свободных зарядов - накопление разноименных ионов на противоположных сторонах мембраны, ориентационная и активационная поляризация связанных зарядов вещества мембраны. До определенной плотности поляризующего тока происходит активация клеток и повышение их жизнедеятельности в результате интенсификации обменных и других процессов [1].

Основная часть

В сельском хозяйстве и в пищевой промышленности существует потребность в увеличении простых и экологически чистых способов, повышающих всхожесть семян и сокращающих сроки их прорастания.

В первую очередь стоит задача в необходимости стимулировать начальный период прорастания семян, активизировать процессы обмена веществ в них и на этой основе ускорить данный процесс.

Среди современных методов обработки семян перед проращиванием особое место занимают воздействия физических факторов, в частности способы стимулирования прорастания с применением электрических [1], магнитных [2], импульсных [3], электромагнитных [4] полей.

В практическом отношении представляет интерес воздействие на ячмень переменного неоднородного электрического поля высокой напряженности [5].

В виду этого, в данной работе проводилось исследование по воздействию на зерна пивоваренного ячменя неоднородного электрического поля высокой напряженности и влияние времени отлежки между электрообработкой и проращиванием.

Методика исследования заключалась в следующем: для эксперимента были отобраны семь проб по 500 зерен каждая и одна контрольная. №1 – 8 дней отлежки, №2 – 5 дней отлежки, №3 – 4 дня отлежки, №4 – 3 дня отлежки, №5 – 2 дня отлежки, №6 – 1 день отлежки, №7 – без отлежки, №8 – контроль.

Активацию роста семян осуществляли с помощью неоднородного электрического поля высокой напряженности. Исследования проводили в НИАЛ БГАТУ, при температуре 17°C. Энергию прорастания каждой аналитической пробы (X) вычисляли по формуле, % [6]:

$$X = \frac{500 - n}{500} \cdot 100, \quad (1)$$

где n – количество зерен, не проросших к моменту определения энергии прорастания, шт;

500 – количество зерен в аналитической пробе, шт.

Повторность исследования пятикратная. Данные по энергии прорастания, среднему количеству и средней длине корешков приведены в таблице 1 по средним показателям за пять экспериментов.

По результатам экспериментов видно, что предварительная электрообработка пивоваренного ячменя увеличивает энергию прорастания, длину и количество корешков.

Таблица 1 – Энергия прорастания, среднее количество и средняя длина корешков

№ образца	Средняя длина корешка, мм	Среднее кол-во корешков, шт	Энергия прорастания, %
1	22,7	4,3	82
2	26,48	4,9	92
3	26,7	5,1	93
4	30,72	4,92	94
5	27,76	5,46	96
6	32,14	5,22	95
7	30,48	4,48	94
8	22,18	3,64	74

Заключение

По результатам экспериментов видно, что стимулирование прорастания пивоваренного ячменя с помощью переменного неоднородного электрического поля высокой напряженности увеличивает энергию прорастания, длину и количество корешков. что наиболее эффективнео производить электрообработку за 1-4 дня до замачивания зерна.

Выяснили, что при увеличении времени отлёжки до 7 дней количество корешков и их длина становятся меньше, но всё равно превышают контрольный образец. Энергия прорастания также уменьшается с увеличением времени отлежки, однако её показатели выше показателей необработанного зерна (контрольной пробы).

Из опыта можно сделать вывод, что переменное неоднородное электрическое поле высокой напряженности действительно оказывает влияние на биологические процессы жизнедеятельности семян.

Список использованной литературы

1. Электротехнология/ В.А. Карасенко, Е.М. Заяц, А.Н. Баран, В.С. Корко. – М.: Колос, 1992. – 304с.: ил. – (Учебники и учебные пособия для высших учебных заведений).
2. Новицкий Ю.И. Действие магнитного поля на сухие семена некоторых злаковых// Совецание по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты: тез. докл. – М., 1996. – с.50.

3. Мерзликин А.Ю., Зорин А.В., Борисенко А.А., Брачихин А.А. Оптимизация процесса проращивания ячменя при производстве пива под действием постоянного магнитного поля./Научный потенциал студенчества – будущему России/ Материалы Всероссийской научной студенческой конференции. Ставрополь: СевКав-ГТУ. - 2006. – 212с.
4. Левин М.Н., Битюцкая Л.А., Панкратьева Е.А., Саврасова О.А. Стимулирование процессов прорастания семян воздействием импульсных электромагнитных полей// Физические проблемы экологии: тез. докл 2 всеросс. науч. Конф. – М., 1999. – с. 108.
5. Электротехнологические установки/ Практикум к лабораторным работам по дисциплине «Электротехнология»/ Под ред. Е.М. Зайца. – Мн.: УП «Технопринт». 2002. – 186с.
6. ГОСТ 10968-88 «Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания».

УДК 633.112.9:631.8

Л.Г. Шейко, к.с.-х.н., доцент,

А.Ф. Станкевич, мастер ПО, магистрант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ ПУТЁМ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ПРОДУКТОВ,
ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ КАЛИЙНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Введение

В последние годы в республике всё большее внимание уделяется экономически и экологически эффективному производству сельскохозяйственной продукции. Актуальным является поиск недорогих источников для сбалансированного питания растений. Происходящие в экономике сельскохозяйственного производства изменения, связанные, в том числе, и с увеличением производственных затрат по всем расходным статьям, требуют принятия срочных мер по внедрению современных технологий, обеспечивающих мини-

мизацию затрат и ориентацию всех производственных структур на конечный результат, на максимальную прибыль. Поэтому планируется разработка ресурсосберегающих мало затратных приемов адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Суть проведенной научно-исследовательской работы заключалась в обосновании целесообразности использования дешевых продуктов, полученных на основе обезвоженного глинисто-солевого шлама (отхода калийного производства) в качестве удобрений для сбалансирования питания растений кукурузы по калию, натрию и микроэлементам. В полевых условиях проводилось изучение максимальных доз внесения новых гранулированных продуктов исходя из технических возможностей отечественных серийных машин по внесению гранулированных минеральных удобрений.

Основная часть

Исследования по проведению испытаний глинисто-солевых шламов и новых гранулированных продуктов, полученных на их основе проводились на дерново-подзолистой супесчаной почве в РУСПП «1-я Минская птицефабрика».

Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси передал БГАТУ для испытаний следующие новые удобрения: гранулированный глинисто-солевой шлам (ГСШ) и два новых продукта с различным содержанием хлористого калия — новый продукт 1, содержащий 20% KCl и новый продукт 2, содержащий 55% KCl.

При разработке схем испытаний глинисто-солевых шламов и новых продуктов, полученных на их основе, учитывали агрохимическую характеристику почв опытного участка и планируемую урожайность кукурузы. Для расчёта прибавки урожая и эффективности удобрений и ГСШ в схему опыта включён контрольный вариант — без применения удобрений. Схема опыта включала 5 вариантов, четырехкратной повторности.

Новые продукты вносились в одной дозе 0,5 т/га физического веса удобрений. При этом количество внесённого действующего вещества калия с новыми продуктами изменялось от 32 до 64 и 175 кг/га в зависимости от формы продукта. Агротехника возделывания кукурузы общепринятая. Предшественник кукурузы — озимое три-

тикале. Новые продукты, полученные на основе обезвоженных глинисто-солевых шламов, вносились под предпосевную культивацию. Сразу после внесения, удобрения были заделаны машинно-тракторным агрегатом в составе трактор Беларусь 1523+АКШ-7,2. Посев кукурузы проводился сеялкой ГАСПАРДО. Норма высева семян 1,3 посевные единицы, или 23 кг/га.

Почва опытного участка дерново-подзолистая заболочиваемая супесчаная, развивающаяся на морене со следующей агрохимической характеристикой.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

рН в KCl	Гумус, %	Содержание в почве подвижных форм, мг/кг						
		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B	Cu	Zn
6,35	2,24	110	245	1115	162	0,47	1,05	4,38

В опытах по изучению новых удобрений использовали семена раннеспелого гибрида кукурузы RAVELLO. Это силосный гибрид французской селекции. Этот гибрид компании Сингента сочетает в себе высочайший потенциал продуктивности и отличное качество продукции.

Правильный и своевременный уход за посевами кукурузы на 50-90 % определяет величину урожая [1]. Он сводится в основном к уничтожению сорной растительности, так как кукуруза обладает очень слабой конкурентной способностью в борьбе за питание, свет и влагу, особенно в начальный период вегетации.

С целью максимального уничтожения всходов ранних яровых сорняков проводили боронование. Эффективным приемом также является междурядная обработка, которая уничтожает сорняки, улучшает водно-воздушный и питательный режимы почвы. Рыхление междурядий проводили в фазе 3-5 листьев кукурузы. На культиваторе устанавливали стрельчатые и бритвенные лапы с таким расчетом, чтобы ширина защитных зон с обеих сторон ряда в сумме была 25 см, глубина обработки – 8 см.

Урожай зеленой массы кукурузы на контрольном варианте, без применения удобрений составил 435 ц/га (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние различных доз калия, внесённых с новыми продуктами на урожай зелёной массы кукурузы

Варианты опыта	Внесено новых продуктов 0,5 т/га, всего д.в. K ₂ O	Урожай, ц/га	Прибавка				Оплата 1 кг д.в. калийных удобрений урожаям, кг
			к контролю		к фону		
			ц/га	%	ц/га	%	
1. Контроль (без удобрений)	-	435	-	-	-	-	-
2. N ₇₀ P ₅₀ + (куриный помет 100 т/га) + K ₁₂₀ - фон	120	720	285	65	-	-	-
3. фон + K ₃₂ (ГСШ гранулированный)	152	758	323	74	38	5	25
4. фон + K ₆₄ (новый продукт 1, содержащий 20% KCl)	184	775	340	78	55	8	30
5. фон + K ₁₇₅ (новый продукт 2, содержащий 55% KCl)	295	794	359	82	74	10	25
HCP _{0,95} ц/га	31						

Проведение всех технологических операций качественно и в оптимальные сроки, с применением азотно-фосфорно-калийных удобрений, под культивацию, ранней весной общим фоном в дозе — N₇₀P₅₀ K₁₂₀ на дерново-подзолистой супесчаной почве, содержащей 2,42% гумуса, 133 мг/кг фосфора и 245 мг/кг калия позволило получить 720 ц/га зеленой массы кукурузы, причем, за счет удобрений получено 65 % урожая.

При внесении под предпосевную культивацию гранулированного глинисто-солевого шлама в дозе 32 кг/га д.в. K₂O было дополнительно получено 38 ц/га зеленой массы кукурузы, причем, за счет ГСШ получено 5% урожая.

Новый гранулированный продукт 1, содержащий 20% KCl, внесенный в дозе 64 кг/га д.в. K₂O на общем фоне удобрений, позволил получить 775 ц/га зеленой массы кукурузы, причем, за счет нового удобрения получено 8% урожая. Оплата 1 кг д.в. калийных удобрений урожаем зеленой массы при этом составила 30 кг. Новый гранулированный продукт 2, содержащий 55% KCl, внесенный в дозе 175 кг/га д.в. K₂O на общем фоне удобрений, обеспечил прибавку к контролю 359 ц/га зеленой массы кукурузы, причем, за счет нового удобрения получено 10 % урожая, и оплата 1 кг д.в. калийных удобрений урожаем зеленой массы составила 25 кг.

Существует закономерность, что чем больше содержится сухого вещества в растениях, тем выше питательная ценность кукурузы. Это связано с тем, что на содержание сухого вещества в растениях наибольшее влияние оказывают початки (зерно), которые отличаются более высокой питательной ценностью, чем листостебельная масса. Чем лучше они развиты, тем выше содержание сухого вещества и переваримого протеина в растениях [2]. При применении гранулированного ГСШ (32 кг/га K₂O) получен кукурузный корм с таким же содержанием клетчатки и жира как на контрольном варианте.

Таблица 3 – Влияние новых удобрений на качественные показатели корма из кукурузы

Варианты опыта	Содержание, % на абсолютно сухое вещество			
	Переваримый протеин	Жир	Клетчатка	Зола
1. Контроль (без удобрений)	5,80	2,61	18,4	5,16
2. N ₇₀ P ₅₀ + (куриный помет 100 т/га) + K ₁₂₀ - фон	5,5	2,95	22,5	5,38
3. фон + K ₃₂ (ГСШ гранулированный)	5,22	2,68	18,9	4,70
4. фон + K ₆₄ (новый продукт 1, содержащий 20% KCl)	5,83	2,21	21,3	4,96
5. фон + K ₁₇₅ (новый продукт 2, содержащий 55% KCl)	6,34	2,3	20,3	5,21

Максимальное содержание переваримого протеина в кукурузе в период уборки было в варианте с применением нового продукта 2, содержащего 55% KCl (таблица 3).

Заключение

Применение новых гранулированных продуктов, полученных на основе глинисто-солевых шламов, на легких почвах является эффективным и технологичным приёмом при выращивании кукурузы. Урожай зеленой массы кукурузы французского гибрида РА-ВЕЛЛО достигал 758-794 ц/га. Лучшей формой по влиянию на урожай и качество кукурузного корма оказался продукт, содержащий 55% KCl. При его применении в одном килограмме сухого вещества кукурузы содержалось 6,34% переваримого протеина.

Потребность растений в калии, натрии и микроэлементах, а также специфический химический состав новых продуктов, полученных на основе отходов калийного производства и результаты проведенных исследований, позволяют надеяться на то, что новые продукты будут востребованы на отечественном и зарубежных рынках.

Список использованной литературы

1. Надточаев Н.Ф. Выращивание кукурузы на силос : учеб. пособие / Н.Ф. Надточаев. С.С. Барсуков. – Минск : Ураджай, 1994.- 260 с.
2. Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сборник научных материалов/ под общей редакцией доктора с.х. наук М.А. Кадырова.-Минск: ИВЦ Минфина, изд. 1, 2005.-304 с.; изд. 2, 2007.-287 с.

УДК: 635.64:631.544

И.П. Козловская, д. с.-х н.; Е.А. Сакова, соискатель
*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЛИСТОВОГО САЛАТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТАХ

Введение

Программа развития овощеводства республики Беларусь [1] предусматривает концентрацию производства в крунотоварных ор-

ганизациях и увеличение объема производства овощей в 1,6 раза при росте урожайности на 25-40%. Это требует более интенсивного использования теплиц путем создания непрерывного конвейера поступления овощной продукции. Важнейшей культурой, позволяющей расширить ассортимент тепличных овощей и в зимний период восполнить дефицит витаминов, является листовая салат, выращенный методом проточной гидропоники. Этот вид товара реализуется в виде живых растущих растений, что позволяет сохранить и донести до потребителя всю биологическую и питательную ценность продукта. При выращивании салата методом проточной гидропоники стандартную рассаду (корневая система должна появиться в отверстиях горшочка) выставляют в пластиковые каналы, размещенные на подвижных платформах. Питательный раствор поступает в них по системе магистральных трубопроводов и распределительных коллекторов через калиброванные отверстия.

Основная часть

При выращивании салата с использованием проточной гидропоник рост, развитие и, в конечном счете, продуктивность растений во многом зависят от развития корневой системы растений.

Цель наших исследований – изучить влияние сложного компоста, приготовленного с обеззараживанием термоаммиачным способом (патент 18125Респ. Беларусь, C05F3/00, C05F17/00) [2] на развитие корневой системы растений листового салата при выращивании его методом проточной гидропоники.

Исследования проводились на КУП «Минская овощная фабрика», повторность опыта четырехкратная, сорт салата листового – Афицион (табл.1).

Таблица 1. Схема опыта

Вариант опыта	Состав субстрата
1 (контроль)	торф 100%
2	торф 80%+компост 20%
3	торф 70%+компост 30%
4	торф 50%+компост 50%

Для оценки развития корневой системы листового салата в конце вегетации растений определяли объем корневой системы. Корневая система салата стержневая с утолщенным в верхней части главным корнем, слаборазвитая, боковые корешки располагаются поверхностно.

При этом площадь поверхности одного листа составляет 50-75 см². Поэтому салат требователен к постоянной повышенной влажности субстрата и воздуха, но не переносит переувлажнения, т. к. избыточная влажность способствует распространению грибных болезней и снижает качество урожая. При выращивании листового салата на торфяном субстрате объем корневой системы растений составил 2,18 см³.

Введение в состав субстрата добавок компоста (20-30%) обеспечило увеличение объема корневой системы растений до 2,50 и 3,66 см³ (рис.1).



Рис.1 Объем корневой системы растений салата

Однако, увеличение до 50% доли компоста в составе субстрата повлияло угнетающе на развитие корневой системы листового салата. Ее объем не превысил 1,7 см³, что ниже чем в контрольном варианте.

Заключение

Таким образом, увеличение объема корневой системы листового салата при выращивании его методом проточной гидропоники может быть достигнуто за счет использования многокомпонентных органических субстратов. В состав субстрата целесообразно введе-

ние 30%-ной добавки к торфу сложного компоста, приготовленного с обеззараживанием термоаммиачным способом.

Список использованной литературы

1. О Государственной комплексной программе развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства в 2011 – 2015 годах: Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31.12.2010 г., № 1926 [Электронный ресурс] / Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. - 2011 г., № 5. - 5/33114.
2. Способ приготовления компоста многоцелевого назначения: пат 18125Респ. Беларусь, С05F3/00, С05F17/00 / Н.Н. Гринчик, И.П. Козловская, Н.М. Горбачев, В.Л. Драгун, В.А. Жданок, П.А. Тиво, заявитель и патентообладатель ИТМО НАН Беларуси. – 2014.

УДК 631.115.11:631.25

С.Н. Сазонов, д.т.н., профессор, Д.Д. Сазонова, к.э.н., доцент,

О.Н. Попова, к.т.н., доцент

*Всероссийский научно-исследовательский институт использования
техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
г. Тамбов, Россия*

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЕВОДЧЕСКИХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Введение

К сожалению, при определении приоритетных направлений государственной поддержки фермерского сектора российской аграрной экономики далеко не всегда в полной мере учитывается элементарное инженерное понимание этой проблемы. В частности, речь идет о значении технического обеспечения деятельности фермерских хозяйств [1-3]. При этом, если о том, что фермерам нужна техника, в принципе, знают все, то понимание того факта, что машина в состоянии выполнять полезную работу только в том случае, если она находится в работоспособном состоянии – много сложнее.

Основная часть

Опираясь на результаты многолетнего ретроспективного анализа деятельности фермерских хозяйств Тамбовской области [4-8], получено следующее аналитическое описание производственной функции, в частности, отражающей результаты их деятельности за период 2001-2013 гг.:

$$Y = 5,15 \cdot X_1^{0,107} \cdot X_2^{0,176} \cdot X_3^{0,334} \cdot X_4^{0,133} \cdot X_5^{0,25} \cdot X_6^{0,14}, \quad (1)$$

где: X_1 - площадь пашни, га; X_2 - количество единиц техники (тракторы, комбайны и грузовые автомобили), шт.; X_3 - затраты на приобретение топливо-смазочных материалов, тыс.руб.; X_4 - затраты на приобретение запасных частей, тыс.руб.; X_5 - затраты на приобретение семян, удобрений и прочих материалов, оплату услуг сторонних организаций, тыс.руб.; X_6 - количество работников в хозяйстве, чел.; Y - объем товарной продукции, тыс.руб.

Анализ производственной функции (1) говорит о том, что суммарная весомость факторов, непосредственно связанных с техническим оснащением фермерских хозяйств, использованием техники и обеспечением ее работоспособного состояния, составляет 56,4%. Иными словами, более чем на половину прирост объемов продукции в фермерских хозяйствах зависит от количества тракторов, комбайнов и автомобилей, возможности поддерживать их работоспособное состояние (наличие запасных частей) и объективных возможностей их использования в производственном процессе (наличие топливо-смазочных материалов).

При этом, что крайне важно подчеркнуть, увеличение площади пашни имеет весомость лишь 9,4%. Следовательно, вопреки укрепившемуся мнению, успех деятельности фермерских хозяйств предопределяется не расширением площади землепользования, а инженерно-техническим обеспечением производственного процесса. В этом заключении нет ничего принципиально нового, эта истина прекрасно известна профессиональному научному сообществу [9-11], однако применительно к фермерским хозяйствам этот вывод приобретает особую актуальность.

Анализ структуры основных средств производства в обследованных фермерских хозяйствах Тамбовской области показал, что в стоимостном выражении они на 91,7% представлены машинами и

механизмами (таблица 1).

Таблица 1 - Наличие основных средств и их структура в среднем фермерском хозяйстве (на 1 января 2014 года)

Наименование основных средств	Количество, шт	Стоимость тыс. руб.	Удельный вес в общей стоимости, %	Остаточная стоимость, тыс.руб
Тракторы – всего	1,47	193,6	48,5	89,7
в т.ч. гусеничные	0,71	56,0	14,0	0,0
колесные	0,76	137,6	34,5	89,7
Грузовые автомобили	0,52	29,9	7,5	0,6
Сельхозмашины - всего	4,14	142,6	35,7	18,6
в т.ч. зерноуборочные ком- байны	0,52	81,0	20,3	0,8
Здания производственные	0,29	27,0	6,7	0,9
Прочие основные средства	0,71	6,6	1,6	0,0
ВСЕГО		399,7	100	109,8

Следовательно, в фермерских хозяйствах практически полностью отсутствуют объекты производственной инфраструктуры, в том числе и прежде всего объекты ремонтно-обслуживающей базы. Для сравнения отметим, что в дореформенный период в крупных сельскохозяйственных предприятиях это соотношение составляло 1:4 в пользу объектов производственной инфраструктуры [12]. Кардинально не изменилась эта пропорция в крупных сельскохозяйственных предприятиях и в настоящее время. Например, в сельскохозяйственных предприятиях Тамбовской области в недавнем прошлом удельный вес машин, оборудования и транспортных средств составлял только 16% от общей суммы основных фондов.

Между тем, реальное развитие фермерского сектора демонстрирует прямо противоположные тенденции: удельный вес объектов производственной инфраструктуры не только не повышается, но, напротив, он становится меньше. Например, в сравнении с 2001г. в 2013 г. он уменьшился в 3,3 раза. При этом объективная потребность, в частности в объектах ремонтно-обслуживающей базы, только возрастает. Так, за период 2001-2013 гг. объемы землепользования в обследованных фермерских хозяйствах возросли количество тракторов хотя и возросло на 12%, но удельный на 27%,

удельный вес машин, полностью исчерпавших нормативный срок полезного использования, возрос в 1,6 раза. При этом количество зерноуборочных комбайнов сократилось на 17%, количество грузовых автомобилей уменьшилось в 1,71 раза. Соответственно, удельный вес полностью амортизированных гусеничных тракторов составляет 100%, зерноуборочных комбайнов - 92%, а грузовых автомобилей – 79%, колесных тракторов – 68% (таблица 2).

Вполне объяснимо, что резко возрос объем ремонтно-обслуживающих работ. В итоге, затраты на приобретение запасных частей относительно затрат на приобретение сельскохозяйственной техники в 2013 году в обследованных фермерских хозяйствах составили 261,3%. К сожалению, в течение последних лет крайне снизился объем приобретения фермерами новых машин и механизмов, в основном приобретается только подержанная сельскохозяйственная техника, что вызывает еще больший объем ремонтных работ и дополнительный расход запасных частей [4, 13, 14].

Таблица 2 - Наличие техники в среднем фермерском хозяйстве

Календарный год	Тракторы гусеничные, шт		Тракторы колесные, шт.		Зерноуборочные комбайны		Грузовые автомобили, шт	
	всего	в т.ч. полностью амортизированы	всего	в т.ч. полностью амортизированы	всего	в т.ч. полностью амортизированы	всего	в т.ч. полностью амортизированы
2001	0,70	0,67	0,61	0,04	0,61	0	0,82	0
2002	0,70	0,67	0,61	0,07	0,61	0,22	0,86	0
2003	0,76	0,67	0,67	0,43	0,62	0,38	0,95	0,04
2004	0,76	0,67	0,67	0,63	0,62	0,48	0,90	0,33
2005	0,75	0,68	0,63	0,58	0,58	0,50	0,96	0,54
2006	0,76	0,72	0,62	0,58	0,58	0,57	0,96	0,67
2007	0,76	0,71	0,62	0,57	0,57	0,52	0,90	0,76
2008	0,76	0,71	0,67	0,62	0,57	0,52	0,86	0,71
2009	0,76	0,71	0,67	0,62	0,57	0,52	0,81	0,62
2010	0,76	0,71	0,67	0,57	0,57	0,52	0,71	0,52
2011	0,71	0,71	0,62	0,48	0,52	0,48	0,62	0,48
2012	0,71	0,71	0,76	0,48	0,52	0,48	0,52	0,38
2013	0,67	0,67	0,76	0,52	0,52	0,48	0,48	0,38

Отметим, что в абсолютном большинстве фермерских хозяйств нет объективных условий для создания современной ремонтно-обслуживающей базы, позволяющей проводить полноценные ремонтно-восстановительные работы. Известно, что в России приспособленными помещениями для проведения примитивных ремонтно-обслуживающих работ располагают только 5,72% фермерских хозяйств. По данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года ежегодный прирост площадей для проведения ремонтно-обслуживающих работ в фермерском секторе страны составляет менее 1 процента. Иными словами, для того, чтобы в каждом фермерском хозяйстве появилась хотя бы примитивная ремонтно-обслуживающая база, потребуется более 100 лет. Полученные данные свидетельствуют о критическом состоянии, сложившемся в обеспечении работоспособного состояния сельскохозяйственной техники в фермерском секторе аграрной экономики страны.

Заключение

Признавая крайнюю необходимость насыщения фермерских хозяйств новой сельскохозяйственной техникой, надо ясно понимать, что без должного развития технического сервиса все усилия, направленные на создание льготных условий для приобретения фермерами новых машин и механизмов, ожидаемого эффекта не дадут.

Первостепенное значение имеет формирование цивилизованного рынка подержанной техники с восстановленным ресурсом и создание региональных инновационных производственных центров высокоресурсного ремонта техники с восстановлением и упрочнением деталей.

Очевидно, что без целенаправленной государственной поддержки ни обновление, ни обеспечение работоспособного состояния машинно-тракторного парка в фермерских хозяйствах невозможно.

Список использованной литературы

1. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д. Техническое оснащение как фактор восстановления фермерских хозяйств // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. - №5. - С.24-26

2. Попова О.Н. и др. Структура времени использования техники в крестьянских (фермерских) хозяйствах//Механизация и электрификация сельского хозяйства.-1996. -№8.- С.21-23

3. Кузьмин В.Н. и др. Справочник фермера. -М., 2013. -616 с.

4. Сазонова Д.Д. и др. Аллокативная эффективность использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах//Экономика: вчера, сегодня, завтра. -2013. -№ 3-4. -С. 33-54.

5. Попова О.Н. и др. Обеспечение нефтепродуктами фермерских хозяйств//Наука в центральной России. -2013. -№1. -С.44-50

6. Сазонов С.Н. и др. Динамика землепользования и оснащения техникой фермерских хозяйств // Достижения науки и техники АПК. – 2004. - №7. – С.38-40

7. Сазонова Д.Д. и др. Фермерство на тамбовщине: состояние и тенденции развития // Социологические исследования. – 2006. - №7. – С.61-70

8. Сазонов С.Н. Современные тенденции в развитии фермерского движения -иллюзии и реальность//Крестьяноведение. Теория. История. Современность. Ежегодник. -М.: АСПЕКТ-ПРЕСС, 1996, с. 236-257.

9. Ерохин Г.Н. и др. О надежности работы современных зерноуборочных комбайнов//Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. -2013. -№6. -С.59-63

10. Миндрин А.С. Технология как предмет системного анализа//АПК: экономика, управление. -2010. -№2.-С.26-33

11. Глотов А.Л. и др. Рекомендации по межфермерской кооперации и использованию сельскохозяйственной техники - М.:Информагротех. 1999. -48с.

12. Сазонова Д.Д., Попова О.Н., Сазонов С.Н. Первоочередные объекты производственной инфраструктуры в фермерских хозяйствах // Техника и оборудование для села. – 2006. - №12. - С.14-16.

13. Никитин А.В. и др. Учет и налогообложение фермерских хозяйств -Мичуринск, 2013. -54 с.

14. Сазонова Д.Д. и др. Оценка технической эффективности использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2012. - №3-4. – С.108-128

УДК 631.354

Г.Н. Ерохин к.т.н., В.В. Коновский инж.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт использования
техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
(ФГБНУ ВНИИТиН), г.Тамбов, Российская Федерация*

ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМБАЙНОВ «ПОЛЕСЬЕ 1218» В УСЛОВИЯХ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ

Введение

Первые комбайны «Полесье 1218» производства холдинга «Гомсельмаш» появились в Тамбовской области (Российская Федерация) в 2007 году. Было приобретено 3 комбайна и все они эксплуатировались в ООО «Лукино» Ржаксинского района. Комбайны показали себя с наилучшей стороны. Это послужило хорошей рекламой. В 2008 году в Тамбовской области использовалось уже 50 комбайнов, а в 2009 году - более 80. В настоящее время парк комбайнов «Полесье 1218» в области более 300 единиц. Для их обслуживания в Ржаксинском районе Тамбовской области создан дилерский центр. В центре хорошо организована работа по предпродажной подготовке комбайнов и их сервисному обслуживанию.

Чем же привлекает аграриев данный комбайн? Прежде всего, в комбайне хорошо сочетается цена и качество. Установленная на машине семиметровая жатка позволяет работать, как с копированием рельефа поля, так и без него. Планетарный привод режущего аппарата «Schumacher» обеспечивает скорость резания 1114 ходов/мин, что позволяет увеличить рабочую скорость комбайна до 12 км/ч [1].

Основная часть

На комбайне «Полесье 1218» применена двухбарабанная система обмолота с барабаном ускорителем, как на комбайнах фирмы

«Claas». Это в сочетании с увеличенной площадью очистки обеспечивает повышенную производительность на высокоурожайных хлебах. Шумовиброзащищенная двухместная кабина с панорамным стеклом и кондиционером создает комфортные условия работы. Компьютерная информационно-управляющая система позволяет механизатору оперативно реагировать на изменение уборочной ситуации [1].

Комбайн имеет двигатель ЯМЗ-238ДК-2 мощностью 330 л.с. Установленный на машине мощный компрессор позволяет оперативно проводить ее очистку, что сокращает время ежедневного технического обслуживания.

Аграрному товаропроизводителю важно знать не только технические характеристики комбайна, но и эксплуатационно-технологические показатели его использования.

При этом основными показателями эксплуатационно-технологической оценки являются [2,3]:

- производительность за 1 ч основного времени;
- производительность за час сменного времени;
- производительность за 1 ч эксплуатационного времени;
- потери зерна за комбайном, %;
- дробление бункерного зерна, %;
- засоренность бункерного зерна, %;
- коэффициенты использования сменного и эксплуатационного

времени.

Эти показатели, наряду с надежностью и ценой, во многом определяют технический уровень зерноуборочного комбайна и эффективность его применения у аграрного товаропроизводителя [4,5,6].

Для количественной оценки эксплуатационно-технологических показателей комбайнов «Полесье 1218» проводились исследования в трех хозяйствах Сампурского района Тамбовской области. Сбор информации выполнялся методом сплошного хронометража. Условия экспериментальной оценки в хозяйствах представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что эксперимент проводился примерно в одинаковых, достаточно благоприятных условиях. Хронометражные наблюдения проводились в каждом хозяйстве за одним комбайном в течение одной смены. Все наблюдаемые комбайны были второго года эксплуатации, оснащены семиметровыми жатками и работали способом прямого комбайнирования. Убираемая культура - пшеница безостная.

Таблица 1. Условия проведения экспериментальной оценки показателей зерноуборочных комбайнов «Полесье 1218»

Наименование показателей	Наименование хозяйства		
	ООО «Степное гнездо»	ООО «Серединовское»	ООО «Искра»
Урожайность, ц/га	37,2	32,1	35,7
Отношение зерна к соломе	1:1,4	1:1,3	1:1,4
Влажность зерна, %	13	13	14
Влажность соломистой массы, %	15	14	15
Засоренность, %	3	4	4
Полеглость	2	2	3
Длина гона, м	1100	900	1000

Настройка и регулировка комбайнов осуществлялась комбайнерами согласно инструкции по эксплуатации. В ходе хронометража фиксировались намолот, убранная площадь, элементы эксплуатационного времени и скорость работы комбайна. Определялись показатели качества технологического процесса [7]. Затем рассчитывалась фактическая производительность по основному и сменному времени. Производительность по эксплуатационному времени и коэффициент использования эксплуатационного времени определялись с учетом оценки надежности комбайнов за сезон эксплуатации [8,9].

Полученные результаты представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Результаты эксплуатационно-технологической
оценки комбайнов «Полесье 1218»**

Наименование показателей	Наименование хозяйства		
	ООО «Степ- ное гнездо»	ООО «Середин- овское»	ООО «Искра»
Наработка: ц	1212	960	1020
га	32,58	29,91	28,57
ч	7,10	7,90	6,74
Рабочая скорость, км/ч	6,9	5,8	6,3
Затраты времени на повороты, ч	0,67	0,75	0,64
Затраты времени на выгрузку зер- на, ч	1,49	1,24	1,29
Затраты времени на технологиче- скую настройку и регулировку, ч	0,22	0,23	0,26
Затраты времени на ТО, ч	0,43	0,41	0,48
Затраты времени на устранение технологических отказов, ч	0,18	0	0
Затраты времени на отдых и холо- стые переезды, ч	0,59	0,64	0,62
Производительность по основному времени, т/ч	17,07	12,15	15,13
Производительность по сменному времени, т/ч	11,58	8,77	10,44
Производительность по эксплуа- тационному времени, т/ч	10,40	7,57	9,24
Коэффициент использования сменного времени	0,66	0,71	0,67
Коэффициент использования экс- плуатационного времени	0,61	0,62	0,61
Потери зерна, %	2,26	1,92	2,31
Дробление зерна, %	1,70	1,90	1,75
Содержание сорной примеси, %	3,60	3,12	4,00

Заключение

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Максимальная производительность комбайна «Полесье 1218» по основному времени 17,07 т/ч получена в ООО «Степное гнездо». Это выше производительности в ООО «Серединовское» на 40% и в ООО «Искра» - на 13%. В данных хозяйствах комбайны работали

недозагруженными по пропускной способности молотилки. Это следствие работы комбайнов на скорости ниже оптимальной для данных условий. Такая ситуация возможна из-за неумения комбайнера провести технологическую настройку комбайна и выбрать необходимый скоростной режим. Работа на пониженной скорости возможна и по приказу руководителей сельхозпредприятия. Другой причиной является работа комбайна «Полесье 1218» в одной загонке с менее производительными комбайнами, что происходило в ООО «Серединовское».

2. Значения коэффициентов использования сменного и эксплуатационного времени у наблюдаемых комбайнов отличаются незначительно. Поэтому соотношение производительности по сменному и эксплуатационному времени в наблюдаемых хозяйствах аналогично производительности по основному времени.

3. Показатели качества технологического процесса у всех наблюдаемых комбайнов не выходят за пределы допустимых агротребуемыми значениями.

4. В условиях эксплуатации Тамбовской области наблюдается значительная разница производительности комбайнов «Полесье 1218» в различных сельхозпредприятиях. Отсюда вытекает важность оперативной оценки уровня использования производительности зерноуборочного комбайна [10], что дает возможность выявить наиболее значимые причины низкого уровня использования производительности комбайна и повысить эффективность его работы в сельхозпредприятии.

Список использованной литературы

1. Палессе GS12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gomselmash.by/media/k2/attachments/KZS-1218.pdf>
2. ГОСТ P52778-2007. Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Стандартинформ. – 2008. – 24с.
3. Ерохин, Г.Н. Моделирование эксплуатационно-технологических показателей зерноуборочных комбайнов / Г.Н. Ерохин, А.С. Решетов, В.В. Коновский // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – №1. – С.30-31.
4. Ерохин Г.Н. О надежности работы современных зерноуборочных комбайнов / Г.Н.Ерохин, С.Н.Сазонов, В.В.Коновский //

Вестник Мичуринского аграрного университета. – 2013. - №6. – С.59-63.

5. Ерохин Г.Н. Информационная система оценки эффективности использования различных зерноуборочных комбайнов / Г.Н. Ерохин // Техника и оборудование для села. – 2010. – №5. – С.44-45.

6. Ерохин Г.Н. Оценка уровня надежности работы зерноуборочных комбайнов в сельхозпредприятии / Г.Н.Ерохин, А.С. Решетов // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – №6. – С.10-12.

7. Методика оценки потерь зерна за комбайном "Дон-1500" / В.Н Жданов, Г.Н.Ерохин, В.А.Саяпин, В.К. Полянин . – М.: АгроНИИТЭИИТО, 1989. – 12с.

8. Ерохин, Г.Н. Оценка надежности зерноуборочных комбайнов в условиях Тамбовской области / Г.Н. Ерохин, В.В. Коновский // Наука в Центральной России. – 2013. - №1. - С.36-40.

9. Ерохин, Г.Н., Мониторинг надежности зерноуборочных комбайнов Дон-1500 / Г.Н.Ерохин, В.В. Коновский // Техника и оборудование для села. –2002. – №8. – С.18-19.

10.Ерохин, Г.Н. Оценка уровня использования производительности зерноуборочных комбайнов /Г.Н.Ерохин, А.С.Решетов, В.В.Коновский // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 7. – С.30-32.

УДК 631.3:631.8

**В.Б. Ловкис, к.т.н., доцент, А.Н. Басаревский, к.т.н., доцент,
Цымбалюк П.А., магистрант**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УДОБРИТЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПОЛИВОЧНЫМИ МАШИНАМИ

Введение

Увеличение валовых сборов сельскохозяйственной продукции – важнейшая задача, стоящая перед агропромышленным комплексом. Для достижения поставленной цели необходима дальнейшая ин-

тенсификация всего сельскохозяйственного производства, одним из основных элементов которой является удобрительное орошение. В этой связи одним из направлений повышения продуктивности в растениеводстве является разработка и реализация интенсивных технологий удобрительного орошения почвы. Использование таких технологий позволит увеличить количество растениеводческой продукции, получаемой с единицы площади, снизить ее себестоимость и повысить качество.

Основная часть

Природно-климатические условия Республики Беларусь, находящейся в зоне неустойчивого увлажнения, в целом, благоприятны для развития основных сельскохозяйственных культур. Однако из-за неравномерного распределения атмосферных осадков и других показателей тепло влагообеспеченности, как по годам, так и внутри вегетационного периода, не всегда обеспечивается оптимальный водный режим и, следовательно, снижается урожайность. Поэтому в республике получать высокие и самое главное, устойчивые по годам урожаи, невозможно без применения оросительных мелиораций. Об этом говорится и в Государственной программе сохранения и использования мелиорированных земель в Республике Беларусь на 2011–2015 гг.[1]. Основным мелиоративным мероприятием, восполняющим недостаток влаги в течение вегетационного периода, является орошение дождеванием и применение внекорневых подкормок.

При дождевании сельскохозяйственных культур, значительное внимание следует уделять современной дождевальной технике, которая обеспечивает не только экономически целесообразный уровень производительности, экономию воды, энергии, материально-технические и трудовые ресурсы, но также не оказывает негативно-го воздействия на почву и окружающую среду [2]. Сущность выбора дождевальной машины сводится к определению водопроницаемости почвы, для конкретного участка, на котором планируется применять удобрительное орошение. Водопроницаемость – свойство почвы впитывать и пропускать через себя воду в более глубокие слои. Зная водопроницаемость почвы, можно оптимально подобрать вид дождевальной техники с необходимой интенсивностью

дождя или соответствующую технологию полива. Поэтому в конкретных почвенно-рельефных условиях необходимо знать, какое количество воды, за какое время можно подавать дождеванием на поле до процесса образования напорной фильтрации[3]. В таблице 1 приведены технико-экономические показатели самых распространенных машин отечественного производства.

Таблица 1 - Техничко-экономические показатели основных типов отечественных дождевальных машин.

Показатели	Кубань-М	КИ-80	ДДН-70	ДДА100-МА	Днепр	Фрегат	Кубань-ЛК	ДШК64-800 (Волжанка)	Шлейф ДНШ 25/900
Мощность, кВт-час	130	41	33	47	53	64	65	26	15
Расход энергии при норме полива, 300 м ³ /га, кВт-час/га	65,7	37,0	42,0	33,0	36,7	56,4	65,0	34,0	53,0
Энергоемкость кВт/ч на 1 м ³ воды	0,17	0,17	0,24	0,13	0,17	0,24	0,17	0,16	0,19
Площадь обслуживания, га	180	80	70	100	120	111	140	70	50
Обслуживающий персонал, ед.	4	3	1	1	0,25	0,33	2	0,5	0,4
Интенсивность дождя, мм/мин.	0,25	0,30	0,45	0,25	0,28	0,24	0,20	0,20	1,0
Расход, л/с	220	48	65	130	120	100	200	64	25
Показатель надежности	0,10	0,12	0,06	0,06	0,70	0,11	0,09	0,04	0,06
Коэффициент земельного использования	0,95	0,97	0,95	0,96	0,97	0,91	0,90	0,98	0,99
Металлоемкость	239	188	107	83	111	166	220	84,7	462
Стоимость машинной смены, тыс. руб.	39,5	128	19,5	34,5	42	34,8	31,2	28,4	29,5
Стоимость, мл. руб.	417	32,3	30,9	56,2	96,6	110	268	10	4,5

Интенсивность дождя практически одинакова по всем машинам и в среднем этот показатель составляет около 0,32 мм/мин., так как значительное превышение этой цифры приведет к эрозии и разрушению почвы. Диапазон варьирования технико-экономических показателей достаточно широк, и выбор той или иной машины будет зависеть от потребностей хозяйства. Например: площадь обслуживания от 50 до 180 га, мощность от 15 до 130 кВт-час, стоимость от 4,5 до 417 мл. руб.

Также широкое распространение получили мобильные барабанно-шланговые дождевальные установки импортного, производства. Это такие машины как: Irrimesc, Casella, Irriland, Ocmis, FerBo, RM, Beinlich. Они мобильны, просты в управлении, наименее материалоемкие и энергоемкие, позволяют орошать как многолетние травы, так и овощные культуры. Совмещение операций полива и внесения удобрений исключает применение специальных машин для внесения удобрений. И хотя импортные и отечественные машины могут осуществлять внесение удобрительных растворов и микроэлементов с поливной водой, однако они не комплектуются оборудованием необходимым для приготовления и подачи таких растворов.

Отсюда возникает потребность в универсальной машине, способной самостоятельно готовить удобрительный раствор с заданной концентрацией и давлением в системе в пределах 0,3-1 МПа, что обеспечит возможность ее использования с любыми дождевальными установками. По результатам проведенных испытаний была разработана машина ОГД-50 (рисунок 1).

Оборудование состоит из следующих основных узлов: прицепа грузового 1, на котором установлены емкости для маточного раствора 2, дозирующее устройство 3, системы трубопроводов 4, вентилей 5, контрольно-измерительных приборов 6 (манометры, расходомер).

Дозирующее устройство данной машины предназначено для стабильного дозированного ввода микроудобрений в напорный трубопровод (водопроводящую систему). Система трубопроводов состоит из байпасной линии и трубопроводов, гидравлически связывающих основные узлы оборудования. Для качественного выполнения технологического процесса ОГД-50 оборудовано кон-

трольно-измерительными приборами, что позволяет отслеживать параметры ввода микроудобрений в поток поливной воды.

Водяной насос дождевальной установки, приводится в действие от ВОМ трактора, обеспечивает подачу до 50 м³/ч воды в дозирующее устройство. Дозирующее устройство, используя давление воды, всасывает заданный объем микроудобрений из емкости для маточного раствора и вводит его (объем) в поливную воду в водопроводной системе. Получаемая смесь подается в выходной трубопровод и далее в дождевальный аппарат. Таким образом, происходит орошение с внесением микроудобрений. Испытания машины проводились с 4 по 15 мая 2014 г. На испытательном полигоне РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (п. Ждановичи). Данные о технических характеристиках представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики машины

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра по ТЗ	Значения по результатам испытаний
Марка	-	ОГД-50	ОГД-50
Тип установки	-	монтируемый	монтируемый
Объем емкостей для удобрений	л	400	400
Концентрация удобрений в поливной воде	%	0,2...2,0	0,9
Давление в водопроводящей системе	МПа	0,3-1	0,9
Расход поливной воды	м ³ /ч	до 50	48
Габаритные размеры емкости:	мм		
-длина		1200	1100
-ширина		600	
-высота		600	
дозатора:	мм		
-длина		300	260
-ширина		300	250
-высота		800	700
Коэффициент использования эксплуатационного времени смены		0,55	0,57
Коэффициент надежности выполнения технологического процесса		0,98	1,0
Коэффициент готовности		0,98	0,98
Масса	кг	до 1000	960

Анализ данных из таблицы показывает, что машина полностью соответствует предъявляемым требованиям, способна поддерживать постоянную концентрацию удобрений в поливной воде, имеет малые габариты и массу. Давление в водопроводящей системе составляет 0,9 МПа, что обеспечивает поддержание интенсивности дождя в диапазоне 0,30-0,35 мм/мин. при поливе, и позволяет использовать ОГД-50 в комплексе с любой поливочной машиной.

Заключение

Новизна разработки заключается в том, что на основе планируемых исследований процесса эжектирования удобрительных растворов в поток поливной воды впервые будет создано оборудование, позволяющее полностью механизировать и автоматизировать процесс внесения удобрений при орошении. Это особенно важно для внекорневых подкормок, когда питательные вещества поступают в растения в основном через листья. На растворение минеральных удобрений в воде и внесение их в почву и на растения с помощью дождевальных установок затрачивается на 70-80% времени меньше, чем при внесении их специальными машинами.

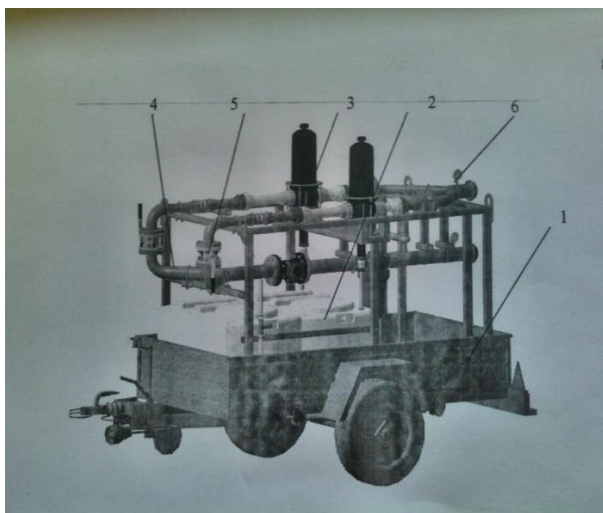


**Рисунок 1 – Общий вид опытного образца
оборудования для гидродождевания ОГД-50**

Список использованной литературы

1. Государственная программа сохранения и использования мелиорированных земель на 2011–2015 годы / Постановление Совета Министров Республики Беларусь. – 2010. – №1262. – 11 с.
2. Дашков, В. Н. Обоснование критериев эффективности применения искусственного дождевания / В. Н. Дашков, Н. Ф. Капустин, А. Н. Басаревский // Весці нацыянальнай акадэмі навук Беларусі. – 2006. – №4. – С. 100–106.
3. Лихацевич, А. П. Дождевание сельскохозяйственных культур: Основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А. П. Лихацевич. – Минск: Бел. наука, 2005. – 278 с
4. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Ольгаренко Г. В., Игнатъев В. М. Обоснование эффективности применения дождевальных машин. Научный журнал КубГАУ. -2014.-№100.-С.06.

УДК 631.459.22: 633.111.1

В.Л. Захаров, А.Ю. Целыковских,

*Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина,
г. Елец, РФ*

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ СМЫТОСТИ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НА КАЧЕСТВО И СТОИМОСТЬ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ООО «СОГЛАСИЕ» ИЗМАЛКОВСКОГО РАЙОНА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Введение

Целью нашей работы было установить влияние степени смытости чернозёма выщелоченного на урожайность, качество и стоимость зерна озимой пшеницы в условиях ООО «Согласие» Измаковского района Липецкой области.

Основная часть

На одном из полей полевого севооборота (№ 242 площадью 187 га) в 2014 г. был учтён урожай дифференцированно, то есть на трёх участках с разной степенью смытости почвы. Почва – чернозём выщелоченный среднесуглинистый. Отбор проб почвы с полей, за-

лежей и целинных участков проводился по ГОСТ 28168-89 [2]. Агрохимические анализы почвы выполнены по инструкции ЦИНАО [12]: содержание гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова [1], подвижного фосфора и обменного калия – по методу Ф.В. Чирикова, нитратного азота, рН водной и солевой вытяжки – ионометрическим методом, гидролитическая кислотность – по методу Каппэна [13], гигроскопичность почвы – термостатно-весовым методом [14], оценка почв – по В.Д. Иванову [11], содержание в зерне белка – на инфракрасном анализаторе "ИнфралЮМ ФТ-40", клейковины – по ГОСТ 13586.1-68 [3], влажность – по ГОСТ 13586.5-93 [4], энергию прорастания – по ГОСТ 10968-88 [5], всхожесть – по ГОСТ 12038-84 [6], стекловидность – по ГОСТ 10987-76 [7], натуру – по ГОСТ Р 54895-2012 [8], массу 1000 семян – по ГОСТ 12042-80 [9], засорённость – по ГОСТ 30483-97 [10].

Все участки характеризуются как среднекислые, с высокой гидролитической кислотностью и суммой обменных оснований, со средней ёмкостью поглощения и степенью насыщенности основаниями. Несмытый участок среднегумусный, остальные – малогумусные.

1. Участок расположен на очень пологом участке, который не подвержен водной эрозии, имеет крутизну до 1° и является несмытым (мощность гумусового горизонта 100 см); обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием очень высокая; нитратным азотом – высокая;

2. Участок находится на пологом участке, который имеет крутизну склона 1-3° и является слабосмытым (мощность гумусового горизонта 80 см); обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием высокая, нитратным азотом – очень низкая;

3. Участок расположен на покатом участке, который имеет крутизну склона 3-5° и является среднесмытым (мощность гумусового горизонта 60 см); обеспеченность подвижным фосфором средняя, обменным калием – повышенная, нитратным азотом – очень низкая.

С этих участков были отобраны пробы почвы и проанализированы в научно-исследовательской агрохимической лаборатории.

Исследования показали, что по сравнению с несмытым участком на слабосмытом и среднесмытом гигроскопическая влажность поч-

вы существенно меньше. Между участками слабо- и среднесмытым различия в пределах ошибки опыта.

Степень смытости не отразилась на обменной кислотности (pH_{KCl}), актуальной кислотности (pH_{H_2O}), гидролитической кислотности (Нг), сумме обменных оснований (S), ёмкости поглощённых оснований (Т) и степени насыщенности основаниями (V). Однако содержание нитратного азота и гумуса существенно ниже на среднесмытом участке по сравнению с несмытым. Между слабосмытым и среднесмытым различий по азоту и гумус не обнаружено. По содержанию подвижного фосфора и обменного калия различия между всеми 3-мя участками существенны. По мере увеличения степени смытости почвы содержание фосфора и калия снижается (таблица 1).

Таблица 1. Агрохимические свойства и гигроскопическая влажность чернозёма выщелоченного разной степени смытости в полевом севообороте ООО «Согласие» Измалковского района Липецкой области

Показатель	Степень смытости участка			НСП ₀₅	НСП %
	не-смытый	слабо-смытый	средне-смытый		
Нитратный азот,	17,63	8,93	8,6	1,35	11,5
Подвижный фосфор	28,33	19,66	7,5	1,88	10,17
Обменный калий	21,53	14,66	11,41	0,75	4,71
Гумус, %	6,23	5,82	5,33	0,47	8,14
pH_{H_2O}	5,41	5,7	5,64	0,23	4,67
pH_{KLC}	4,77	4,95	4,98	0,26	5,24
Нг, мг-экв/100 г почвы	6,0	6,56	6,51	0,68	11,84
S, мг-экв/100 г почвы	31,53	30,27	31,4	4,36	13,74
T, мг-экв/100 г почвы	37,55	35,81	39,14	3,85	10,27
V, %	83,91	84,47	85,29	3,04	3,6
Гигроскопичность, % от массы сухой почвы	3,15	2,91	2,81	0,17	5,78

Установлено, что урожайность зерна озимой пшеницы, выращенной на среднесмытом участке существенно ниже, чем на остальных рассматриваемых. Различий по урожайности зерна, полученного со слабосмытого и несмытого участков не обнаружено. Содержание сырой и сухой клейковины в зерне озимой пшеницы, выращенной на несмытом участке существенно больше, чем на среднесмытом. Различий между слабо- и среднесмытыми участками по клейковине не обнаружено. На всех участках получено зерно с клейковиной, относящейся ко 2-й группе и характеризующейся как удовлетворительно слабая. Индекс деформации клейковины у зерна с несмытого участка выше, чем с остальных.

Не установлено влияния смывости почвы на влажность, стекловидность зерна и водопоглотительную способность муки из зерна озимой пшеницы. Натура зерна, собранного с несмытого участка была существенно больше, чем со среднесмытого, а между среднесмытым участком и остальными вариантами различий нет. По мере увеличения степени смывости чернозёма выщелоченного в обмолоченном зерне озимой пшеницы увеличивается содержание зерновой и сорной примеси, а содержание семян основной культуры соответственно уменьшается. Все различия по этим показателям между всеми вариантами существенны. Содержание белка в зерне пшеницы, собранной с среднесмытого участка существенно ниже, чем со слабосмытого и несмытого (таблица 2).

Исходя из того, что качество зерна значительно варьирует в зависимости от степени смывости почвы, расчёт стоимости зерна в зависимости от его качества будет следующим. Закупочная цена для Тамбовской области за 2014 год для зерна озимой пшеницы 4 класса с содержанием клейковины 18-22%, ИДК=80-100, натуре 750 г/л, влажности не более 14,5 %, сорной примеси 1 %, зерновой примеси 3 % и отсутствии клеща составляла 850 руб за 1 центнер [15].

Определение зачётной массы зерна на среднесмытом участке: Исходная масса зерна 1 центнер. По влажности надбавка составит +2,3%, так как фактическая влажность (12,2%) ниже базис-

ной (14,5 %) на 2,3%. По сорной примеси производится надбавка +0,2 %, так как фактическая сорная примесь (0,8%) ниже базисной (1%) на 0,2%. Общая надбавка составит +2,5%. 1 центнер зерна + 2,5% = 1,025 центнера. **Денежные расчёты:** Первоначальная стоимость зерна составит $850 \times 1,025 = 871,25$ руб. За натуру скидок нет, так как фактическая натура составляет 749 г/л, а базисная 750. Зерновая примесь по базису составляет 3%, фактическая тоже 3%, значит скидок за зерновую примесь нет. Зерно не заражено клещом, значит по этому показателю скидок тоже нет. Таким образом, стоимость зачётной массы составит **871,25 руб за центнер**.

Таблица 2. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от степени смытости чернозёма выщелоченного в ООО «Согласие» Измалковского района Липецкой области

Показатель	Степень смытости участка			НСП ₀₅	НСП %
	не-смытый	слабо-смытый	средне-смытый		
Урожайность зерна, ц/га	46,85	44,26	35,14	5,47	13,0
Влажность зерна, %	12,23	12,24	12,2	0,41	3,38
Натура зерна, г/л	798,35	782,8	749,0	41,52	5,34
Стекловидность зерна, %	89,0	86,0	88,0	4,0	4,35
Зерновая примесь, %	1,0	2,6	3,0	0,06	2,73
Сорная примесь, %	0,2	0,4	0,8	0,02	3,44
Доля семян основной культуры, %	98,8	97,0	96,2	0,07	2,5
Содержание белка, %	12,43	12,43	11,2	0,99	8,24
Водопоглотительная способность муки, г воды/100 г муки	128,71	131,72	129,19	13,88	10,68
Содержание сырой клейковины, %	25,55	24,5	22,52	2,54	10,5
Содержание сухой клейковины, %	11,02	9,13	9,05	0,96	9,88
ИДК	82,0	81,0	81,0		
Группа клейковины	II				
Характеристика качества клейковины	Удовлетворительно слабая				

Определение зачётной массы зерна на слабосмытом участке:

Исходная масса зерна 1 центнер. По влажности надбавка составит +2,3%, так как фактическая (12,24%) ниже базисной (14,5%) на 2,26% (округлённо на 2,3%). По сорной примеси производится надбавка +0,6%, так как фактическая (0,4%) выше базисной (1%) на 0,6%. Общая надбавка составит +2,9%. 1 центнер зерна + 2,9% = 1,029 ц. **Денежные расчёты:** Первоначальная стоимость зерна составит $850 \times 1,029 = 874,65$ руб. По натуре производится надбавка +0,3%, так как фактическая натура (782,8 г/л) выше базисной на 32,8 г (округлённо на 30 г). За зерновую примесь скидок нет, так как фактическая (2,6%) не выше базисной (3%). Скидок за клеща тоже нет. Таким образом, стоимость зачётной массы составит: $874,65 + 0,3\% = 877,27$ руб за центнер.

Определение зачётной массы зерна на несмытом участке:

Исходная масса зерна 1 центнер. По влажности надбавка составит +2,3%, так как фактическая (12,23%) ниже базисной (14,5%) на 2,27 (округлённо 2,3%). За сорную примесь производится надбавка +0,8%, так как фактическая (0,2%) ниже базисной (1%) на 0,8%. Общая надбавка составит +3,1%. 1 центнер зерна +3,1% = 1,031 ц. **Денежные расчёты:** Первоначальная стоимость зерна составит $850 \times 1,031 = 875,35$ руб. По натуре производится надбавка +0,5%, так как фактическая (798,35) выше базисной (750) на 48,35 (округлённо на 50 г/л). По зерновой примеси скидок нет, так как фактическая (1%) не превышает базисную (3%). По клещу скидок нет, так как зерно им не заражено. Таким образом, стоимость зачётной массы составит: $875,35 + 0,5\% = 879,72$ руб за центнер.

Различная стоимость зерна в зависимости от степени смытости почвы обусловила и разную экономическую эффективность выращивания зерна озимой пшеницы (таблица 3).

Общие затраты на возделывание культуры включали стоимость удобрений, затраты на их внесение, затраты на уборку урожая (ГСМ, запчасти), зарплату рабочего персонала, затраты на внесение пестицидов.

Таблица 3. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от степени смытости чернозёма выщелоченного в условиях ООО «Согласие» Измалковского района Липецкой области (2014 г.)

Показатели	Участки		
	Средне-смытый	Слабо-смытый	Не-смытый
1. Урожайность, ц с 1 га	35,1	44,2	46,8
2. Общие затраты на возделывание культуры, руб/га, в том числе:	24774,0	24864,0	25020,0
затраты на внесение удобрений, руб на 1 га	2288,0	2288,0	2288,0
стоимость удобрений, руб	3456,0	3456,0	3456,0
затраты на уборку урожая, руб на 1 га	2450,0	2540,0	2696,0
затраты на внесение пестицидов, руб/га	5806,0	5806,0	5806,0
зарплата, руб/га	10674,0	10674,0	10674,0
3. Цена 1 ц продукции, руб	871,25	877,27	879,72
4. Стоимость урожая, руб с 1 га	30580,87	38775,33	41170,9
5. Условно чистый доход, руб с 1 га	5806,87	13911,33	16150,9
6. Себестоимость 1ц урожая	383,8	306,9	293,2
7. Уровень рентабельности	23,44	55,95	64,55

Заключение

1. В условиях ООО «Согласие» Измалковского района Липецкой области чернозём выщелоченный среднесуглинистый со слабой, средней степенью смытости и её отсутствием имеет одинаковую обменную (pH_{KCl}), актуальную (pH_{H_2O}), гидролитическую кислотности, сумму обменных оснований, ёмкость поглощённых оснований и степень насыщенности почвы основаниям. Содержание нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, гумуса в почве и её гигроскопичность снижаются по мере усиления степени смытости чернозёма выщелоченного.

2. Урожайность зерна озимой пшеницы существенно выше на несмытом участке чернозёма выщелоченного по сравнению со среднесмытым.

3. У зерна озимой пшеницы, выращенной на несмытом участке, выше натура, содержание сырой и сухой клейковины, белка, а содержание сорной и зерновой примеси ниже, чем на среднесмытом участке, где зерно более щуплое.

4. Более низкая обеспеченность азотом, фосфором, калием и гумусом среднесмытого чернозёма выщелоченного по сравнению с несмытым обуславливают более низкое качество зерна озимой пшеницы.

5. По мере увеличения степени смытости чернозёма выщелоченного снижается стоимость зерна озимой пшеницы и рентабельность её выращивания.

Список использованной литературы

1. Александрова Л. Н., Найденова О. А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1976.–280 с.

2. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. Разработчики: М.А. Флоринский, А.Н. Поляков, В.Н. Кураев, Г.М. Нешумов и Н.М. Сударкина. М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1989. – 7 с.

3. ГОСТ 13586.1-68 Зерно. Методы определения качества и количества клейковины. М.: Стандартиформ, 2009. – 5 с.

4. ГОСТ 13586.5-93 Зерно. Метод определения влажности. Минск: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2009. – 6 с.

5. ГОСТ 10968-88 Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания. М.: Стандартиформ, 2009. – 3 с.

6. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Стандартиформ, 2011. – 29 с.

7. ГОСТ 10987-76 Зерно. Методы определения стекловидности. М.: Стандартиформ, 2009 – 2 с.

8. ГОСТ Р 54895-2012 Зерно. Метод определения натуры. М.: Стандартиформ, 2013. – 9 с.

9. ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. М.: Стандартиформ, 2011. – 2 с.

10. ГОСТ 30483-97 Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания

мелких зёрен и крупности; содержания зёрен пшеницы, повреждённых клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси. Минск: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2009. – 19 с.

11. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Оценка почв: учеб. пособие. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2004. – 287 с.

12. Инструкция по проведению массовых анализов почв в зональных агрохимических лабораториях / Сост.: А.Н. Орлова, С.Г. Самохвалов, В.Г. Пружикова, Ю.В. Соколова, Р.А. Соколова, А.Л. Еринов, С.Я. Приваленкова, А.П. Снеткова, А.П. Голубева. Инструкция утверждена Министерством сельского хозяйства СССР 16.08.1972 г. М.: Колос, 1973. – 55 с.

13. Петербургский А. В. Практикум по агрономической химии. – 6-е изд. – М.: Колос, 1968. – 496 с.

14. Ревут И. Б. Физика почв. – Л.: Колос, 1964. – 318 с.

15. <http://agro-bursa.ru/prices/wheat/>

УДК 631.171: 621.31: 633/635

Г.В. Макарова, канд. техн. наук, профессор, М.С. Титенкова
*ФГБОУ ВПО «Великолукская ГСХА», г. Великие Луки,
Российская Федерация*

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ НИЗКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Введение

Картофель - преобладающая пищевая культура в мировом производстве. Россия занимает лидирующее положение в мире по количеству производимого картофеля, однако остается на одном из последних по урожайности [1]. С 70-ых годов XX века Российские ученые ведут активную работу по изучению влияния физических факторов на клубни картофеля. Однако было замечено, что фото-энергетические методы (ИК, УФ и лазерное облучение) могут вызывать мутации у живых организмов, тем самым представляя опасность для здоровья человека [5]. Известны способы стимулирую-

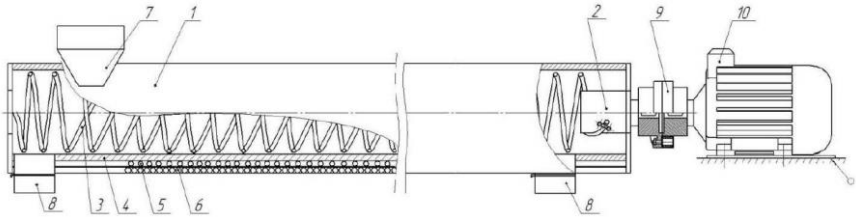
шей обработки картофеля на основе воздействия постоянных (ПМП), градиентных (ГМП), импульсных (ИМП) и модулированных (ММП) низкочастотных магнитных полей. При воздействии на клубни картофеля низкочастотным магнитным полем в клетках возрастает ферментативная активность, обеспечивающая нормальное функционирование органа и реализацию его генетического потенциала. Обработка магнитным полем повышает устойчивость молодых проростков к засолению, устойчивость растений к стрессам, активизирует азотификацию. При обработке семян магнитным полем положительное воздействие удобрений усиливается. Технология предпосевной электромагнитной обработки клубней картофеля позволяет предотвратить загрязнение сельскохозяйственных территорий и без химического вмешательства эффективнее использовать возможности самого растения [2].

Основная часть

В основе многих установок предпосевной обработки картофеля магнитным полем находятся загрузочная емкость, транспортер, приемный бункер (авт. св. N 656571, 1978), (авт. св. N 1134127, 1985), (патент № 2088066, 1997). Недостаток установок с транспортером - возможность травмирования клубней картофеля. Однако некоторые авторы считают, что травмирование клубней картофеля перед посадкой не только не наносит вред, но даже увеличивает всхожесть картофеля.

Известен патент РФ № 2483513, 2013 - устройство для предпосевной обработки семян (УТЭМС-1) (рисунок 1) комплексным воздействием полей электромагнитным и тепловым, содержащее пружинный транспортер. Семена из загрузочного бункера перемещаются пружинным транспортером внутрь соленоида и обрабатываются низкочастотным магнитным полем. Нихромовая спираль обеспечивает тепловую обработку семян[4].

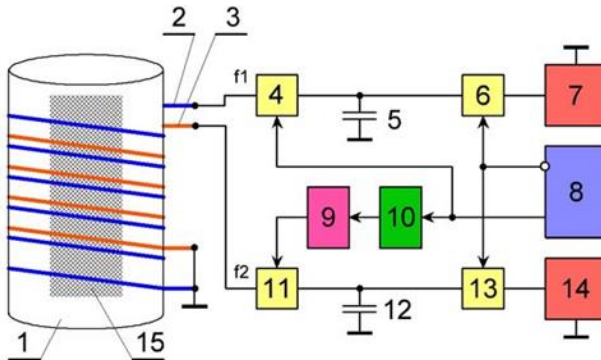
Анализ автором результатов лабораторных экспериментов показал, что обработанные магнитным и тепловым полями семена формируют более мощную корневую систему, оказывающую положительное влияние на влагообеспеченность растений [3].



- 1 - кожух из немагнитного материала, 2 - ось крепления пружины, 3 - пружинный транспортер, 4 - труба из ферромагнитного материала, 5 - нагревательный элемент, 6 - соленоид, 7 - бункер загрузочный, 8 - выгрузное окно, 9 - муфта, 10 - электродвигатель

Рис. 1 - устройство для магнитной и тепловой обработки посевного материала

Известен патент RU2435349, 2013 - установка для предпосевной индукционной обработки семенного материала, которая повышает всхожесть и энергию прорастания семенного материала за счет воздействия на них модулированного электромагнитного поля (рисунок 2).



- 1-пустотелый цилиндрический индуктор, 2,3- токопроводящие обмотки, 4,6,11,13- электронные симметричные ключи, 5,12-накопительные конденсаторы, 7,14-автономные источники питания,8-тактовый генератор, 9- одновибратор, 10- схема задержки, 15-посевной материал.

Рис. 2 - установка для предпосевной индукционной обработки семенного материала

Форма и частота электромагнитного воздействия, происходящего в самом индукторе 1, является результатом сложения колебаний в обмотке 2 частотой f_1 и колебаний в обмотке 3 частотой f_2 . Для

наилучшего смешивания электромагнитных сигналов в конструкции индуктора 1 применяется бифилярная укладка проводников обмоток 2 и 3, обеспечивающая высокие показатели потокоцепления. Интенсивность воздействия электромагнитных колебаний на обрабатываемую биомассу 15 при неизменной конструкции индуктора 1 и установочных параметрах принципиальной схемы определяется значениями напряжений источников питания 7 и 14, что позволяет легко изменять режим обработки по заданной программе. Применение асинхронного двухступенчатого режима заряда – разряда конденсаторов 5, 12 посредством электронных ключей 4, 6, 11, 13 обеспечивает надежную защиту источников питания 7, 14 от перегрузок и коротких замыканий в индукторе 1.

Устройство обладает широким частотным диапазоном. Если в конструкции индуктора 1 использовать обмотки с различным числом витков, например, количество витков обмотки 2 больше количества витков обмотки 3 (см. рисунок 2), а в электронной схеме управления установить соответствующие емкости конденсаторов 5 и 12, то низкочастотная катушка способна генерировать электромагнитные колебания в диапазоне от 30Гц до 5кГц, а высокочастотная – от 5 кГц до 5МГц [6].

В Кубанском государственном аграрном университете создана лабораторная установка, использующая разработанный генератор низкочастотного синусоидального сигнала (рисунок 3).

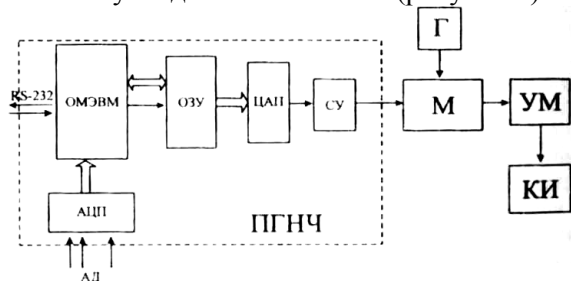


**Рис. 3 - установка для предпосевной обработки клубней картофеля
модулированным магнитным полем**

Установка включает в себя: генератор низкой частоты (ПГНЧ), генератор высокой частоты (О, модулятор (М)), усилитель мощности (УМ), катушку индуктивности (КИ), выступающую в роли из-

лучателя низкочастотных электромагнитных колебаний. Отмечено, что переменное электромагнитное поле с частотой 10^{-2} - 10^{-3} Гц существенно влияет на скорость прорастания семенного материала картофеля [1].

Заключение

Таким образом, изучение высокоэффективных, малотоксичных, применяемых с небольшими затратами средств и времени факторов физического воздействия и внедрения их в производство позволит получать экологически чистую высококачественную продукцию, отвечающую всем требованиям стандартов. Применение электро-технологий с использованием комплексного воздействия низкочастотного магнитного и теплового полей является перспективным способом повышения всхожести клубней картофеля в современных условиях необходимости качественной и экологичной продукции российских сельхозпроизводителей.

Список использованной литературы

1. Важенин, Е.И. Перспективы использования в пищевой индустрии технологий с применением электромагнитных полей крайне низкой частоты /Е.И. Важенин //Научный журнал КубГАУ №85(01) - 2013 - №1.
2. Жолобова, М.В. Анализ установок для предпосевной обработки семян /М.В. Жолобова //Научный журнал КубГАУ №83(09) - 2012 - №9;
3. Кошкина, А.О. Исследования комплексного воздействия электромагнитного и теплового полей на качество посевного материала яровой пшеницы /А.О. Кошкина // Современная техника и технологии - 2011. №3.
4. Кошкин, Е.И., Гатаулина, Г.Г., Дьяков, А.Б. и др. Частная физиология полевых культур /под ред. Е. И. Кошкина. - М.:КолосС, 2005. - 299 с.;
5. Перспективные способы использования физических факторов для активизации прорастания семян и растений/М. Груйич, В.И. Кияко, А.Г. Четвериков// Прикл. Физ. - 2000. - №1. - 109 с.;
6. Тышкевич, В.Е. Предпосевная индукционная обработка семян// патент России №2435349, 2013.

7. Посевной и посадочный материал сельскохозяйственных культур/ науч.-практ. руководство по пр-ву посевного и посадочного материала с.-х. культур в 2-х книгах / под ред. Д. Шпаара. - Берлин

УДК 631.353.3

И.В. Кокунова, к.т.н., доцент, Е.В. Смирнов

ФГБОУ ВПО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», г. Великие Луки, Российская Федерация

К ВОПРОСУ ЗАГОТОВКИ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО РУЛОННОГО СЕНАЖА

Введение

Животноводство в Российской Федерации традиционно является ведущей отраслью сельского хозяйства. В общем объеме производства сельскохозяйственной продукции на долю животноводческих продуктов приходится около 65-70%. Ускоренное развитие животноводства и дальнейшее увеличение объемов производства молока и мяса невозможны без современной кормовой базы, призванной обеспечивать высокую продуктивность отрасли. Задача заключается не только в увеличении валового производства кормов, но и в повышении их качественных показателей, энергетической и протеиновой ценности.

Основу рациона сельскохозяйственных животных составляют корма растительного происхождения, заготавливаемые из трав и силосных культур. Комплекс технологических приемов, используемых для производства того или иного вида корма, должен обеспечивать максимально возможное сохранение в нем питательных веществ, макро- и микроэлементов, витаминов и других соединений. Все эти питательные и биологически активные вещества сохраняются лишь при переработке кормовых культур прогрессивными ресурсосберегающими технологиями с применением современных высокопроизводительных кормоуборочных машин.

Основная часть

В условиях Северо-Запада России, где в период массовой заготовки кормов зачастую складываются неблагоприятные погодные условия, сопровождаемые частыми и обильными осадками, пасмурными днями, наибольший практический интерес представляют технологии заготовки сенажного корма. Именно сенаж по своим питательным свойствам приближен к свежескошенным травам, к тому же процесс его заготовки в меньшей степени зависит от внешних факторов [4].

Правильно приготовленный сенаж – это корм из растений (преимущественно бобовых), убранных в ранней стадии вегетации, провяленных до влажности 50-55% и сохраненных в анаэробных условиях. Сенажирование трав обеспечивает получение энергосащенного корма (9,8-10,2 МДж обменной энергии или 0,80-0,84 корм. ед. в одном кг сухого вещества) с содержанием сырого протеина в пределах 16-20%. Высокая питательность сенажа обусловлена большим содержанием в нем сухого вещества и сохранением наиболее ценных частей растений – листьев и соцветий, которые при обычной сушке трав в поле в большинстве случаев теряются.

Для заготовки высококачественного сенажа сегодня существует широкий спектр кормозаготовительных технологий. Они значительно отличаются друг от друга по затратам и эффективности. Выбор вида технологии для определенных условий хозяйствования определяется, прежде всего, размерами производства, поголовьем сельскохозяйственных животных, наличием кормозаготовительной и транспортной техники.

В хозяйствах Северо-Западного региона России с небольшим поголовьем сельскохозяйственных животных широко применяются технологии заготовки рулонного сенажа с индивидуальной обмоткой рулонов стрейч-пленкой или групповой упаковкой рулонов (до 40 штук) в полимерный рукав с помощью тубулярных обмотчиков.

Одной из проблемных операций при заготовке «сенажа в упаковке» является технологическая операция по подбору и прессованию подвяленной травяной массы. Исследования, проведенные нами в хозяйствах Псковской области, показали, что используемые для этих целей рулонные пресс-подборщики с постоянной камерой

прессования, образованной роликами или цепями, не обеспечивают равномерную плотность прессования по диаметру формируемого рулона. В связи с чем, рулоны сенажа имеют рыхлую внутреннюю и уплотненную наружную структуру. Так, плотность прессования сенажируемой массы в центре рулона составляет 200-270 кг/м³, а к периферийным слоям она увеличивается до 400-450 кг/м³ [3, 5].

Снижение плотности в центре рулона приводит к увеличению количества воздуха, содержащегося в нем. С точки зрения технологии сенажирования, данный факт является негативным и способствует более длительным процессам брожения, и как следствие этого, образованию кислот. Кроме того, нами было установлено, что температура внутри сенажного рулона, после его герметизации, часто превышала допустимые 35-37° С и на четвертый день хранения поднималась до 44,5° С (рис. 1). По данным профессора В.Б. Иоффе [2], при повышении температуры уже до 40-42° С значительно снижается перевариваемость протеина, разрушается каротин и ухудшается ряд других качественных показателей корма. Вследствие чего, снижается питательность сенажа и увеличивается его расход на единицу производимой продукции.

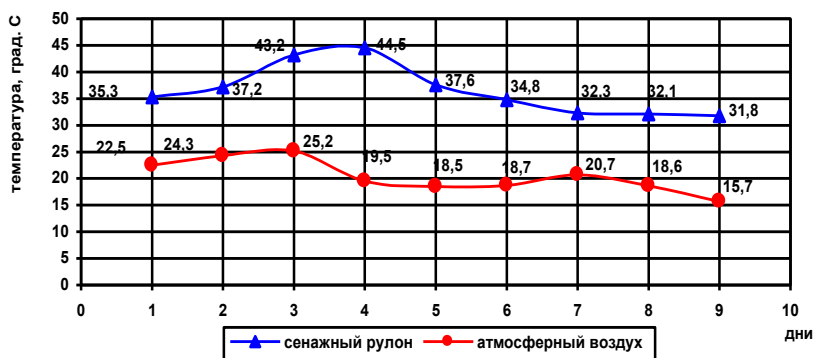


**Рисунок 1 – Кривые изменения температур сенажных рулонов
после упаковки в пленку и наружного атмосферного воздуха**

Исследования ВИЖа показали, что с увеличением температуры сенажа на 10° С переваримость протеина снижается более чем на

13%, а при дальнейшем повышении температуры она снижается еще на 23-25% на каждые 10° С. Переваримость белка сенажа, созревшего в интервале температур 40-50° С, ниже на 24% по сравнению с переваримостью белка в сенаже, процессы которого протекали при оптимальной температуре. С повышением температуры корма еще на 10° С переваримость белка снижается дополнительно на 38% и при достижении температуры 60° С и более практически сводится к нулю. Переваримость других компонентов корма снижается на 6-10% с увеличением температуры на каждые 10° С [1].

Для сокращения потерь питательных веществ в заготавливаемом корме необходимо исключить нежелательные процессы, сопровождаемые повышением температуры внутри сенажного рулона. Этого можно достичь увеличением плотности и равномерности прессования травяной массы.

Высокая равномерность прессования корма может быть достигнута в пресс-подборщиках с переменной пресс-камерой, однако применяемые в их конструкции резиноканевые ремни не позволяют прессовать травяную массу с повышенной влажностью, так как наблюдается проскальзывание ремней. С точки зрения стабильности формируемых рулонов и процессов в них происходящих, а также экономии упаковочных материалов важны к тому же высокие плотности прессования.

Заключение

Таким образом, для производства высококачественного рулонного сенажа из трав, проявленных до влажности 50-55%, необходимы современные машины, обеспечивающие формирование рулонов равномерной и высокой плотности прессования по всему сечению. Для этих целей необходимо проводить исследования по совершенствованию конструктивных и технологических параметров рулонных пресс-подборщиков, оснащенных переменной или комбинированной камерами прессования, а также осуществлять разработку новых механизмов, способствующих повышению качественных показателей формируемых рулонов сенажа.

Список использованной литературы

1. Булатов, А.П. Кормовая база современного животноводства /А.П. Булатов, Л.П. Ярмоц. – Курган: ГИПП «Зауралье», 2002. – 240 с.
2. Иоффе, В.Б. Корма и молоко /В.Б. Иоффе. – Минск: Победа, 2002. – 231 с.
3. Кокунова, И.В. Влияние внешних и внутренних факторов на температурные поля в рулонах сенажа /И.В. Кокунова, А.А. Жуков //Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (4-6 июня 2014 г., Минск). В 2 ч. Ч.2. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 66-70.
4. Кокунова, И.В. Влияние климатических условий Северо-Запада России на процесс кормозаготовки /И.В. Кокунова, Д.С. Корнышев, М.В. Стречень //Известия Великолукской ГСХА. – 2013. – № 3. – С. 34-42.
5. Кокунова, И.В. Совершенствование кормоуборочной техники – резерв для повышения качества кормов /И.В. Кокунова, А.Г. Куренков //Вестник ФГОУ ВПО «Московский агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». – Выпуск 1 (32). – 2009. – С. 68-70.

УДК 631.333

**В.А. Смелик¹, д.т.н., профессор, А.И. Иванов², д.с.-х.н.,
Н.А. Цыганова¹, д.с.-х.н.**

¹СПбГАУ, ²ГНУ АФИ РАСХН, Санкт-Петербург, Пушкин, РФ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Введение

Технологии точного земледелия обеспечивают положительные экологические последствия дифференцированного применения средств химизации, основанного на учёте неоднородности плодородия и других условий роста и развития растений на отдельно взятом поле. При этом достигается существенная экономия материально-технических ресурсов за счёт их более рационального ис-

пользования.

Дифференцированное применения минеральных удобрений занимает особое место в точном земледелии. Этот рычаг воздействия на почвенное плодородие является самым действенным, поэтому ожидаемая эффективность (в том числе, экологическая) дифференциации данного приёма также весьма высока.

Значительное число опытов [1, 2, 3, 4] показывают высокую экологическую эффективность дифференцированного применения минеральных удобрений в зависимости от неоднородности плодородия почвы и условий роста и развития культурных растений. При снижении расхода удобрений в связи с их дифференцированным внесением происходит снижение совокупного отрицательного влияния на внешнюю среду как при их производстве, так и при их внесении. При этом снижается расход невозобновляемых энергетических ресурсов, уменьшается вымывание удобрений в грунтовые воды, поступление содержащихся в удобрениях тяжёлых металлов в агроландшафт. Важнейшими экологическими последствиями дифференцированного применения минеральных удобрений являются снижение неоднородности агрофизических, агрохимических и биологических показателей почвенного плодородия, а также снижение внутривариационной изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур.

Основная часть

Исследования дифференцированного применения минеральных удобрений проводились на Меньковской опытной станции ГНУ АФИ РАСХН в условиях зерно-травяно-пропашного севооборота. В 2008 году в опыте возделывался картофель сорт Невский, в 2009 году – ячмень сорт Суздалец, в 2010 – 2011 годах – тимopheевка луговая сорт Ленинградская 204 и овсяница луговая сорт Суйдинская, в 2012 году – озимая пшеница сор Инна.

Опытное поле представлено единым контуром пашни общей площадью 22 га. Его почвенный покров сформирован дерново-слабоподзолистыми типичными и глееватыми почвами, развитыми на красноцветных моренных отложениях лёгкого гранулометрического состава.

**Таблица 1. Агрономическая эффективность точных систем
удобрения**

Варианты опыта	Дозы удобрения, кг/га	Урожайность, т/га	Коэффициента вариации урожайности, %	Прибавка урожая	
				т/га	%
Картофель (2008 год)					
Контроль	0	12,6	18	-	-
ЗСУ	N ₁₀₀ P ₁₂₅ K ₁₂₅	20,4	16	7,8	62
ТСУ-1	N ₉₃₋₁₁₈ K ₉₀₋₁₅₀	20,7	11	8,1	64
ТСУ-2	N ₁₀₀ P ₁₂₅ K ₁₂₅₋₄₅₅	23,1	9	10,5	83
ТСУ-3	N ₇₀₋₁₂₇ P ₈₈₋₁₅₉ K ₈₈₋₁₅₉	21,7	11	9,1	72
НСР ₀₅	-	-	-	1,25	-
Ячмень (2009 год)					
Контроль	0	2,1	24	-	-
ЗСУ	N ₈₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	4,7	14	2,6	124
ТСУ-1	N ₈₈₋₉₂ K ₄₅₋₇₄	5,2	10	3,1	148
ТСУ-2	N ₈₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	5,1	9	3,0	143
ТСУ-3	N ₆₀₋₉₅ P ₇₅₋₁₁₉ K ₇₅₋₁₁₉	4,8	13	2,7	129
НСР ₀₅	-	-	-	0,40	-
Многолетние травы (2010 – 2011 гг.)					
Контроль	0/0*	3,8	23	-	-
ЗСУ	N ₈₀ / N ₈₀ K ₉₀ *	9,3	26	5,5	145
ТСУ-1	N ₆₀₋₁₀₇ / N ₆₀₋₁₀₇ K ₆₁₋₁₁₅ *	11,2	17	7,4	195
ТСУ-2	N ₈₀ / N ₈₀ K ₉₀ *	10,1	21	6,3	166
ТСУ-3	N ₇₈₋₈₂ / N ₆₁₋₉₃ K ₆₀₋₁₂₀ *	9,6	30	5,8	153
НСР ₀₅	-	-	-	1,39	-
Озимая пшеница (2012 год)					
Контроль	0	2,24	24	-	-
ЗСУ	N ₃₀₊₇₀₊₃₀	4,04	11	1,80	80
ТСУ-1	N ₃₀₊₇₀₊₀₋₅₈	4,58	12	2,34	104
ТСУ-2	N ₃₀₊₇₀₊₃₀	4,89	5	2,65	118
ТСУ-3	N ₃₀₊₇₀₊₁₀₋₅₇	4,68	9	2,44	109
НСР ₀₅	-	-	-	0,26	-
Среднегодовая продуктивность севооборота, т зерновых единиц с га					
Контроль	0	2,0	22	-	-
ЗСУ	N ₉₄ P ₄₅ K ₆₃	3,9	17	1,9	95
ТСУ-1	N ₉₆ K ₅₅	4,1	13	2,1	105
ТСУ-2	N ₉₄ P ₄₅ K ₈₅	4,2	11	2,2	110
ТСУ-3	N ₉₄ P ₄₅ K ₆₃	4,0	16	2,0	100
НСР ₀₅	-	-	-	0,50	-

* в числителе в 2010 году, в знаменателе в 2011 году

Обобщённо по комплексу агрофизических и агрохимических показателей почва может быть отнесена к виду хорошо окультуренных. Мощность пахотного слоя составляет 23 см, структура комковато-пылеватая, рН_{КС1} 5,50, гидролитическая кислотность

2,99 ммоль/100 г почвы, сумма обменных оснований 15,50 ммоль/100 г почвы, содержание гумуса 4,36 %, подвижных соединений фосфора и калия – 434 и 197 мг/кг соответственно. Однако применение удобрений в прошедшие два десятилетия происходило с нарушением агротехнических требований, главным образом, к равномерности разбросного внесения извести и навоза. В результате пестрота важнейших агропроизводственных свойств пахотного слоя почвы оказалась высокой. В пределах этого весьма крупного для условий Северо-Запада РФ пахотного контура оказались представленными почвы с реакцией от сильнокислой (pH_{KCl} 4,30) до нейтральной (pH_{KCl} 6,90), гумусированностью и обеспеченностью подвижными соединениями калия – от низкой (1,70 % и 76 мг/кг) до очень высокой (7,54 % и 360 мг/кг). Такая пестрота агрохимических свойств почвы, а также выраженный мезорельеф его территории послужили предпосылками для достижения весомого агроэкологического эффекта точных систем удобрения.

Схема опыта включала пять вариантов: 1. Контроль (без удобрений); 2. Зональная система удобрения (ЗСУ); 3. Точная система удобрения 1 (ТСУ - 1); 4. Точная система удобрения 2 (ТСУ - 2); 5. Точная система удобрения 3 (ТСУ - 3). Дозы удобрений в варианте с зональной системой удобрения рассчитывали для получения урожая картофеля 25 т/га, ячменя 4,5 т/га, сена многолетних трав 5 т/га, озимой пшеницы 5 т/га. Первый вариант точной системы удобрения был эквивалентен ЗСУ по азоту и базировался на ежегодном дифференцированном применении с использованием кузовного разбрасывателя Amazone-ZAM1500 азотных и периодическом – калийных удобрений. Второй вариант точной системы удобрения основывался на предварительном дифференцированном выравнивании обеспеченности почвы подвижным калием и последующем равномерном внесении комплексных удобрений, как и в варианте ЗСУ. В третьем варианте точной системы удобрения, эквивалентном ЗСУ по количеству удобрений, основой для их пространственной дифференциации служили карты урожайности предшествующих культур.

Общая площадь делянки в опыте 12000 м², учётная площадь 6000 м². Повторность 4 кратная, размещение вариантов и повторе-

ний систематическое.

Наибольшую агрономическую эффективность на картофеле обеспечил вариант с дифференцированным окультуриванием хлористым калием (ТСУ-2). В этом варианте прибавка урожая составила 83 % по сравнению с контролем и 13% по сравнению с зональной системой удобрения. При использовании зональной системы удобрения (ЗСУ) и первого варианта точной системы удобрения (ТСУ-1) получена практически одинаковая урожайность. Точные системы удобрения, основанные на учете агрохимических свойств почвы (ТСУ-1, ТСУ-2) позволили повысить урожайность зерна ячменя на 143 - 148% и снизить коэффициент вариабельности урожайности с 24 до 9 - 10%. Дифференцированное применение подкормки многолетних злаковых трав обеспечило аналогичные результаты. В 2012 году при возделывании озимой пшеницы стабильную эффективность показали варианты ТСУ-1 и ТСУ-2 и впервые за 5 лет нашего исследования вариант ТСУ-3 оказался эффективнее зональной системы удобрения (ЗСУ). Все точные системы удобрения способствовали значительной окупаемости подкормки и выравнивали пространственную неоднородность урожайности озимой пшеницы.

В среднем за 5 лет исследования зональная система удобрения повысила продуктивность севооборота на 95%. Точные системы удобрения, основанные на учете агрохимических свойств почвы, обеспечили одинаковую прибавку урожайности. При их применении происходило выравнивание пространственной неоднородности агрохимических свойств почвы. Это способствовало снижению коэффициента вариации урожайности с 22 до 11 - 13%.

Заключение

Таким образом, использование точных систем удобрения на хорошо окультуренных разновидностях дерново-подзолистых почв позволяет добиваться существенной экономии ряда удобрительных средств и, как следствие, повышения отдачи них, на фоне устойчиво благоприятного состояния всей агроэкосистемы. Применение различных методических подходов к проектированию и реализации точных систем удобрения позволяет адаптировать их практически к

любым условиям ведения товарного сельскохозяйственного производства. От конкретного сочетания последних зависят достигаемые агроэкономические и агроэкологические эффекты, наиболее важные из которых сводятся к росту окупаемости удобрений, повышению и выравниванию почвенного плодородия, увеличению и стабилизации выхода доброкачественной сельскохозяйственной продукции заданных качественных характеристик.

Список использованной литературы

1. Артемьев А.А. Дифференцированное применение минеральных удобрений в системе точного земледелия / А.А. Артемьев, И.Г. Биушкин, Н.М. Марченко, Г.И. Личман, Р.А. Афанасьев // Главный агроном. – 2007. - № 2. – С. 7 – 9.
2. Афанасьев Р.А. Применение удобрений в технологиях точного земледелия / Р.А. Афанасьев // Доклады РАСХН. – 2006. - № 5. – С. 32 – 35.
3. Шпаар Д., Захаренко А., Якушев В. Точное сельское хозяйство: учебно-практическое пособие. – Санкт-Петербург – Пушкин, 2009. – 400 с.
4. Смелик В.А. Внесение минеральных удобрений в точном земледелии / В.А. Смелик, И.З. Теплинский, Н.А. Цыганова // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2012. – С. 38-40.

УДК 636.085.52

Горный А.В., к.с.-х.н., доцент,

Авраменко П.В., к.т.н., Ничипоренко А.Л., студентка

*Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСЕРВАНТА «ЛАКСИЛ» ПРИ ЗАГОТОВКЕ СИЛОСА ИЗ ТОПИНАМБУРА

Введение

Силосование является сложным микробиологическим и биохимическим процессом консервирования сочной растительной массы. Кислая реакция среды, создаваемая молочно-кислыми бактериями

является основным условием, определяющим сохранность корма. Поэтому главная задача при силосовании кормов заключается в создании оптимальных условий для их жизнедеятельности. К основным факторам, определяющим правильное течение молочно-кислого брожения, относится благоприятный химический состав исходного сырья и создание анаэробных условий.

Сокращение потерь питательных веществ при заготовке силоса остается одной из важнейших проблем. Поэтому большое значение придется использованию химических, биологических и микробиологических консервантов, способствующих снижению потерь питательных веществ в 3–5 раз, повышению выхода силоса на 15–20 %.

Одним из таких препаратов является «Лаксил» в состав, которого входят четыре штамма бактерий, характеризующиеся высокой энергией роста и активностью кислотообразования (быстрое снижение pH до 4,0 и ниже), широким спектром сбраживаемых углеводов, антагонизмом по отношению к возбудителям порчи корма (плесневым грибам, дрожжам, гнилостным микроорганизмам).

Опыты, проведенные сотрудниками Института животноводства НАН Беларуси в ряде хозяйств Минской области показали, что силос, полученный с использованием бактериального препарата «Лаксил», отличался от необработанного более высоким содержанием питательных веществ и лучшими органолептическими свойствами, поэтому охотнее поедался животными и положительно влиял на их продуктивность. При скармливании силоса, приготовленного с использованием вышеуказанного препарата, удой молока повышался на 7–10 %, а жирность молока возросла при этом на 0,1 %. Внесение бактериального препарата способствовало снижению расхода кормов на единицу продукции в 1,5 раза, в результате чего их себестоимость снизилась на 12,8 %. Затраты на приобретение и внесение консерванта окупались увеличением прибыли на голову скота на 25,3 % [1].

В ранее проведенных исследованиях было выявлено, что топинамбур в фазе цветения относится к легко силосуемым культурам [2], а силос по своей питательности и биохимическим показателям превосходит силос из кукурузы в фазе молочно-восковой спелости [3].

Цель исследований: выявить влияние биологического препарата «Лаксил» на биохимический состав и питательность силоса из топинамбура.

Основная часть

Для приготовления силоса использовали растения сорта «Интерес». Их срезали в начале октября 2012–2013 гг. После срезки надземной части листья и стебли растений измельчали на отрезки длиной 1–1,5 см. Для внесения препарата «Лаксил» использовали равномерный щелевой распылитель, через который под давлением повавали консервант из расчета 1,0 л на 15 т зеленой массы [4]. Обработка производилась по поверхности корма с дальнейшим его перемешиванием, что позволило получить неравномерность распределения консерванта менее 20 %.

После перемешивания силосуемую массу поместили в трехлитровые стеклянные банки. Приготовленную массу тщательно уплотнили и закрыли двойной полиэтиленовой крышкой. Для лучшей герметизации стыки стеклянной банки и полиэтиленовой крышки залили расплавленным парафином. После этого образцы поместили в темное прохладное помещение на два месяца для созревания. По истечении этого срока провели зоотехнический анализ хранящихся образцов. В качестве контроля взяли образцы силоса, необработанные препаратом.

Качество силос из топинамбура определили согласно СТБ-1223-2000 [5].

Содержание кормовых единиц и обменной энергии определили расчетным методом. Содержание влаги определили согласно ГОСТ 13496.3 - 92-97. Содержание сырого протеина определили согласно ГОСТ 13496.4-93 п.2. Содержание сырого жира определили согласно ГОСТ 13496.15-97. Содержание золы определили согласно ГОСТ 26226-95 п.1. Содержание кальция определили согласно ГОСТ 26570-95. Содержание фосфора оперделили согласно ГОСТ 26657 -97. Содержание клетчатки определили согласно ГОСТ 13496.5-91. *РН* (активную кислотность) определили согласно ГОСТ 26180.

Анализ биохимического состава силоса показал, что препарат

«Лаксил» оказывает определенное влияние на его качество и наличие обменной энергии. По сравнению с контрольным вариантом наличие в силосе отселектированных молочно-кислых бактерий привело к уменьшению содержания сухого вещества (на 1,2 %), клетчатки (на 2 %) и сахара (на 5 %) в одном килограмме натурального корма. В то же время при применении препарата содержание сырого протеина возросло на 11,6 %, а жира – на 31,6 %. Содержание обменной энергии в корме снизилось на 6,2 %. Особенно ощутимым оказалось изменение кислотности силоса. Под влиянием жизнедеятельности молочно-кислых бактерий кислотность силоса повысилась на 0,7 ед.

Содержание питательных веществ в 1 кг сухого вещества корма является более объективным показателем качества этого корма. При применении препарата «Лаксил» содержание кормовых единиц и обменной энергии в сухом веществе осталось на том же уровне, но по всем другим показателям наблюдалось значительное улучшение качества корма. Так, в 1 кг сухого вещества в контрольном варианте содержание сырого протеина и жира составляло только 85 % от опытного варианта. Наблюдалось также увеличение содержания минеральной части корма (*Ca*, *P*) на 9–11 % соответственно.

Результаты наших опытов показывают [2], что характерной чертой топинамбуrowого силоса является его низкая кислотность. Это обусловлено высоким содержанием сухого вещества и кальция в силосуемой массе. Согласно требованиям, предъявляемым к качеству силоса, его *pH* для большинства культур должна колебаться в пределах 3,9–4,2 [5]. Наиболее благоприятное влияние этого препарата оказалось именно в этом плане. Вторым положительным моментом применения препарата «Лаксил» является повышение содержания азотосодержащих соединений и жира в конечном продукте. При этом важно учитывать способ внесения консерванта, который влияет на неравномерность распределения консерванта в корме, а соответственно и на качество заготавливаемого корма.

На современном этапе наибольшее распространение получили два способа внесения консервантов: при уборке растительной массы кормоуборочными комбайнами и при закладке растительной

массы в траншею.

Низкая дозировка биологического консерванта «Лаксил» (2,5–4 л/т) и низкая проникающая способность консерванта по толщине слоя растительной массы, согласно исследованиям российских ученых [6] не позволяет рекомендовать его применение при закладке растительной массы в траншею. Поэтому дозировать консервант можно только в тонкий слой растительной массы на кормоуборочном комбайне.

Заключение

1. Препарат «Лаксил» оказывает благоприятное влияние на качество силоса из топинамбурового сырья. На 15 % увеличивается содержание сырого протеина и жира в сухом веществе корма и на 9–11 % – его минеральной части. Специально отселектированные молочно-кислые бактерии, содержащиеся в этом препарате, интенсифицируют процесс молочнокислой ферментации и оптимизируют его кислотность.

2. Для обеспечения эффективного применения консерванта «Лаксил» при заготовке силоса из топинамбура его необходимо вносить на кормоуборочном комбайне соответствующим оборудованием, которое должно обеспечить неравномерность менее 20 %.

Список использованной литературы

1. Романович, А.В. Экономическая эффективность применения бактериального препарата «Лаксил» при использовании травяного силоса / А.В. Романович // Агроэкономика. – 2004. – № 6, С. 20–21.
2. Горный, А.В. Технология возделывания топинамбура на семенные цели: научно-методическое пособие / А.В. Горный. – Мн., 2000. – 34 с.
3. Горный, А.В. Сравнительная характеристика силосов из листо-стебельной массы топинамбура и других кормовых культур / А.В. Горный, А.И. Ершов // Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства: материалы Междунар. науч. конф., Жодино, 18–20 февраля. 1998 г. / БелНИИЗК; редкол.: В.П. Самсонов [и др.]. – Жодино, 1998. – Т. 2. – С.138–141.

4. Препарат биологический «Лаксил» для силосования растительного сырья, в том числе трудносилосуемого / НАН Беларуси ГНУ «Институт микробиологии», ООО «Актив Биотех». – Мн., 2006. – 24 с. – (Обзорная информация).

5. Силос из кормовых растений. Общие технические условия: СТБ 1223-2000. – Введ. 22.05.2000. – Минск: Госстандарт, 2000. – 10 с.

6. Соколов, А.В. Оценка качества внесения жидкого консерванта в растительную массу / А.В. Соколов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. – № 8. – С. 27.

УДК 631.243.4

**С.В. Крылов¹, к.т.н., доцент, И.И. Гируцкий¹, д.т.н., В.В. Носко¹,
ст. преподаватель, А.А. Жур¹, ст. преподаватель, В.В. Маркевич¹,
ст. преподаватель, Л.А. Абрамчик¹, ст. преподаватель,**

О.А. Кислый² О.А., н.с., В.Ф. Марышев²

*¹БГАТУ, г. Минск, РБ, ²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства», г. Минск, РБ*

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Введение

Поддержка государством позволила в основном отказаться от хранения картофеля в буртах за довольно незначительный промежуток времени, что привело к определённым проблемам в технологии хранения картофеля в хранилищах.

Основная часть

Хранение картофеля организуется либо в зданиях реконструированных под картофелехранилища, либо в специальных вновь построенных под картофелехранилища. Как правило, реконструкция здания под картофелехранилище выполнялась по проекту. Проектные решения находятся разработчиками согласно той технологии и оборудования хранения картофеля, которую представ-

ляют специальные фирмы и организации. Общего решения, которое удовлетворяло бы всех разработчиков технологии и оборудования для хранения картофеля в настоящий момент не существует.

В Республике Беларусь есть действующий нормативный документ «Здания и помещения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Строительные нормы проектирования ТКП 45-3.02-143-2009» (02250) [1] в котором представлен расчёт системы распределения воздуха при закромном и навалном хранении картофеля. Как продемонстрировано в работе [2] этим расчётом нельзя пользоваться. Поэтому не возможно по данному документу правильно организовать технологию хранения. Это объясняет, почему даже специальные проектные организации не дают своих технологических решений, а пользуются решениями предлагаемыми разработчиками оборудования. К сожалению, есть примеры, где специализированные проектные организации реализовали самостоятельные решения, но они выполнены с такими грубыми технологическими ошибками, исправление которых требует значительных затрат.

Поэтому первая проблема это отсутствие общепринятой методики технологических решений при проектировании картофелехранилищ.

Закладка на хранение картофеля осуществляется специализированным оборудованием с применением значительного количества работников, так картофель закладываемый на хранение должен соответствовать ГОСТ 7176-85 «Картофель свежий продовольственный, заготовленный и поставляемый. Технические условия». Как показывает практика, если заготавливаемый картофель не будет соответствовать выше названному документу, то это приведёт к почти полному уничтожению хранимого картофеля, при любом технологическом и техническом решении выполненном как на отечественном, так и на зарубежном оборудовании.

В будущем для решения поставленной проблемы возможно использование робототехники, что снизит количество рабочих занятых сортировкой картофеля. Возможно, что с помощью той же робототехники появится возможность изымать из хранения

картофель который начал гнить, тем самым пресекая распространение массовой гнили картофеля.

Третья проблема - это поставка зарубежного оборудования, которая приводит к прямой зависимости наших сельхозпредприятий от поставок зарубежных запчастей, в том числе и самую дорогую зависимость интеллектуальную в основе которой лежат как технологические решения так и программное обеспечение. Эта проблема видна на примере общепризнанных мировых фирм такими как Tolsma, Gaugele GmbH и др..

Но, существует и четвертая проблема описанная в работе [3], когда отечественные фирмы сбывая зарубежные вентиляторы с целью получения прибыли допускают грубые нарушения при комплектации оборудовании и систем управления. Эта четвертая проблема не качественного исполнения как технологических так технических решений приводит к значительным потерям при хранении.

Пятая проблема - это проблема оценки эффективности применяемого оборудования в картофелехранилище, она частично разобрана в работах [4,5]. Это оценки энергетической эффективности применяемого оборудования основанная на применении коэффициента энергетической эффективности (e) [4], для картофелехранилищ $e=7,87$, т.е. затрачиваемая энергия на создание микроклимата позволяет увеличить сохранённую энергию картофеля в восемь раз. Традиционная экономическая оценка изобилует множеством различных недостатков, поэтому в работе [5] предложена оценка экономической эффективности на основании срока окупаемости абсолютных капиталовложений (T_{ϕ} , лет) которую предлагается вычислять по следующей формуле

$$T_{\phi} = \frac{\alpha \frac{\hat{A}_a}{\hat{A}_0}}{\frac{\hat{A}_a}{\hat{A}_0} (r + a) \left[\frac{1 - \beta_2}{1 - \beta_1} - \alpha \right] + ЦБ_0 \left[\frac{\beta_1(1 - \beta_2)}{(1 - \beta_1)} - \beta_2 \right]},$$

где $\alpha = \frac{\hat{A}_1}{\hat{A}_a}$.

B_n – балансовая цена нового оборудования, млн. руб.;

B_6 – балансовая цена базового оборудования, млн. руб.;

B_0 – масса картофеля заложенного на хранение, т;

r, a – коэффициенты отчислений на техническое обслуживание и ремонт и на амортизацию;

β_1, β_2 – относительные коэффициенты потери массы картофеля при хранении в базовом и новом варианте;

Π – стоимость единицы массы продукции, млн. руб./т.

Вычисленный по этой формуле срок окупаемости абсолютных капиталовложений при снижении потерь картофеля на 10% будет равен 7 годам, при условии что стоимость нового оборудования превышает стоимость базового в шесть раз.

Представленная информация в работах [4,5] демонстрирует эффективность применения системы микроклимата. Особенно в данный период времени, когда стоимость энергии значительно возрастает. Поэтому необходимо отказаться от валового подхода к производству продукции, а сосредоточиться на его качестве.

Заключение

Представленный перечень проблем с которым сталкивается наше сельское хозяйство демонстрирует, что они могут быть решены в значительной мере правильными административными мерами.

Научные и методические разработки требуют для их успешного завершения в ближайшем будущем лишь финансовой поддержки со стороны государства.

Список использованной литературы

1 Здания и помещения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Строительные нормы проектирования. ТКП 45-3.02-143-2009 (02250).

2 Крылов, С.В. Проблемы расчёта напольного воздуховода в картофелехранилищах./С.В. Крылов [и др.]// Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. в 2-х т./ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». - Минск, 2013. вып. 48. –т.1. –С. 205-209.

3 Крылов, С.В. Сравнение отечественного программно-аппаратного комплекса по созданию микроклимата с аналогичными комплексами, используемыми в хозяйствах республики Беларусь./С.В. Крылов [и др.]/ Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. материалы междунар. научно-практич. конф., - Минск, БГАТУ, 2013 – С.292-295.

4 Крылов, С.В. Отечественный комплекс оборудования для обеспечения микроклимата в картофелехранилищах и его энерго-оценка /С.В. Крылов [и др.]/ Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. материалы междунар. научно-практич. конф., - Минск, БГАТУ, 2013 – С.292-295.

5 Крылов, С.В. Оценка экономической эффективности применения новой техники при замене или модернизации стационарного оборудования (на примере картофелехранилища)/ С.В. Крылов [и др.]/ Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. в 2-х ч./ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». - Минск, 2011. вып. 45. –Т.1. – С. 254-261.

УДК 631.331.022

Б.Х. Ахалая¹, к.т.н., В.А. Колос¹, к.т.н.,

В.Б. Ловкис², к.т.н., доцент, Н.Д. Лепешкин³, к.т.н., доцент

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства», г. Москва, Россия, ²БГАТУ, г. Минск, РБ, ³РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, РБ

К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ И ЭНЕРГОЕМКОСТИ СОВМЕЩЕННОГО ПОСЕВА

Введение

Совмещенные (бинарные, смешанные) посевы размещают в полевых, кормовых и других специализированных севооборотах на полях, предназначенных для силосных культур, или на постоянных участках вблизи животноводческих ферм и силосных сооружений, с учетом засоренности полей и количества вносимых в предшествующие годы гербицидов. Компонентами для этих посевов могут

стать злаковые, бобовые и пропашные культуры. Технологии совмещенного посева, обеспечивающие максимальную всхожесть и дружное прорастание посевного материала без угнетения растениями друг друга в ходе вегетации, повышают количественные и качественные показатели урожая и, по сравнению с традиционными технологиями, лучше вписываются в концепцию ресурсо- и энергосбережения при производстве сельскохозяйственной продукции [1, 2].

Основная часть

При правильном выполнении совмещенного посева семена обеих культур должны располагаться в одном рядке с равномерным чередованием и шагом, обусловленным требуемыми количественными диапазонами высеваемых семян, при повреждаемости не более 0,5% и разной глубине заделки в почву, соответствующей агротехническим требованиям для каждой из них. При использовании для совмещенного посева двух культур существующих сеялок выполнение указанных требований не может быть гарантировано из-за конструктивных несоответствий и недостатков высевających аппаратов.

Цель данной работы состояла в их анализе и обосновании технических решений по совершенствованию аппаратов с реализацией в экспериментальном образце. Для этого были проведены лабораторные исследования высевającego аппарата промышленной сеялки СУПН-8, на основании которых внесены необходимые изменения в его конструкцию для обеспечения качественных показателей работы сеялки совмещенного посева.

Усовершенствованный аппарат (рисунок 1) состоит из семенного бункера 1, разделенного перегородкой 2 на две части, воздуховода 3, вентилятора (не показан), дугообразной камеры разрежения 4 со щелями 5 по бокам. Высевající диск со ступицей 6, на которой крепятся две круглые пластины 7 с отверстиями 8, установлен на оси 9 вместе с приводной звездочкой 10. Аппарат снабжен двумя патрубками 11 подвода воздуха с углом рассева 100-120°, расположенными ниже отверстий 8 в верхней части пластин 7 высевającego диска. Отверстия соседних пластин выполнены соосно, а расстояние между пластинами больше ширины камеры разрежения.

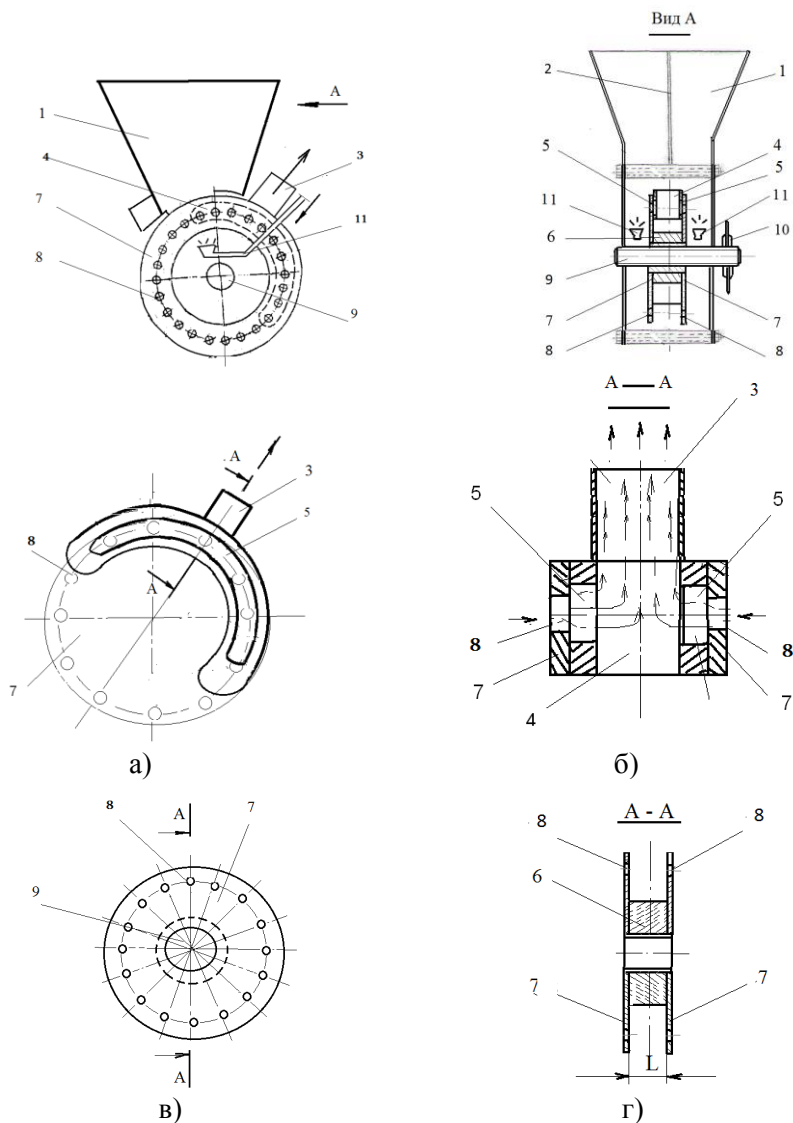


Рисунок 1 – Пневматический высевальной аппарат

а) камера разрезания; б) разрез по А-А;

в) высевальной диск; г) разрез по А-А

Высевающий аппарат работает следующим образом. Семена из двух частей семенного бункера самотеком поступают к отверстиям с внешней стороны пластин. Вентилятор создает вакуум в камере разрежения и подает воздух в патрубки. Благодаря дугообразной форме камеры разрежения, семена двух культур через щели присасываются к отверстиям пластин. Не присосавшиеся семена двигаются вертикально вниз, где на них воздействует воздушный поток из патрубков подвода воздуха, удерживая во взвешенном состоянии в зоне отверстий в верхней части пластин и одновременно удаляя лишние семена, присосавшиеся к отверстиям. При выходе высевающего диска за пределы зоны действия камеры разрежения семена, оставшиеся в отверстиях в нижней части пластин, падают на дно борозды под действием собственного веса. На предлагаемую конструкцию высевающего аппарата подана заявка на изобретение № 2014142194 от 21.10.2014г.

Шаг высева семян каждой культуры изменяется с помощью накладок (на рисунке не показаны), перекрывающих ячейки диска. Патрубки подвода воздуха исключают применение ворошилок, снижая механическую повреждаемость семян. В аппарате установлено по одной цепной передаче, высевающему диску и камере разрежения, вместо двух, поэтому значительно снижена его материалоемкость и повышена эксплуатационная надежность. Лабораторные испытания показали, что выполняемый аппаратом процесс отвечает требованиям высева семян по повреждаемости, чередованию, шагу и глубине заделки, создавая условия для высокой полевой всхожести и, как следствие, роста урожайности на 10-15% по сравнению с процессом, осуществляемым обычной сеялкой.

Заключение

Сеялки, оснащенные новым высевающим аппаратом, позволят обеспечить широкомасштабное распространение совмещенного посева двух различных культур. Сокращение числа проходов посевного агрегата по полю, минимизация расхода ГСМ и объемов применяемых удобрений и ядохимикатов, повышение урожайности каждой культуры обеспечит снижение энергоемкости продукции в полном жизненном цикле производственных ресурсов по сравнению с обычным посевом.

Список использованной литературы

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Использование ресурсосберегающих биоактивных технологических процессов обработки почвы в интеллектуальных машинных технологиях // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ФГБНУ ВИМ, 2014. – С. 16-20.
2. Ахалая Б.Х., Сизов О.А. Бинарные посевы кормовых культур и их энергоэффективность // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИЭСХ, 2014. – С. 192-194.

СЕКЦИЯ 4
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

УДК 621.565

Д.Ф. Кольга, к.т.н., доцент, Ф.Д. Сапожников, к.т.н., доцент,
Г.Г. Тычина, к.т.н., В.М. Колончук, ст. преподаватель,
Э.В. Колодько, ассистент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ
УСТАНОВОК**

Введение

В статье рассмотрены вопросы применения в холодильных установках различных типов регуляторов давления, позволяющих повысить их эффективность работы.

В настоящее время в республике комплектующие агрегаты и узлы холодильных установок завозятся из заграницы. Многими организациями, в том числе и райагросервисами производится их сборка. В качестве приборов автоматики используются терморегулирующие вентили, реле давления реле температуры и соленоидные вентили, что явно не достаточно для оптимальной работы холодильных установок. Особенно при изменяющихся условиях их эксплуатации.

Основная часть

Холодильная машина, являясь комплексом элементов, осуществляющих холодильный цикл, имеет ряд особенностей. Производительности компрессора и испарителя должны быть одинаковыми, конденсатора – строго соответствовать им.

Если холодильная машина работает при заданных температурном и холодильном режиме и холодопроизводительности, то соответствие между ее элементами определяется степенью приближе-

ния машины к действительным значениям производительности компрессора, конденсатора, испарителя. Однако температурный режим работы машины изменяется и холодопроизводительность ее даже при постоянной температуре в помещении зависит от температуры наружного воздуха, характера процесса охлаждения, неравномерности тепловой загрузки и других факторов.

Режим работы компрессора и регулирующего устройства должны соответствовать определенным условиям всасывания и нагнетания, при которых компрессор отсасывает из испарителя некоторое количество хладагента, соответствующее количеству поступающему через регулирующее устройство в испаритель. Состояние неуравновешенности потока на участке между этими двумя элементами холодильной машины должно быть только временным.

Для обеспечения стабильности работы холодильных установок и повышение эксплуатационной надежности используют регуляторы давления всасывания типа KVL, которые устанавливаются перед компрессором.

Регулятор давления всасывания (KVL) – это устройство для поддержания давления на входе в компрессор ниже максимального значения. Он поддерживает данный предел независимо от того, какое давление в испарителе в результате увеличения нагрузки. По данной причине регулятор давления всасывания часто называют регулятором давления в картере. Он защищает двигатель компрессора от перегрузок во время пуска после длительных простоев или циклов оттаивания (при высоком давлении в испарителе), от чрезмерного высокого давления газа во всасываемой магистрали. Это позволяет избежать защитного отключения компрессора автоматом защиты или встроенным тепловым реле и установкой дополнительного вентилятора для охлаждения компрессора, повышенного потребления компрессором электроэнергии и высоких значениях рабочего тока. Регулятор давления в картере компрессора KVL применяется в холодильных установках с энергооптимизированными компрессорами; в установках, работающих в режиме охлаждения с интенсивной начальной нагрузкой; в случае подключения холодильной установки к электросети ограниченной мощности.

На рис. 1 представлена схема регулятора KVL.

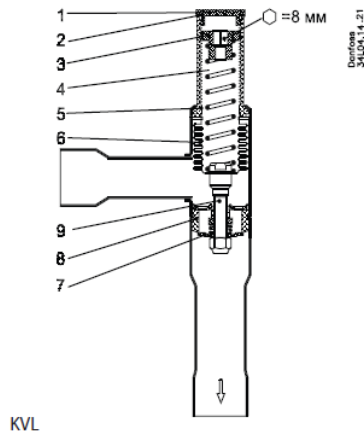


Рис. 1 Схема регулятора KVL

1 - защитный колпачок, 2 - прокладка, 3 - регулировочный винт, 4 - основная пружина, 5 - корпус клапана, 6- управляющий сильфон, 7 - пластина клапана, 8 - посадочное седло, 9 - демпфирующее устройство

Регулятор давления всасывания KVL реагирует на изменения давления на выходе. Входной штуцер регулятора соединен с всасывающим трубопроводом, а выходной – с всасывающим клапаном компрессора. Как показано на рис. 1 давление в картере действует на основание штока (диска седла). Данная сила всегда закрывает клапан. Ей противостоит сила пружины заданного значения. Следовательно, увеличение силы пружины увеличивает рабочее давление клапана и максимальное давление в картере. Входное давление (давление всасывания) одновременно действует на нижнюю сторону мембраны и верхнюю часть штока клапана. Так как эффективная площадь мембраны равна эффективной площади штока, влияние входного давления нейтрализуется и не мешает работе клапана.

При давлении в картере ниже максимального клапан открыт. При предельной нагрузке клапан открыт на 100%, не если давление в картере выше максимального, клапан закрывается. Это уменьшает поток хладагента в компрессор, ограничивая давление в картере. При падении давления на выходе ниже максимального, клапан открывается, увеличивая поток хладагента в компрессор [1].

При изготовлении молокоохладительных установок большой емкости устанавливают несколько испарителей. Для равномерного охлаждения молока с запаралельными испарителями и общим компрессором в линии всасывания, устанавливают регулятор KVP. Регулятор давления KVP в испарителе – это устройство, которое препятствует падению давления в испарителе ниже определенного значения. Данное значение поддерживается независимо от того, насколько понизилось давление во всасывающем трубопроводе из-за компрессора. Регулятор давления в испарителе используется в установках, где давление в испарителе или температура должна быть выше минимального значения. Они широко используются с водой и рассолом для предотвращения замораживания при низкой температуре.

Если необходимо, чтобы холодильная система работала должным образом и с нужной производительностью, температура конденсации должна быть в определенном диапазоне. Высокая температура и давление конденсации вызывают потери производительности компрессора. Они также вызывают перегрев компрессора, чрезмерное потребление мощности и, в некоторых случаях, перегрузку двигателя компрессора. Проблемы возникают также при работе конденсатора с низкой температурой конденсации.

Низкое давление конденсации уменьшает разницу давлений, уменьшает интенсивность потока хладагента. Следовательно, в испаритель поступает мало хладагента, и производительность системы понижается. Отказ поддерживать достаточное давление конденсации также приводит к низкому давлению всасывания и обледенению испарителя. Низкая температура конденсации возникает из-за низкой температуры окружающей среды или небольшой нагрузки. Проблема низкой температуры конденсации наиболее остра в холодные месяцы, когда температура окружающей среды и нагрузка ниже необходимой. Для поддержания температуры конденсации на достаточно высоком уровне между конденсатором с воздушным охлаждением и ресивером устанавливается регулятор давления типа KVR. Когда давление на входе KVR (давление конденсации) возрастает он открывается.

В комплекте с клапаном NRD регулятор KVR обеспечивает достаточно высокое давление жидкости в ресивере при любых изменениях условий эксплуатации рис. 2 [2].

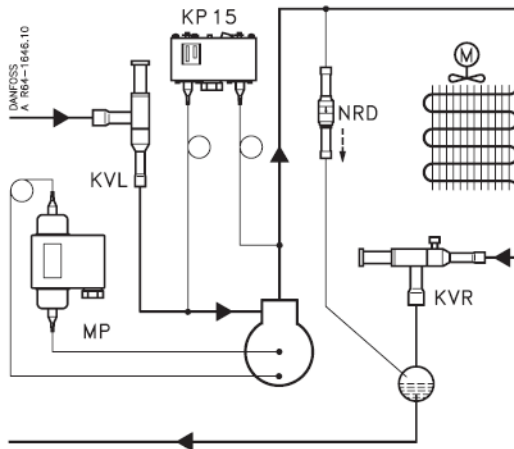


Рис. 2 Схема расположения в холодильной установке регуляторов давления

Регуляторы KVR используются также в системах с регенерацией тепла. В этом случае регулятор KVR устанавливают между теплообменником-утилизатором и конденсатором. Во избежание заброса жидкости в конденсатор, между конденсатором и ресивером монтируется обратный клапан NRV.

Заключение

Применение регуляторов давления KVL, KVP, KVR позволит сократить потребление энергии компрессором, обеспечить эффективную работу холодильной установки в условиях изменяющих режимы ее работы.

Список использованной литературы

1. Р.Д. Доссай, Д.Т. Хоран. Основы холодильной техники. Техносфера М. 2008.
2. Руководство для монтажников. ООО «Данфосс», 2010.

УДК 636.058

А.В. Китун, д.т.н., профессор, Н.В. Мишота, студент
Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республики Беларусь

ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРМОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕПАРАТОРА К ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЮ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПА

Введение

Измельчитель-смеситель предназначен для смешивания грубых кормовлюбой влажности и доизмельчения других компонентов и их смешивания для приготовления полноценных смесей в кормоцехах и в кормоприготовительных отделениях.

Недостатком данного измельчителя является то, что загруженная в камеру масса измельчается до размеров, не соответствующих требованию для закладки ее на хранения, это происходит за счет того что мало ножей и противорезов.

Для того, что бы улучшить конструкцию измельчителя-смесителя кормов, с целью повышения качества измельчения и снижения энергоемкости при повышении производительности, предлагается новая конструктивная схема измельчающего аппарата к измельчителю-смесителю вертикального типа.

Основная часть

Корма следует скормливать в виде смесей, представляющих собой однородную массу. Влажность кормов при длительном хранении не должна превышать 15...17%, а влажность кормовых смесей при скормливании должна быть не более 60% для КРС, свиней — 65...75% и птицы — 45...55%.

Отклонения при дозировании компонентов от количества корма по массе допускаются в следующих пределах: комбикормов и концентрированных кормов $\pm 1,5\%$; сочных кормов $\pm 3,5\%$; жидких кормов и воды $\pm 2,5\%$; минеральных добавок $\pm 1,0\%$.

В соответствии с зоотехническими требованиями при подготовке кормов к скормливанию их подвергают:

- очистке от земли, камней и семян сорных растений на

зерноочистительных машинах (сепараторах и др.), а от металлических примесей на магнитных сепараторах;

- измельчению до размера частиц заданной крупности на дробилках, мельницах или плющилках;

- дозированию и смешиванию кормовых компонентов в однородную смесь по заданным рецептам на дозаторах и смесителях или универсальных комбикормовых агрегатах;

- прессованию кормовых смесей — гранулированию или брикетированию на прессах — грануляторах или брикетных прессах (при длительном хранении).

Обычно на откормочных фермах КРС применяется кормление в виде кормосмесей.

Кормосмесь приготавливается в кормоцехе и с помощью кормораздатчика транспортируется на ферму и там выгружается в кормушки.

Стандартная технология приготовления кормосмесей предусматривает приготовление полнорационных влажных смесей из имеющегося в хозяйстве набора кормов: силоса, сенажа, корнеклубнеплодов, комбикорма и грубых (соломы) кормов.

В соответствии с зоотехническими требованиями каждый вид корма приводят в состояние, обеспечивающее наилучший эффект при его скармливании сельскохозяйственным животным. Для выполнения данного процесса используется измельчитель-смеситель кормов ИСК-3.

Машина ИСК-3 состоит: из рамы 1 (рисунок 1), ножевого ротора 7, в верхнем ярусе ротора установлен диск 15, на котором закреплены сегментные ножи 16, приемной I, рабочей II и выгрузной III камер, расположенных одна над другой, пакетов противорезов, зубчатых дек 3, электродвигателя 9 и клиноременной передачи 13, снабжённой натяжным устройством 14. Для введения в обрабатываемую массу жидких добавок предусмотрено две форсунки 4 и 6 на приёмной и на выгрузной камерах. Приёмная и рабочая камеры соединены откидными креплениями. В стенках рабочей камеры имеется шесть окон, в которых устанавливают пакеты ножей - противорезов 8 и зубчатые деки 3. Окна закрывают с наружной стороны кожухами 5.

Измельчитель ИСК-3 (рисунок 1) работает следующим образом.

Корм подаётся в рабочую камеру, где измельчается ножами

верхнего яруса ротора 7 и противорезами 8, смешивается и по спирали опускается вниз, попадая под действие ножей и противорезов нижних ярусов. Компоненты корма под действием рабочих органов ротора и зубчатых дек интенсивно перемешиваются, доизмельчаются и превращаются в однородную кормовую смесь. Готовая кормовая смесь швырлялкой 2 направляется к выгрузному транспортёру непосредственно для скормливания скоту или в технологическую линию для дальнейшей обработки.

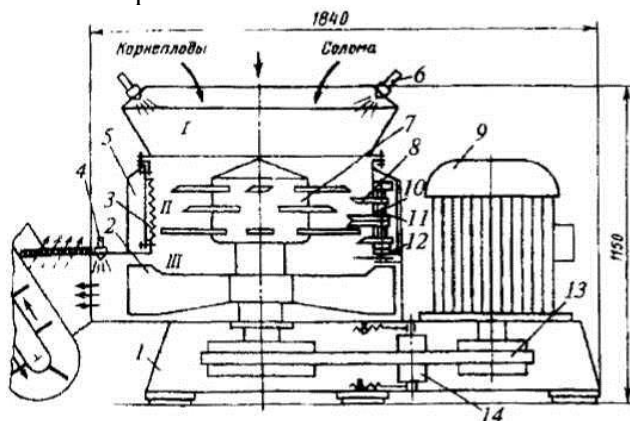


Рисунок 1. Технологическая схема измельчителя-смесителя кормов ИСК-3М:

- 1 – рама; 2 – швырлялка; 3 – зубчатая дека; 4 – форсунка (в выгрузной камере);
5 – кожух; 6 – форсунка (в приемной камере); 7 – ротор с ножами; 8 – нож противореза; 9 – электродвигатель; 10 – основание (для пакета ножей противореза); 11 – вал; 12 – шиббер; 13 – клиноременный привод; 14 – натяжное устройство; 15 – диск; 16 – сегмент; I, II, III – приемная, рабочая (измельчение и смешивания) и выгрузная камеры.

Таким образом, в рабочей камере совмещены и выполняются операции частичного измельчения и распределения кормов, грубое их измельчения и распределение по объему камеры, что позволяет равномерно распределить нагрузки на вал, снизить энергоемкость процесса измельчения и получить при минимальных энергозатратах необходимую крупность частиц корма.

Под действием гравитационных сил распределенная масса увеличивает нагрузку на нижний ярус ножей, что уменьшает эксплуатационную надежность.

Загруженная в камеру масса частично измельчается, распределяется по камере и поступает в зону резания. При этом за счет различного количества ножей и по высоте вала происходит вначале грубое, а затем тонкое измельчение всей массы. В результате обеспечиваются высокое качество и низкая энергоемкость процесса.

С целью повышения качества измельчения и снижения энергоемкости при повышении производительности предлагается модернизация машины. В корпусе под последним ярусом ножей жестко установлен диск 11 с размещенными на нем отверстиями сегментной формы (рис 2). Отверстия в диске выполнены так, что они выполняют роль противореза нижнего яруса ножей. При работе корм попадает на диск, и перемещаясь по диску попадает в исключительную зону резания ножей и противореза, что и дает возможность измельчать корма с высоким качеством питательных свойств.

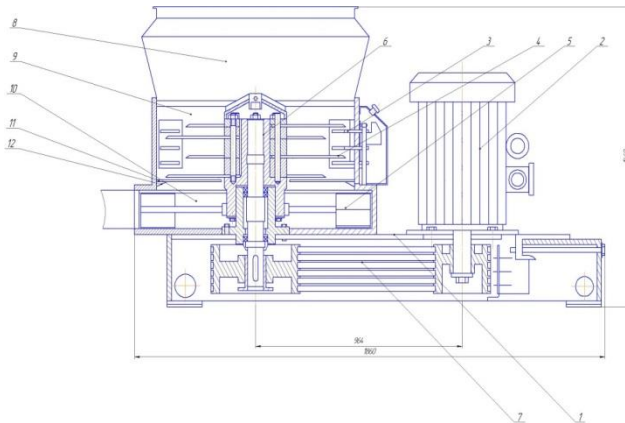


Рисунок 2. Схема модернизируемого измельчителя-смесителя кормов ИСК-3М:

1-рама; 2-электродвигатель; 3-нож противореза; 4-нож; 5-швырляка; 6-ротор; 7-клиноременный привод; 8-приемная камера; 9-рабочая камера; 10-выгрузная камера; 11-диск; 12-кронштейн.

Важным показателем характеризующий эффективность использования измельчителя-смесителя является мощность машины.

Мощность машины можно рассчитать по формуле:

$$N = V^2 Q_{p1}; \quad (1)$$

где V^2 - скорость движения корма по диску м/с;

Q_{p1} - пропускная способность машины, кг/с.

Тогда пропускную способность в общем виде можно рассчитать по формуле:

$$Q_{p1} = S_{сеч} \rho V_{пр} Z_{отв} \quad (2)$$

где $S_{сеч}$ - площадь сепарирующей поверхности, м²;

ρ - плотность корма, кг/м³;

$V_{пр}$ - скорость прохождения измельченного продукта через отверстие в диске м/с;

$Z_{отв}$ - число отверстий сегментной формы выполненных в диске, шт;

Из формулы (1) видно, что пропускная способность зависит от площади сепарирующей поверхности диска и скорости продвижения измельченного продукта через отверстие в сегментной формы.

Определить скорость прохождения измельчаемого продукта через отверстие сегментной формы можно определить по формуле:

$$V_{абс} = \sqrt{V_{окр}^2 + V_{отн}^2} \quad (3)$$

где $V_{окр}$ - окружная скорость корма, мин⁻¹.

Принимаем $V_{окр} = V_{нож}$;

$V_{нож}$ - окружная скорость ножей, мин⁻¹.

Относительную скорость определим по формуле:

$$V_{отн}^2 = f \Delta h_p g,$$

где f - коэффициент трение корма;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

Δh_p - толщина диска, м.

Подставив в формулу (2) значение формулы (3) определим абсолютную скорость движения частицы через отверстие диска:

$$V_{абс} = \sqrt{V_{окр}^2 + f \Delta h_p g}.$$

Тогда, пропускную способность диска можно определить по формуле:

$$Q_{p1} = S_{\text{сеч}} \rho Z_{\text{отв}} \sqrt{V_{\text{окр}}^2 + f \Delta h_p g}.$$

При максимальном возможном площади диска $S_{\text{сеч}}$, площадь его живого сечения зависит от отверстий и их числа, приходящихся на единицу поверхности.

С целью увеличения пропускной способности следует выбирать наибольший диаметр отверстия сегментной формы. Увеличение диаметра отверстие снижает затраты энергии на выполняемый процесс. Однако увеличение этого параметра решета влечет за собой рост крупности измельчаемого материала, что при определенных условиях лишает смысла эксплуатацию измельчителя-смесителя. Диаметр отверстий в диске следует выбирать в зависимости от требований к конечному продукту. Максимальное их число в единице площади определяется конструктивно, с учетом прочности диска.

Площадь поверхности диска $S_{\text{сеч}}$ в общем виде, можно определить по формуле:

$$S_{\text{сеч}} = \frac{2\pi(R^2 - r^2)a}{360},$$

где a - угол дуги сектора отверстий сегментной формы, град;

R - верхний радиус отверстия сегментной формы, м;

r - нижний радиус отверстия сегментной формы, м.

Число отверстий выполненных определяется по формуле:

$$Z_{\text{отв}} = \frac{S_{\text{сеч}}}{\pi d_{\text{отв}}^2} = \frac{R_{\text{к}}}{S_{\text{общ}} - S_{\text{сеч}}} \frac{a_1}{360},$$

где a_1 - угол между смежными секторами, град;

$R_{\text{к}}$ - радиус рабочей камеры, м;

$S_{\text{общ}}$ - общая площадь диска, м².

Площадь диска можно определить по формуле:

$$S_{\text{общ}} = \frac{\pi R_{\text{к}}^2}{4}.$$

Тогда производительность измельчителя-смесителя с установленным диском определяется по формуле:

$$Q_{p1} = \frac{2\pi(R^2 - r^2)a}{360} \sqrt{V_{\text{окр}}^2 + f \Delta h_p g \rho} \left(\frac{R_k}{S_{\text{общ}} - S_{\text{сеч}}} \frac{a_1}{360} \right);$$

Следовательно мощность машины будет равна:

$$N = V^2 \frac{2\pi(R^2 - r^2)a}{360} \sqrt{V_{\text{окр}}^2 + f \Delta h_p g \rho} \left(\frac{R_k}{S_{\text{общ}} - S_{\text{сеч}}} \frac{a_1}{360} \right).$$

Таким образом мощность измельчителя-смесителя в установленном режиме работы зависит от ряда факторов. Так, с положительным увеличением отношения геометрических размеров рабочей камеры и ротора измельчителя производительность будет возрастать. Предложенное техническое решение может быть реализовано при подготовке кормосмесей в машинах вертикального типа.

Список использованной литературы

1. Совершенствование измельчителя-смесителя ИСК-3 для измельчения зеленой массы на корм свиньям: диссертация/ сост. А.В. Китун. – Минск: БГАТУ, 1991.
2. Методические указания по преддипломной практике студентов по курсу "Механизация животноводческих ферм" — Мн, БИМСХ, 1984.
3. Агеев Л.Е., Квашенников В.И., Мельников С.В. и др. Эксплуатация технологического оборудования животноводческих ферм и комплексов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1992. — с. 367.

УДК 354.017

А.В. Китун, д.т.н., профессор, П.А. Шило, студент

*Учреждение образования Белорусский государственный аграрный
технический университет, г. Минск, Республика Беларусь*

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОРМОСМЕСИ В СМЕСИТЕЛЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПА

Введение

Для раздачи кормов на свиноводческой ферме используют смеситель-раздатчик РС-5. Серийная машина содержит цилиндриче-

ский бункер, внутри которого установлен смешивающий шнек ленточного типа.

Для раздачи кормов на данной машине установлены выгрузные шнеки, при перемещении кормов которыми затрачивается дополнительная энергия.

Кормораздатчик-смеситель содержит цилиндрический бункер, установленный на самоходной тележке вдоль ее направления движения. Внутри бункера на одном валу закреплены ленточные шнеки и выгрузные крыльчатки, которые размещены в одной плоскости с выгрузными отверстиями и лотками. Каждая выгрузная крыльчатка выполнена в виде расположенных под углом к плоскости вращения лопастей многозаходного шнека. Выгрузные крыльчатки имеют общую обечайку и закреплены между смежными краями ленточных шнеков. Лопасти последних и лопасти крыльчаток выполнены соответственно с встречно и противоположно направленными навивками. Смежные торцы лопастей совмещены с образованием лопастей V-образной формы. Обечайка связана с валом при помощи стоек. Выгрузные отверстия перекрыты заслонками.

Кормораздатчик-смеситель работает следующим образом. Загруженные в бункер корма под действием ленточных шнеков движутся к центру, где под действием лопастей выгрузных крыльчаток они изменяют направление своего движения. При этом в потоке кормов возникают разрывы, способствующие завихрению кормовых компонентов, что существенно повышает качество их смешивания. Одновременно крыльчатки осуществляют равномерную выгрузку кормов через лотки в двухсторонние кормушки.

Основная часть

С целью снижения затрат энергии на процесс выдачи кормов и повышения качества смешивания, предлагается модернизировать данную машину.

А именно, установить внутри бункера на одном валу ленточные шнеки, и выгрузные крыльчатки в виде лопастей многозаходного шнека. Направляемые ленточными шнеками к центру бункера потоки кормов под воздействием выгрузных крыльчаток, лопасти которых имеют встречное направление навивки, относительно шнеков, изменяют направление своего движения и завихряются,

интенсивно перемешиваясь. При этом крыльчатки равномерно выгружают корма в двухсторонние кормушки через лотки.

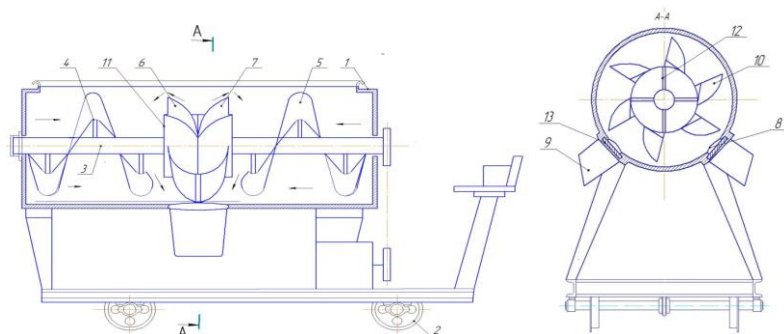


Рисунок 1. Смеситель-раздатчик РС-5

1-бункер; 2-самоходная тележка; 3-вал; 4, 5-ленточные шнеки; 6, 7- крыльчатки; 8-выгрузное отверстие; 9-лоток; 10-лопости; 11-обечайка; 12-стойка; 13-заслонка

Предложенная конструкция машины позволяет исключить шнеки. За счет того, что ленточные шнеки и крыльчатки обечайки установлены около внутренних стенок бункера, тем самым встречные потоки создают область повышенного давления в этой части бункера. В то же время, в зоне вала образуется область с пониженным давлением.

Поскольку область высокого давления ограничена внутренней стенкой бункера, то встречные потоки, внедряясь друг в друга, так же интенсивно перемешиваются и вместе с тем изменяют направление своего движения от внутренних стенок бункера к валу. Следовательно, в зоне выгрузного окна давление возрастает, и объем выдаваемого корма увеличивается.

Важным, принципиально новым элементом является обечайка с установленными на ней лопастями. Характеристикой которых оказывает влияние на энергозатраты процесса является угол подъема лопасти.

При определении данного параметра рассмотрим винтовую поверхность шнека и действующие на неё силы при перемещении кормов.

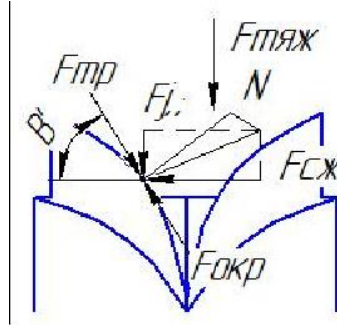


Рисунок 2. Схема для определения угла подъема винтовой линии шнека.

Уравнение равновесия частицы корма на поверхности витка шнека будет иметь вид:

$$F_{окр} - F_{тр} = 0 . \quad (1)$$

где $F_{окр}$ – окружное усилие, Н;

$F_{тр}$ – сила трения, Н.

Величина окружного усилия на частицу корма со стороны витка шнека зависит от его частоты вращения $\omega_{ш}$, массы частицы корма, находящейся на плоскости витка шнека $m_в$ и радиуса приложения окружного усилия $r_{ш} = (0,7 \div 0,8) D_{ш} / 2$:

$$F_{окр} = r_{ш} m_в \omega_{ш}^2 , \quad (2)$$

где $m_в$ – масса корма, находящегося на плоскости витка шнека, кг.

Перемещению корма по витку шнека препятствует сила трения, которую можно определить по формуле

$$F_{тр} = N f_{доб} , \quad (3)$$

где $f_{доб}$ – коэффициент трения высокоэнергетических кормов по металлу, $f_{доб} = \tan \varphi_{тр}$;

N – нормальная сила, Н. Являются проекцией действуют силы обжатия корма $F_{обж}$ и сжатия $F_{сж}$ корма:

$$N^2 = (F_{обж}^2 + F_{сж}^2) \cos \varphi_{тр} , \quad (4)$$

$\varphi_{тр}$ – угол трения, град.

При перемещении витком шнека корма сжимаются от действия сил $F_{обж}$ и $F_{сж}$ до величины $h_{сж}$. Относительное сжатие $\varepsilon_{сж}$ можно выразить через относительную деформацию:

$$\varepsilon_{сж} = \mu \frac{h_{сж}}{h}, \quad (5)$$

где μ – коэффициент Пуассона.

Силу сжатия можно определить по формуле

$$F_{сж} = \frac{E}{h} \operatorname{tg} \beta^1 \int_0^{h_{сж}} h_{сж} dh_{сж} = \frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{h} \operatorname{tg} \beta^1. \quad (6)$$

Силу обжатия корма можно определить по формуле

$$F_{обж} = \mu \frac{E}{h} \int_0^{h_{сж}} h_{сж} dh_{сж} = \mu \frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{h}, \quad (7)$$

где E – модуль деформации корма, Н/м².

Силу трения после определения составляющих определим по формуле

$$F_{тр} = \sqrt{\left(\frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{h} \operatorname{tg} \beta^1 \right)^2 + \left(\mu \frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{h} \right)^2} \sin \varphi_{тр}. \quad (8)$$

В уравнение (4.48) подставим составляющие сил и определим угол подъёма витка шнека:

$$r_{ш} m_{в} \omega_{ш}^2 - \sqrt{\left(\frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{h} \operatorname{tg} \beta^1 \right)^2 + \left(\mu \frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{h} \right)^2} \sin \varphi_{тр} = 0.$$

Откуда:

$$\beta' = \arctg \left(\sqrt{\frac{r_{ш} m_{в} \omega_{ш}^2 - \mu \frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{h} \sin \varphi_{тр}}{\frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{h} \sin \varphi_{тр}}} \right). \quad (9)$$

Заключение

Таким образом из формулы видно ,что угол подъёма винтовой линии шнека зависит от физико-механических свойств кормов, геометрических параметров шнека и частоты его вращения. Результаты проведения теоритического исследования могут быть использованы при создании смесителей раздатчиков кормов ленточного типа.

Список использованной литературы

1. Методические указания по преддипломной практике студентов по курсу “Механизация животноводческих ферм”- Мн.БИМСХ.1984

2. Агеев Л.Е., Квашенников В.И., Мельников С.В. и др. Эксплуатация технологического оборудования животноводческих ферм и комплексов.2-е изд., перераб. и доп. – М. Агропромиздат.1992. с. 367.

УДК 336.237

А.В. Китун д.т.н., профессор, М.Ю. Юдичев, студент

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ НА ТРАНСПОРТИРОВКУ КОРМА

Введение

Важной технологической операцией является раздача кормов животным. Для выполнения данной технической операции можно использовать РКС-3000. Раздает сухие и влажные корма свиньям, содержащимся группами.

Основные его узлы: приемный бункер-дозатор, транспортер-загрузчик, раздатчик, кормушки, электродвигатели, передаточные устройства, электропусковая и защитная аппаратура.

Приемный бункер-дозатор принимает корм от транспортных средств и равномерно подает его на транспортер-загрузчик. Он состоит из бункера, шнека, привода шнека.

Транспортер-загрузчик принимает корм от шнека бункера-дозатора и подает его на раздаточную платформу раздатчика. Он состоит из рамы, двух втулочно-роликовых цепей со скребками, ведущей и ведомой станций, привода.

На нашей ферме используем два раздатчика. Подача раздатчика - 1,4...2,8 кг/с, скорость движения платформы - 0,5 м/с. Производительность раздатчика составляет 50 т/ч.

Основная часть

Важнейшим техническим элементом является бункер для приема и выдачи кормов внутри которого установлен шнек. Недостатком данного технического элемента является отсутствие возможности приготовления кормосмеси, что требует привлечения других с/х машин. Для устранения данного недостатка предлагается в бункере установить дополнительный шнек со встречной навивкой (рисунок 1)

Для приготовления животным кормосмеси используются шнеки. Эти рабочие органы, перемещая кормовые компоненты в бункере, обеспечивают за счёт взаимного пересечения кормовых потоков, получение кормосмеси.

Важнейшим параметром характеризующим эффективность процесса перемешивания кормов является мощность на привод шнеков. Для определения данного параметра рассмотрим характер перемешивания кормов.

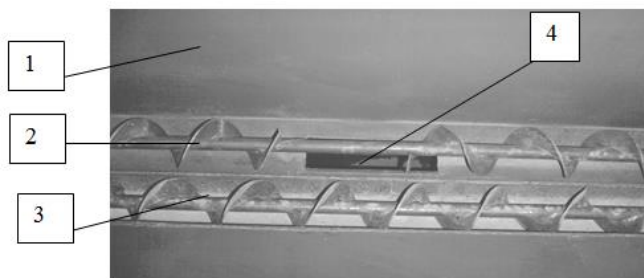


Рисунок 1. 1 – бункер; 2, 3 – шнеки; 4 – выгрузной канал

Так как шнек расположен у днища бункера, то часть энергии будет затрачиваться на преодоление силы трения корма по этой по-

Скорость перемещения корма вдоль оси днища бункера ввиду малого зазора между витками шнека и стенкой будет равна осевой скорости, определяемой по формуле

$$V_{cm1} = V_a = S_{ш} \omega_{ш}. \quad (4)$$

Тогда мощность на преодоление силы трения корма у днища бункера:

$$N_{mp} = \frac{\pi R_{ш} h_{ш} \alpha_{ш1} L_{ш} \rho}{360^{\circ}} g f S_{ш} \omega_{ш}. \quad (5)$$

где $S_{ш}$ – шаг витков шнека, м;

$\omega_{ш}$ – частота вращения шнека, c^{-1} ;

При вращении шнека кормовая масса перемещается по плоскостям его витков. Для этой части шнека, величину затрат энергии на преодоление трения о витки, можно определить по формуле

$$N_{тр1} = F_{тр1} V_{см2}, \quad (6)$$

где $F_{тр1}$ – сила трения корма о поверхность витков шнека, охваченных днищем бункера, Н.

Силу трения $F_{тр1}$ определим по формуле

$$F_{тр1} = m_{к1} g f, \quad (7)$$

где $m_{к1}$ – масса корма в межвитковом пространстве, кг,

$$m_{к1} = W_1 \rho \frac{\alpha_{ш2}}{360^{\circ}},$$

W_1 – объём корма в межвитковом пространстве, m^3

$\alpha_{ш2}$ – угол шнека не охваченный нижней стенкой бункера, град;

Объём корма в межвитковом пространстве на длине, равной одному шагу, определим по формуле

$$W_1 = (D_{ш}^2 - d_{в}^2) S_{ш} K_v, \quad (8)$$

где $D_{ш}$ – диаметр шнека, м;

$d_{в}$ – диаметр вала шнека, м;

K_v – коэффициент, учитывающий использование межвиткового пространства.

Тогда силу трения F_{mp1} можно определить по формуле

$$F_{mp1} = (D_{ш}^2 - d_{с}^2) S_{ш} K_v \rho \frac{\alpha_{ш2}}{360^0} g f . \quad (9)$$

Так как витки шнека ограничены днищем бункера, то корма перемещаются преимущественно в осевом направлении. Тогда можно принять, что $V_{см2} = V_a \cos \beta'$ и затраты энергии на перемещение кормов по виткам шнека определим по формуле

$$N_{mp1} = \frac{\alpha_{ш2}}{360^0} (D_{ш}^2 - d_{с}^2) 2 S_{ш} K_v \rho g f \omega_{ш} \cos \beta' . \quad (10)$$

Для части шнека, не ограниченной днищем бункера, затраты энергии на перемещение кормов по виткам, можно определить по формуле

$$N_{тp2} = F_{тp2} V_{см3} , \quad (11)$$

где $F_{тp2}$ – сила трения, возникающая при перемещении корма по виткам шнека не ограниченного днищем бункера, Н.

Силу трения, вызванную силой тяжести, можно определить по формуле

$$F_{тp2} = (W_{\delta} - W_{ш}) \rho g f , \quad (12)$$

где W_{δ} – объём бункера, м³;

$W_{ш}$ – объём шнека, м³.

Так как верхняя часть шнека не ограничена вспомогательными плоскостями, то скорость перемещения корма по виткам будет равна сумме осевой и окружной скоростей:

$$V_{см3} = \sqrt{V_a^2 + V_{ок}^2} . \quad (13)$$

Величину окружной скорости можно определить из выражения:

$$V_{ок} = V_a \operatorname{tg}(\beta' + \varphi_{тp}) = S_{ш=ш} \omega_{ш} \operatorname{tg}(\beta' + \varphi_{тp}) . \quad (14)$$

где β' – угол подъёма винтовой линии шнека, град;

$\varphi_{тр}$ – угол трения, град.

Тогда

$$V_{см1} = \sqrt{(S_{ш}\omega_{ш})^2 \left[1 + tg(\beta' + \varphi_{тр})^2 \right]}. \quad (15)$$

Подставив в уравнение (4.81) значения (4.82) и (4.84) получим:

$$N_{тр2} = (W_{\delta} - W_{ш}) \rho g f \sqrt{(S_{ш}\omega_{ш})^2 \left[1 + tg(\beta' + \varphi_{тр})^2 \right]}. \quad (16)$$

Суммировав затраты энергии на преодоление сил трения определим результирующую мощность на привод шнека, которая зависит от физико-механических свойств кормов и геометрических параметров бункера и шнека.

Заключение

Таким образом из формулы видно что мощность на образование кормосмеси зависит от физико-механических свойств кормов и геометрических параметров бункера и шнека. Результаты проведения теоритического исследования могут быть использованы при создании смесителей раздатчиков кормов со шнековыми рабочими органами.

УДК 631.171

Е.С. Якубовская, ст. преподаватель, Г.Ю. Ротко, студент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СВЯЗАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ФЕРМЫ КРС

Введение

Исследованиями установлено, что продуктивность животных на 50–55% определяется кормами, на 20–25% — генетическими при-

знаками и уровнем селекционно-племенной работы и на 20–30% — условиями микроклимата[1, с. 203]. И при неудовлетворительном микроклимате потенциальная продуктивность животных используется лишь на 20–30%, а срок их племенного и продуктивного использования сокращается.

Крупный рогатый скот, содержащийся в помещениях с нерегулируемым микроклиматом, снижает продуктивность. У молочных коров при температуре выше 23 °С уменьшается удой, выше 26 °С — содержание жира в молоке, у животных учащается пульс и дыхание, затрудняется теплоотдача. С понижением температуры до минус 5 °С потребление кормов увеличивается в 1,5–2 раза.

Повышенная влажность воздуха также отрицательно сказывается на продуктивности. Установлено, что при повышении влажности на каждые 5% выше 85% у высокопродуктивных коров суточный удой уменьшается на 1,22–1,43 кг. Влияние температуры и влажности воздуха может усиливаться или ослабляться в зависимости от скорости воздуха.

Основная часть

Согласно требованиям СНиПа 2.10.03-84 животноводческие комплексы должны быть оборудованы системой вентиляции. По санитарным нормам, помещение, в котором находятся животные, должно вентилироваться круглогодично — в том числе в холодное время года. Зимой смена воздуха в помещении проводится до четырех раз в день. Летом в жаркую погоду этот показатель возрастает до 100 раз в день.

Вентиляционная система предназначена, в том числе и для поддержания оптимального уровня влажности воздуха. В жаркое время года этот показатель не должен превышать 40%. Если этот показатель будет выше нормы, то велика вероятность получения теплового стресса, который напрямую влияет на уровень продуктивности. Это недопустимо. В телятниках нужно следить еще за одним важным показателем — содержанием углекислоты. В норме этот показатель не должен превышать 0,2%. Показатель также регулируется с помощью системы вентиляции.

Для вентиляции коровников сегодня активно используются следующее оборудование: светоаэрационные коньки; вентиляционные

окна; вентиляторы[2]. Установка светоаэрационного конька обеспечивает больше свежего воздуха и увеличение освещенности внутри помещения. Вместе с установленным на крыше аэрационным световым коньком вентиляционные окна создадут оптимальные условия внутри помещения при условии регулирования степени открытия. Обеспечить требуемый воздухообмен позволяет установка вентиляторов. Горизонтальные вентиляторы имеют высокий показатель производительности и достаточно большую дальность выброса воздуха. А это не маловажно для коровников, которые, как правило, имеют достаточно большие площади, предназначенные для содержания большого поголовья крупного рогатого скота. Правильная установка предполагает снижение температуры за минимальный период времени и постоянное поддержание микроклимата помещения на должном уровне. Необходимое количество вентиляторов определяется конструкцией здания, плотностью посадки животных и климатическими особенностями региона, в котором расположена ферма.

Заключение

Таким образом, оборудование обеспечения микроклимата фермы КРС представляет собой связную систему. Автоматизация управления данным оборудованием также должна обеспечивать связанное управление скоростью и числом включенных вентиляторов, степенью открытия вентиляционных окон и углом поворота светового конька. Причем в качестве контролируемых параметров будут выступать температура и влажность в помещении. Но также необходимо учесть направление и скорость ветра снаружи. Учитывая необходимость обеспечить высокую надежность работы системы автоматического управления можно рекомендовать использовать промышленный контроллер. Немаловажное значение имеет и возможность отслеживать параметры микроклимата. Для этого можно рекомендовать использовать панель оператора, взаимодействующую с контроллером. Посредством панели можно легко устанавливать и заданные параметры микроклимата.

Список использованной литературы

1. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. – Москва : Колос, 2003. – 344 с.
2. Агротехимпорт: оборудование для ферм КРС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.agrotehimport.ru. Дата доступа: 01.09.2014.

УДК 636.2.087.72

**В.А. Люндышев¹, к. с-х. н., доцент, В.Ф. Радчиков, д. с-х. н.,
профессор, В.К. Гурин², к. б. н., доцент**

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь, ²РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИКОРМОВ С МИКРОДОБАВКАМИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА НА МЯСО

Введение

В системе мер, направленных на организацию биологически полноценного кормления животных, важную роль играют микроэлементы. Они участвуют в обмене веществ и других биологических функциях, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность организма и высокую продуктивность. Особую роль в этом плане играют бром и йод в виде бромидов и йодидов калия [1, 2, 3].

В литературе нет сведений об эффективности использования бромистого и йодистого калия при длительном раздельном и совместном их скармливании в смеси с поваренной солью бычкам при выращивании на мясо в условиях промышленных комплексов, что послужило целью проведения исследований.

Основная часть

Решение поставленной цели осуществлялось в трех физиологических, трех научно-хозяйственных опытах и производственной проверке, проведенных на молодняке крупного рогатого скота в физиологическом корпусе РУП "Институт животноводства НАН Беларуси", СПК "Парижская коммуна", РУСП "Заречье" Смоленского и СПК "Косино" Логойского районов.

Во всех опытах препараты брома и йода применяли животным в виде смеси с поваренной солью.

Контролем во всех опытах служил молодняк, потреблявший в составе рациона необогащенную поваренную соль. Бычки II, III и IV опытных групп получали с комбикормами в составе соли соответственно: бром, йод и бром совместно с йодом.

В состав основного рациона входили: сено, сенаж, зеленые корма, ЗЦМ и комбикорма. Обогащение поваренной соли бромидом и йодидом калия производились в условиях 1-ого рудоуправления ПО "Беларуськалий" Солигорского калийного комбината. Йод вводился в виде водного раствора KJ в количестве 60 г на 1 т. В качестве стабилизатора использовали тиосульфит натрия в количестве 600 г на 1 т соли. Бромистый калий включали в соль в сухом виде в расчете 10 кг на 1 т. При комплексном применении этих препаратов бромистого калия брали 5 кг, йодистого калия 30 г на 1 т поваренной соли. Опытные партии соли доставлялись на комбикормовый завод, а также в хозяйство и скармливались бычкам нормировано с комбикормами и при свободном доступе из самокормушек.

В структуре рационов телят 1-3 месяца концентраты занимали 45-48%, ЗЦМ – 34-36%, сено – 16-21%. Следует отметить увеличение поступления йода в III опытной группе с 0,7 мг до 2,5 мг или в 3,5 раза больше за счет дополнительного скармливания его в составе рациона. Молодняк IV группы потреблял 1,6 мг йода или в 2 раза больше, чем контрольная группа.

Во II фазе выращивания (возраст 3-6 мес.) рацион состоял из сена 5%, комбикорма 41-43, сенажа 34-36, ЗЦМ – 18%. Поступление в организм бычков III и IV опытных групп йода повысилось с 1,1 мг до 2,4-2,5 мг за счет ввода добавки. За сутки телята съедали 50 г поваренной соли.

Во II периоде выращивания (возраст 6-16 мес.) рацион состоял из сенажа 57-59% и комбикорма КР-3 41-43%. Суточное поступление поваренной соли составило 90 г на голову. Бычки III группы больше потребляли йода в 2, а IV - в 1,5 раза.

В физиологических опытах (таблица 2) установлено, что потребление на 100 кг живой массы брома в опытных группах составило 280 мг, йода 2,0 мг. Совместное включение в состав поваренной соли этих препаратов обеспечило их потребление соответственно 140 и 1,0 мг.

В расчете на 1 кг сухого вещества рациона потребление брома, йода и их смеси соответственно составило 109 мг, 0,8 мг, 54 и 0,4 мг.

Таблица 1 - Суточное потребление бычками брома и йода за счет добавок, мг

Элементы	Возраст, мес.			В среднем за период
	1-3	3-6	6-16	
На 100 кг живой массы				
Бром	316	310	230	280
Йод	2,1	2,0	1,8	2,0
Бром + йод	158+1,1	155+1,0	114+0,9	140+1,0
На 1 кг сухого вещества рациона				
Бром	141	109	76	109
Йод	1,0	0,8	0,5	0,8
Бром + йод	71+0,5	54+0,4	38+0,3	54+0,4

Контроль за течением рубцовых процессов пищеварения при скармливании комбикорма КР-1 с бромидом калия, показал, что в пищевой массе рубца установлено снижение уровня аммиака на 17% ($P<0,05$), повышение количества общего и белкового азота на 5-7% ($P<0,05$).

Включение в состав рациона с поваренной солью йодистого калия способствовало достоверному снижению уровня аммиака (на 22%), повышению количества общего и белкового азота (на 8-9%). Скармливание бычкам комбикорма КР-1 с поваренной солью, включающей бромистый и йодистый калий, снизило количество аммиака на 25% ($P<0,05$), повысило уровень общего и белкового азота на 7-10%.

Во II физиологическом опыте включение в рацион брома и йода привело к снижению аммиака в рубце на 20-25% ($P<0,05$), при этом повысилась концентрация общего и белкового азота. Такие же закономерности наблюдались и при скармливании комбикорма КР-3 (возраст бычков 6-16 мес.). Это еще раз подтверждает, что в опытных группах более интенсивно протекал синтез микробного белка.

Коэффициенты переваримости сухих и органических веществ, БЭВ в опытных группах были на 2-6% выше, чем в контрольной ($P<0,05$), отмечена тенденция в повышении переваримости клетчатки на 1,5-4%. По-видимому, отмеченные различия в пользу опытных групп произошли за счет активизации ферментативных

процессов в преджелудках, а также повышения активности пепсина, панкреатической липазы и амилазы в сычуге под влиянием брома и йода.

Среднесуточный баланс азота при использовании в составе комбикорма поваренной соли, обогащенной бромистым и йодистым калием, оказался выше на 17-22% ($P < 0,05$) и составил в контрольных группах 18,7-23,9 г, опытных – 21,8-27,8 г. При этом он был несколько выше у животных, получавших смесь брома и йода в составе рациона. Использование азота при скормливании обогащенной поваренной соли повысилось с 16,8-32,0% до 19-38,9%.

Включение в состав комбикормов КР-1, КР-2 и КР-3 с поваренной солью бромистой и йодистой добавки позволило повысить среднесуточные приросты на 7-11%. Так, если в первом опыте в контрольной группе он был равен 700 г, то во второй - 750 и в третьей - 770 г, во втором опыте – 818 г в контроле, в группе с бромом – 875, йодом - 892 г и при совместном скормливании – 908 г. Аналогичные изменения отмечены и в третьем опыте.

Данные контрольного убоя бычков показали, что у животных II группы, потреблявшей комбикорма с бромидом калия, оказались выше убойная масса на 4% и убойный выход на 2% ($P < 0,05$). Скармливание молодняку йодированной и бромированной соли повысило эти показатели на 5% и 2% ($P < 0,05$).

Отмечена тенденция в снижении активной реакции среды в мясе опытных туш и некоторое увеличение величины влагоудержания, а также интенсивности окраски мяса длиннейшей мышцы спины. Это свидетельствует о положительном влиянии йодистых и бромистых добавок на качество полученной говядины.

Проведенная медико-биологическая оценка продуктов убоя бычков показала, что по содержанию брома и йода в мясе, печени, почках и сердце различий между группами не установлено.

Согласно заключению республиканского центра по экспериментальной оценке качества и безопасности продуктов питания, содержание брома и йода в мясе и продуктах убоя находились в пределах нормы и они признаны доброкачественными и пригодными в питании человека.

Затраты кормов на 1 ц прироста за весь производственный цикл (455 дней) при использовании в составе комбикормов КР-1, КР-2, КР-3 бромистой и йодистой добавок снизились с 7,5 ц корм. ед.

(контроль) до 6,9-7,1 ц корм. ед. или на 6-8%. Включение в состав рациона бычкам йодированно-бромированной соли снизило затраты кормов на 10%.

Себестоимость 1 ц прироста в опытных группах снизилась на 6-8%. Дополнительная выручка от 1 головы в год составила 40-42 тыс. руб.

Заключение

Скармливание бычкам йодистого и бромистого калия в отдельном и комплексном сочетании в поваренной соли в составе комбикормов способствует снижению количества аммиака в рубце на 17-25%, повышению переваримости питательных веществ кормов на 3-6% ($P<0,05$), среднесуточных приростов на 7-11% ($P<0,05$), снижению затрат кормов на 6-10% и себестоимости продукции на 6-8%.

Список использованной литературы

1. Бихузин К.К., Улитко В.Е. Влияние солей брома на состояние щитовидной железы и продуктивность цыплят-ройлеров // Актуальные проблемы в животноводстве. -Боровск, 1995.-С 114-115.
2. Бихузин К.К. Бром и йод в питании бройлеров: Автореф. дис... канд.с.-х. наук. - Саранск, 1996.-23 с.
3. Григорьев Г.Н. Обмен йода, меди и кобальта у телят 3-месячного возраста на разных уровнях йодного питания // Труды Кировского сельскохозяйственного института. - Киров, 1969.-Вып. 43.- Том21 -С. 18-25.

УДК 637.12.04

С.А. Костюкевич, к. с.-х. н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

СТАБИЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ МОЛОКА ПРИ ДОЕНИИ КОРОВ

Введение

При эксплуатации доильного оборудования существует проблема промывки внутренних поверхностей, так как жир способствует склеиванию механических, белковых и минеральных частиц и

удерживанию их на поверхности оборудования. Это ведет к изменению состава молока, потерям его основных компонентов и не позволяет получать молоко высокого качества. Прочность удерживания компонентов молока зависит от химического состава, физических свойств, вида материала, из которого изготовлено оборудование, от состояния поверхности. Если поверхность оборудования шероховатая или пористая, то отложения прочно закрепляются в неровностях или порах. Полированная и гладкая поверхность оборудования лучше моется и дезинфицируется, так как сила сцепления остаточных компонентов молока с ними меньше, чем с шероховатыми и пористыми поверхностями [1, 2].

В последнее время, для повышения санитарного качества молока, снижения потерь его основных компонентов, улучшения промывки доильно-молочного оборудования все более широкое применение находят силиконовые соединения. При использовании для санитарной обработки доильного оборудования моющих и дезинфицирующих средств невозможно полностью освободиться от белково-жировых отложений ввиду того, что на его поверхности образуются микротрещины, окисные пленки, которые придают пористость и шероховатость внутренней поверхности [3].

Основная часть

Цель исследований – стабилизация основных компонентов молока при доении коров при использовании силиконовых соединений на основе диметилдихлорсилана.

Исследования проводились на молочно-товарной ферме. Животные в течение опытного периода содержались в одинаковых условиях ухода и кормления. Доение коров осуществлялось в доильном зале доильными установками УДА-12Е. Технологические линии получения молока были обработаны силиконовыми соединениями: Первая технологическая линия получения молока являлась контрольной, вторая технологическая линия – обработана 1 %-ным раствором метил(3,3,3-трифторпропил)дихлорсилана, третья линия модифицирована 1 %-ным раствором диметилдихлорсилана.

Для изучения состава и свойств получаемого молока в течение года в двукратной повторности ежемесячно отбирали среднесуточные пробы молока из каждой технологической линии. В средних

пробах молока определяли: содержание жира – на приборе «ЦЖМ–1», общее содержание белка – на приборе «Про-Милк МР–2», содержание казеина – на анализаторе молока «АМ–2», содержание лактозы – иодометрическим методом, общее количество минеральных веществ – методом озоления с последующим определением кальция – оксалатометрическим методом, фосфора – фотоэлектрокалориметрическим методом.

Для определения изменения состава и потерь основных компонентов молока разовые пробы, отобранные с помощью индивидуального счетчика молока, сравнивали с молоком, полученным на выходе из каждой технологической линии.

Полученные результаты свидетельствуют, что содержание основных компонентов молока до поступления в молокопровод на всех технологических линиях было практически одинаковым без достоверных различий с контролем ($P>0,05$) (таблица 1).

Таблица 1 – Состав молока до прохождения по молокопроводу

Показатели	Технологическая линия		
	1	2	3
Сухое вещество, %	12,64±0,13	12,70±0,05	12,69±0,07
Жир, %	3,69±0,08	3,87±0,05	3,83±0,07
Белок, %	3,06±0,04	3,05±0,03	3,05±0,02
в т. ч. казеин, %	2,40±0,03	2,46±0,03	2,43±0,02
Лактоза, %	4,79±0,02	4,77±0,03	4,78±0,03
Зола, %	0,61±0,01	0,63±0,02	0,63±0,02
Кальций, мг%	142,0±5,30	147,0±6,40	144,0±5,90
Фосфор, мг%	101,0±2,50	98,0±2,80	95,0±2,10

Однако после транспортировки по молокопроводу (таблица 2) наблюдались изменения в отношении всех компонентов молока, в сравнении с его составом до поступления в молокопровод. При этом более существенное изменение состава молока происходило на контрольной линии: содержание жира, кальция и фосфора было достоверно ($P<0,05$) ниже соответственно на 0,19%, 13,0 и 11,0 мг%. Содержание остальных компонентов молока после транспортировки по молокопроводу достоверно не изменилось ($P>0,05$).

На 2-й и 3-й технологических линиях состав молока после транспортировки по молокопроводу подвергся наименьшим изменениям. Содержание всех компонентов снизилось недостоверно

($P > 0,05$), что по всей вероятности обусловлено действием силиконовых соединений.

Таблица 2 – Состав молока после прохождения по молокопроводу

Показатели	Технологическая линия		
	1	2	3
Сухое вещество, %	12,43±0,08	12,66±0,05	12,62±0,06
Жир, %	3,50±0,06*	3,80±0,05	3,73±0,04
Белок, %	2,99±0,04	3,02±0,03	3,01±0,03
в т. ч. казеин, %	2,38±0,03	2,45±0,03	2,42±0,02
Лактоза, %	4,78±0,03	4,75±0,03	4,77±0,03
Зола, %	0,57±0,01	0,62±0,01	0,60±0,01
Кальций, мг%	129,0±3,1*	141,0±3,60	135,0±4,0
Фосфор, мг%	90,0±2,70*	95,0±1,60	91,0±1,80

Примечание: * - $P < 0,05$, ** - $P < 0,01$, ***- $P < 0,001$

По изменению состава молока до и после транспортировки по молокопроводу нами были рассчитаны потери его основных компонентов в процессе транспортировки (таблица 3).

Как показали полученные результаты, на контрольной линии содержание жира в молоке после прохождения по молокопроводу снизилось на 0,19%.

Таблица 3 – Потери основных компонентов молока

Показатели	Технологическая линия		
	1	2	3
Сухое вещество, %	0,21±0,03	0,04±0,01***	0,07±0,01***
Жир, %	0,19±0,005	0,07±0,01***	0,10±0,01***
Белок, %	0,07±0,002	0,03±0,005***	0,04±0,003**
в т. ч. казеин, %	0,013±0,004	0,009±0,002	0,011±0,003
Лактоза, %	0,014±0,003	0,014±0,003	0,013±0,002
Зола, %	0,04±0,007	0,01±0,003**	0,03±0,007
Кальций, мг%	13,0±1,5	6,0±1,7**	9,0±2,2***
Фосфор, мг%	11,0±1,4	3,0±0,8***	4,0±0,9***

Незначительные потери жира молока в процессе транспортировки по молокопроводу установлены на 2-й и 3-й технологических линиях: потери жира на этих линиях были ниже соответственно на 0,12 и 0,09% ($P < 0,001$) в сравнении с потерями количества жира в молоке, полученном на контрольной линии. Также установлено,

что после прохождения молока по молокопроводам этих линий потери белка были ниже, чем в контроле соответственно на 0,04 и 0,03% ($P < 0,001$).

В отношении содержания казеина наблюдалась тенденция к более низким потерям в молоке опытных линий – на 0,002–0,005% ($P > 0,05$).

Потери содержания лактозы после прохождения молока по молокопроводу всех линий находились на одном уровне (0,013–0,016%) без существенных различий с контролем ($P > 0,05$).

Заключение

1. Обработка доильно-молочного оборудования силиконовыми соединениями способствовала снижению потерь минеральных компонентов - кальция и фосфора, которые составили ниже контроля на 2-й линии – на 7 и 8 мг %, на 3-й линии – на 4 и 7 мг % ($P < 0,001$).

2. Потери сухого вещества на установках, обработанных силиконовыми покрытиями, были ниже, чем в контроле соответственно на 0,17 и 0,14% ($P < 0,001$).

3. Изменение плотности молока после прохождения по молокопроводу на опытных линиях составило 0,06–0,03°А, причем наименьшим – на 2-й технологической линии: 0,03°А ($P < 0,001$), в контроле – 0,13°А.

Список использованной литературы

1. Безенко, Т.И. Повышение качества молока и снижение его потерь /Т.И. Безенко /Резервы увеличения производства молока. – М., 1986. С.159–168.
2. Вальдман, Э.К. Об опыте работы по сокращению потерь продукции животноводства /Э.К. Вальдман /Животноводство. – 1985, №2. – С. 32–34.
3. Соловьев, В.А. Снижение потерь молочного жира при доении коров в молокопровод /В.А. Соловьев, В.С. Антонова, М.В. Барановский /Межвед. сб. БелНИИЖа. – 1992, № 22. – С. 265–269.

УДК 637.116

П.П. Ракецкий, к.с.-х.н. доцент, И.Н. Казаровец, ст. преподаватель,
О.Д. Гайчук, П.Д. Гвазава, Ю.С. Кухлевская - студенты,
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь

ХАРАКТЕР СОЧЕТАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА И ИХ ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ НА СКОРОСТЬ МОЛОКООТДАЧИ КОРОВ

Введение

О допустимых значениях параметров доильных аппаратов и степени влияния изменения режимов их работы на молокоотдачу и заболеваемость коров маститами в литературе имеются самые противоречивые мнения. Так, по частоте пульсации рекомендации колеблются от 20 до 180 пульсов в 1 мин, по соотношению тактов (сосание, сжатие) – от 1:1 до 4:1, по величине вакууму под соском от 40,0 до 91,3 кПа (1-3).

Различные суждения о влиянии отдельных параметров на молокоотдачу и здоровье коров без учета их комплексного воздействия, отсутствие оптимальной области их отклонений препятствуют конструированию более совершенных доильных машин и организации эффективной эксплуатации существующих доильных установок.

Опыт проводился на восьми парах коров черно-пестрой породы, которых подбирали по методу аналогов и в соответствии с требованиями правил на приспособленность к машинному доению. Животные контрольной и опытной групп находились в одинаковых условиях содержания и кормления. Проведение работы на коровах по первой лактации исключало влияние на результаты исследований ранее перенесенных заболеваний вымени, а также выработанной в предшествующие лактации реакции животных на доильный процесс.

Численные значения **устанавливались** на основании данных предшествующих исследований и характеристики доильных аппаратов, применяемых в нашей стране и за рубежом.

Контроль и настройку доильных аппаратов опытной и контрольной групп производили на каждое доение на стенде СПДА

(стенд проверки доильных аппаратов). Технические возможности стенда и опытных доильных аппаратов обеспечивали строгий контроль и настройки по шести параметрам, приведенным в табл. 1.

Продолжительность каждой серии опыта составляла 15 дней, из них 5 дней – адаптационный период.

Свойствами молокоотдачи коров оценивали при каждом доении. При этом определяли динамику молоковыведения, величину разового удоя и затраченное на доение время (по секундомеру). Путем деления разового удоя на время доения вычисляли скорость молокоотдачи.

Таблица 1 – Схема опыта (режим работы доильных аппаратов)

Параметр	Контроль- ная группа коров	Опытная группа коров							
		опыты							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Число пульсаций, Гц	1,33	0,66	2,00	2,00	0,66	2,00	2,00	0,66	0,66
Длительность такта сосания, %	60	50	70	70	50	50	50	70	70
Величина вакуума под соском, кПа	46,7	40,0	53,3	40,0	53,3	53,3	40,0	53,3	40,0
Эффективный вакуум, кПа	46,7	40,0	53,3	40,0	53,3	40,0	53,3	40,0	53,3
Вакуум смыкания сосковой резины, кПа	13,3	5,3	5,3	24,7	24,7	24,7	5,3	5,3	24,7

Данные по средней скорости молокоотдачи, разовому удою и продолжительности доения у коров опытной и контрольной групп приведены в табл. 2, из которых видно, что изучаемые режимы работы доильных аппаратов оказали существенное влияние на изменение скорости молокоотдачи коров опытной группы. Средняя скорость молокоотдачи этой группы животных составляла 1.22 л/мин, при амплитуде колебаний по опытам от 0.96 до 1.62 л/мин.

Наиболее высокая скорость молокоотдачи (1.62 ± 0.04) наблюдается у коров опытной группы во второй, наиболее низкая - в третьей сериях опыта.

Более выраженное влияние на ускорение доения во второй серии опыта оказало уменьшение абсолютной длительности такта сосания

при некотором его относительном увеличении (в результате увеличения числа пульсации), а также использование переходных периодов от сосания к сжатию и от сжатия к сосанию. Высокая частота пульсации и минимальная абсолютная длительность такта сосания, соотношения вакуума под соском и в межстенном пространстве и не высокая степень жесткости сосковой резины (табл. 1) позволили вместо такта сжатия использовать переходящие периоды от сосания к сжатию и от сжатия к сосанию и, вероятно, ту фазу переходных периодов, когда сосковая резина находилась в промежуточ-

Таблица 2 – Влияние различных режимов работы доильных аппаратов на функциональные свойства вымени коров

Опыт	Период опыта	п	Опытная группа			Контрольная группа		
			Средняя скорость молокоотдачи (л/мин)	Продолжительность доения (мин)	Разовый удой (л)	Средняя скорость молокоотдачи (л/мин)	Продолжительность доения (мин)	Разовый удой (л)
1	адаптация опыт	80 160	1,17±0,05 1,08±0,03	6,32±0,17 6,60±0,11	7,20±0,15 7,08±0,09	1,41±0,09 1,49±0,07	5,48±0,27 5,58±0,19	7,00±0,20 7,00±0,20
2	адаптация опыт	80 160	1,60±0,05 1,62±0,04	4,75±0,13 4,78±0,09	7,30±0,15 7,22±0,09	1,54±0,08 1,62±0,07	5,23±0,24 5,13±0,17	7,20±0,15 7,20±0,16
3	адаптация опыт	80 160	0,98±0,04 0,96±0,02	6,88±0,23 6,72±0,15	6,44±0,18 6,20±0,12	1,55±0,07 1,38±0,05	4,98±0,22 5,05±0,16	6,70±0,18 6,19±0,13
4	адаптация опыт	80 160	1,26±0,04 1,30±0,03	5,45±0,13 5,48±0,13	6,48±0,14 6,80±0,10	1,46±0,07 1,56±0,06	4,85±0,20 4,85±0,15	6,22±0,14 6,59±0,10
6	адаптация опыт	80 160	1,17±0,04 1,20±0,03	6,18±0,20 5,78±0,15	6,73±0,16 6,55±0,11	1,56±0,07 1,63±0,05	6,18±0,26 4,72±0,16	6,90±0,12 6,59±0,10
7	адаптация опыт	80 160	1,13±0,04 1,10±0,03	5,82±0,17 5,63±0,12	6,23±0,16 5,91±0,11	1,58±0,08 1,59±0,05	4,42±0,22 4,17±0,15	6,13±0,14 5,64±0,10
8	адаптация опыт	80 160	1,37±0,03 1,28±0,03	4,47±0,09 4,57±0,10	5,84±0,09 5,58±0,10	1,56±0,06 1,56±0,06	4,17±0,20 4,13±0,15	5,67±0,10 5,50±0,09
9	адаптация опыт	80 160	1,19±0,05 1,06±0,09	4,38±0,15 4,23±0,07	4,89±0,13 4,32±0,09	1,48±0,06 1,36±0,04	3,80±0,17 3,63±0,13	4,94±0,11 4,37±0,08

ном состоянии между сосанием и сжатием, то есть когда она частично сжимала сосок, но это сжатие не препятствовало открыванию сфинктера и извлечению молока. Положительным явилось и то, что степень сжатия сосковой резины обеспечивала наименьшую разницу между номинальным постоянным вакуумом и верхним пределом пульсирующего вакуума. Так как пульсирующий вакуум второй степени опыта имел наименьшую амплитуду, сосковая резина при такте сосания находилась в несколько сжатом состоянии, которые не мешало отсасыванию молока, но препятствовало на ползанию стаканов на соски.

В первой серии опыта относительно не высокие частота пульсации и длительность такта сосания не обеспечивали использование переходных периодов от сосания к сжатию и от сжатия к сосанию. Невысокая степень жесткости сосковой резины, частота пульсаций и длительность такта сосания способствовали превышению среднего давления в межстенном пространстве над давлением под соском. Вследствие этого сосковая резина при такте сосания расширялась до нормального состояния, что влекло за собой некоторое наполнение доильных стаканов на соски коровы. Механическое пережатие на границе цистерны соска и железы затрудняло переход молока в сосок.

Наиболее низкую ($0,96 \pm 0,02$) скорость молокоотдачи у коров опытной группы на первом этапе исследований наблюдали в третьей серии опыта. По-видимому, это объясняется тем, что повышение частоты пульсаций и уменьшения вакуума под соском вызвало изменение длительности переходного периода, с увеличением относительности всех периодов, характеризующих нарастание вакуума и давления в межстенных камерах доильных стаканов и падением вакуума в них.

Если во второй серии опыта относительно высокий вакуум межстенном пространстве и под соском, в сочетании с низким вакуумом смыкания сосковой резины, увеличивая скорость истечения воздуха из межстенных камер и, наоборот, то в рассматриваемой серии опыта этого не происходило. При частоте 120 пульсаций в минуту с длительностью такта сосания 70%, величине вакуума под соском и в межстенном пространстве в 300 мл рт.ст. и величине вакуума смыкания сосковой резины 185 мл рт.ст. воздух не успевал

заполнить межстенные камеры доильных стаканов, вследствие чего массирующее воздействие сосковой резины было незначительным.

Сочетание параметров работы доильного аппарата в пятом и шестом опыте способствовало нарастанию давления в межстенном пространстве, что, в свою очередь, привело к росту сил, действующих на все участки соска и увеличению степени механической стимуляции рефлекса молокоотдачи. Однако необходимо отметить, что скорость доения коров опытной груданной говорят о том, что примененны значительно ниже скорости молокоотдачи коров контрольной группы ($P < 0,001$). Приведенные относительно с высоких величин частоты пульсаций, длительности такта сосания, степени жестокости сосковой резины и вакуума в межстенном пространстве вызывает увеличение скорости молокоотдачи только в определённых сочетаниях (использование переходного периода от сосания к сжатию и от сжатия к сосанию).

Но при этом нужно отметить, что применение относительно высоких частоты пульсаций в минуту и такта сосания и использования эффекта длительности переходного периода от сосания к сжатию и наоборот, возможно только при строгом контроле за параметрами работы доильного аппарата. Изменение одного из параметров работы доильного аппарата нарушит оптимальность сочетаний и вызовет уменьшение скорости молокоотдачи. Кроме того, высокая частота пульсации вызывает увеличение расхода и ведёт к снижению полезной работы вакуум-насоса.

Данные исследований четвёртого и седьмого опыта показывают, что при определённых сочетаниях параметров работы доильного аппарата происходит увеличение скорости молокоотдачи при относительно не высокой частоте пульсации. Так, в четвёртой серии опыта это увеличение по сравнению с третьей серией опыта составило 35,41%, в седьмой по сравнению с шестой – 16,36% ($P < 0,001$).

Таким образом, результаты наших исследований показывают, что на скорость молокоотдачи и продолжительность доения сочетание комплекса параметров работы доильного аппарата оказывают более существенное влияние, чем изменение (в сторону увеличения или уменьшения) одного или двух параметров.

От того, насколько изменение одного параметра способствует изменению других и несколько полученное вследствие этого сочетание является физиологически оптимальным зависит проявление рефлекса молоковыведения. Все это нужно учитывать при определении оптимального режима доения.

Список использованной литературы

1. Налимов В.В, Чернова Н.А. Статистические методы планирования экспериментальных экспериментов. Н. 1965.340 с.
2. Ракецкий П.П. Методология оценки и моделирования определения области инновационных значений параметров доильного аппарата П.П. Ракецкий [и др.]
3. В ст. Материалы Международной научно-практической конференции «Роль непрерывного образования и вузовской науки в инновационном развитии АПК» Минск 2012 с 220-222.
4. Ракецкий П.П. Роль комплексного воздействия параметров работы доильного аппарата и условий содержания коров на степень первичной травматизации тканей молочной железы. /П.П. Ракецкий [и др]. Вст. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Минск 2013 с 263-266.

УДК 637.116

**П.П. Ракецкий, к.с.- х.н. доцент, И.Н. Казаровец,
ст. преподаватель, А.И. Стефаньян,
А.С. Артюшевская - студенты**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ОСТАТОЧНОГО МОЛОКА

Введение

После завершения доения, вызвавшего полноценный рефлекс молокоотдачи, в альвеолярном отделе молочной железы остается некоторое количество молока, которое может быть извлечено только после введения животному большой дозы окситоцина. Это мо-

локо получило название остаточного. Его количество составляет у коров 9,0-21,7 от всего количества молока, находившегося в емкостной системе вымени к моменту доения. Количество жира в остаточном молоке, весьма велико – 20-25%.

И хотя полнота молокоотдача может меняться в широких пределах в зависимости от множества биотехнических факторов, учет этого показателя дает возможность в определенной степени установить реакцию коров на режим работы доильного аппарата.

Для оптимизации области допустимых значений параметров использовали шаговый метод Бокса-Уилсона (1), согласно которому экспериментальные исследования проводятся в два этапа. На первом этапе была поставлена серия опытов для построения линейной модели, указывающей направление движения к оптимальной области. Численные значения параметров работы доильного аппарата устанавливались на основании данных предшествующих исследований и характеристики доильных аппаратов, применяемых в нашей стране и за рубежом.

Таблица 1 – Схема опыта (режим работы доильных аппаратов)

Параметр	Контроль	Опытная группа коров							
		опыты							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Число пульсаций, Гц	1,33	0,66	2,00	2,00	0,66	2,00	2,00	0,66	0,66
Длительность такта сосания, %	60	50	70	70	50	50	50	70	70
Величина вакуума под соском, кПа	46,7	40,0	53,3	40,0	53,3	53,3	40,0	53,3	40,0
Эффективный вакуум, кПа	46,7	40,0	53,3	40,0	53,3	40,0	53,3	40,0	53,3
Вакуум смыкания сосковой резины, кПа	13,3	5,3	5,3	24,7	24,7	24,7	5,3	5,3	24,7

Остаточное молоко определялось после введения в яремную вену 20 ИЕ окситоцина. Выведение остаточного молока с цистерн вымени осуществлялось доильным аппаратом с отдельным выдаиванием четверти вымени. При определении полноты опорожнения

вымени коров количества молока, полученное в машинном удое и додое и выведенное после введения в яренную вену 20 ИЕ окситоцина, складывалась в этот общий объем молока принимался за 100%, а машинный удой за время доения и остаточное молоко выражались как процентируемые части общего объема молока вымени. Периодичность определения полноты выдаивания была аналогичной периодичности определения титра лизоцима М и контроля на наличие субклинических маститов.

В результате исследований проведено более 6700 доек и произведено 304 инъекций окситоцина

Таблица 2 – Доля остаточного молока у коров опытной и контрольной групп (первый этап эксперимента), %

Номер опыта	Группа животных	
	Опытная	Контрольная
1	14,1±5,00	10,1±2,08
2	9,8±2,06	14,9±5,03
3	12,5±2,50	17,6±2,57
4	10,3±1,87	10,8±2,43
5	9,8±1,89	11,0±2,73
6	8,1±1,63	11,7±3,80
7	10,7±2,57	13,2±2,43
8	10,5±2,94	10,0±2,05

Как показали результаты первого этапа исследования (табл.2), по количеству остаточного молока в один и тот же период лактации статистически достоверной разницы между коровами опытной и контрольной групп не наблюдалось.

Наибольшее количество остаточного молока было получено от коров контрольной группы в третьем опыте, а от коров опытной группы – в первом и третьем. Необходимо отметить, что к концу исследования первого этапа эксперимента происходило снижение абсолютного количества молока, а процентная доля его оставалась примерно такой же, как в начале исследований ($P < 0,05$).

Несколько другой характер носила динамика остаточного молока на втором этапе эксперимента (табл.3) коров контрольной групп

пы наиболее высокая доля остаточного молока наблюдалась в третьем и шестом опытах. Однако разница в этих опытах по сравнению с остальными опытами статистически не достоверны. Как и на первом этапе эксперимента уменьшение разовых удоев к концу исследования сказалась на снижении абсолютного количества остаточного молока, в то время как его процентная доля осталось такой, как и в начале исследования.

Таблица – 3. Доля остаточного молока у коров опытной и контрольной группы на втором этапе эксперимента.

Номер опыта	Группа животных	
	Опытная	Контрольная
1	9,9±0,86	10,3±2,22
2	10,1±2,02	10,5±1,66
3	9,8±3,36	15,7±2,87
4	10,6±3,09	10,6±2,00
5	14,2±4,29	16,7±6,69
6	5,8±1,12	11,3±2,96
7	7,4±1,01	11,6±2,63
8	9,8±1,95	11,7±2,40
9	15,7±3,64	11,3±2,63

Иной характер остаточного молока наблюдаем на втором этапе эксперимента у коров опытной группы. Режимы работы доильного аппарата в первом, втором, третьем и четвертом опытах не оказали выраженного влияния на полноту молокоотдачи коров опытной группы. В пятом опыте у них, как и у коров контрольной группы наблюдалось увеличение количества остаточного молока. Однако, в шестом опыте процент остаточного молока у коров опытной группы резко снизился как по отношению к доли остаточного молока в пятом опыте, так и к коровам контрольной группы. В седьмом и восьмом опытах наблюдались тенденция увеличения количества остаточного молока у коров опытной группы. Однако процентная доля его была меньше, чем в соответствующие опыты у коров контрольной группы. И только снижение средней скорости молокоотдачи в девятом опыте привело к увеличению количества остаточного молока по сравнению с коровами контрольной группы.

Как видно из приведенных данных в наших исследованиях наблюдались значительные колебания количества остаточного молока. Нестабильность сильную вариабельность количества остаточного молока мы объясняем влиянием ряда факторов, способствующих опорожнению вымени содержание и кормление, индивидуальные особенности коров. Так, нарушение в кормлении и содержании животных в третьем опыте первого этапа эксперимента оказали ясно выраженное снижение полноты выдаивания.

Заключение

Нестабильность и вариабельность полноты выдаивания объясняется влиянием ряда факторов, влияющих на опорожнение вымени и образование молока. Существующая методика оценки полноты выдаивания по остаточному молоку еще далеко не совершенно. Фиксация и внутривенное введение кислотных окситоцинов вызывают беспокойство животных, в том числе и рядом стоящих, вследствие чего нарушается установленный стереотип доения, что сказывается на интенсивности и полноте молокоотдачи. Поэтому, предложенная физиологическая оценка доильных аппаратов на основе остаточного молока, на наш взгляд, требует дальнейшего совершенствования.

Список использованной литературы

1. Налимов В.В, Чернова Н.А. Статистические методы планирования экспериментальных экспериментов. Н. 1965.340 с.
2. Ракецкий П.П. Методология оценки и моделирования определения области инновационных значений параметров доильного аппарата/ П.П. Ракецкий [и др.]
3. В ст. Материалы Международной научно-практической конференции «Роль непрерывного образования и вузовской науки в инновационном развитии АПК» Минск 2012 с 220-222.
4. Ракецкий П.П. Роль комплексного воздействия параметров работы доильного аппарата и условий содержания коров на степень первичной травматизации тканей молочной железы. /П.П. Ракецкий [и др]. В ст. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве, Минск 2013 с 263-266.

УДК 006.034:635.51'62:613.22(476)(045)

А.В.Мелешеня¹, к.э.н., С.А.Гордынец¹, к.с.-х.н.

Н.А.Прокопьев², к.т.н.

¹РУП «Институт мясо-молочной промышленности»

²УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь

«МРАМОРНОЕ МЯСО»: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ И ПРОИЗВОДСТВО В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Введение

Анализ развития животноводства в мире показывает, что по мере интенсификации молочного скотоводства, разведения высокопродуктивных пород молочного скота происходит неуклонное сокращение его поголовья и мясного потенциала, а качество получаемой говядины от голштинизированного молочного скота заметно снижается. Поэтому для увеличения производства и улучшения качества говядины в большинстве стран Европы и Америки стали разводить специализированные мясные породы крупного рогатого скота.

Основное поголовье скота мясных пород в мире, как правило, в летний период содержится на пастбищах, используя в основном зеленые корма, в зимний - в простых помещениях, используя в корм дешевые грубые и сочные корма, при незначительном потреблении концентратов.

Скот мясных пород отличается скороспелостью, характерным телосложением (широкое туловище, хорошо развитые мышцы спины и поясницы). Молодняк к 15-20-месячному возрасту достигает массы 450 кг, а при интенсивном откорме – до 600 кг. Убойный выход мяса с туши мясного направления составляет 52 – 58%.

В отличие от пород молочного направления продуктивности, у крупного рогатого скота мясных пород жир откладывается не только под кожей, в сальнике и около почек, но и в межмышечном пространстве. В результате мясо таких животных при хорошей упитанности приобретает мраморность.

Основная часть

Мраморное мясо появилось в Японии в 60-х годах XIX. Для откорма на мраморное мясо японцы используют животных, называемых «Wagyu». Термин *Wagyu* относится к бычкам семейства из нескольких пород, которые генетически предрасположены к интенсивной мраморности мяса. Самые известные японские породы группы Wagyu - Tajima, Tottori, Shimane, Kochi, Kumamoto [2].

Поголовье крупного рогатого скота в Австралии, используемого в производстве мраморного мяса, составляет более 6 млн. голов. В основном это бычки пород «Wagyu» и абердин-ангусской, которые генетически предрасположены к появлению в мясе жировых прожилок.

В ФРГ разводят практически все породы коров, мясо которых обладает признаками мраморности, но основной породой является «Wagyu».

В США и Канаде для получения мраморного мяса разводят бычков пород: «Wagyu», абердин-ангусскую, шотгорнскую, муррейскую серую и другие.

Мраморность достигается особой технологией откорма скота. В рацион животных включают специальную кормовую смесь, содержащую большое количество кукурузы, зерна, люцерны.

В Австралии большинство производителей в рацион животных добавляет красное вино и мед.

В Аргентине применяется интенсивная система кормления зерновыми: кукурузой, ячменем, сорго, пшеницей, овсом. Преимущественно используется кукуруза.

В Германии обычный рацион мясного скота включает в себя траву, силос, сено, солому, комбикорм (не содержащий генных продуктов). Перед убоем животные получают комбикорм на основе зерна, свеклы, картофеля. Кроме этого, животных поят пивом.

В Канаде первоначально бычки выпасаются на лугах, после чего, приблизительно на 200 дней переводятся на зерновой откорм (сочетание кукурузы, ячменя, овсяного зерна). Допускается добавка комбикормов, ячменного силоса, а также включение в рацион различных добавок (например – соли, меда, мякоти свеклы, витамина Е).

В США для обеспечения мраморности мяса используют зерновое (пшеницей, кукурузой или ячменем) питание.

В Японии особое внимание уделяется вопросам кормления (стандартный рацион – зерно, сено, пищевые добавки) и гигиены животных посредством организации систем вентиляции и подачи воды.

После забоя скота мраморное мясо не готово к употреблению или продаже – оно должно быть выдержано при температуре от -6 до +2°C в течение 2-3 недель. В ходе этого процесса ферменты, присутствующие в мясе, активизируют химические процессы, которые разрушают мышечные волокна, делая его более нежным и окончательно формируя вкусовые качества. В зависимости от технологии производства выдержка может быть влажной или сухой.

Мраморность имеет свои градации в зависимости от интенсивности, т.е. частоты белых вкраплений в волокнах. Чем выше мраморность, тем нежнее стейк.

Австралийская система сортности мраморного мяса, разделяет его на 3 категории качества (3, 4 и 5 звезд), которые в первую очередь зависят от степени мраморности говядины и от возраста, в котором был забит скот. Цена на австралийскую мраморную говядину на внутреннем и внешнем рынках от 20 до 500 долларов США за 1 кг.

В соответствии с японскими стандартами мраморная говядина имеет 15 уровней качества в зависимости от шкалы прироста и шкалы качества. Шкала прироста отражает соотношение массы мяса и общей массы туши животного и имеет три уровня (А – 0,72 и более, В – 0,69 и более, С – менее 0,69). Шкала качества имеет пять уровней в зависимости от уровня «мраморности», жесткости, консистенции, цвета мяса и жира. Стоимость «мраморной» говядины колеблется в значительных диапазонах в зависимости от его качества от 60 до 100 долларов за 100г.

В Германии используется японская система классификации мраморного мяса. Стоимость мяса варьируется от поставщика и мраморности. Чем выше мраморность, тем выше качество и стоимость говядины.

Канадская система градации предусматривает деление говядины по мраморности на девять категорий – «насыщенная», «средней насыщенности», «слегка насыщенная», «умеренная», «средняя», «небольшая», «слабая», «слабовыраженная», «практически отсутствует». Цены на мраморную говядину категории «средней насыщенности» составляют порядка 149 долларов за кг, «слегка насыщенной» и «умеренной» – от 75 долларов за кг.

Американская градация мяса предполагает три степени мраморности (в порядке ее увеличения): *select*, *choice*, *premium*. Розничная цена на мраморное мясо в США, в зависимости от сорта мяса и процесса выдержки, колеблется от 60 до 150 долларов за 1 кг.

Современные медицинские исследования показывают, что «мраморное мясо» значительно опережает обычную говядину по содержанию азотистых экстрактивных веществ, пантотеновой кислоты, биотина[3].

Известный поставщик в Европе мраморного мяса «Wagyu» – компания Otto – Gourmet. [4].

В Республике Беларусь имеются большие площади пастбищных угодий и благоприятные природно-климатические условия во всех регионах для развития специализированного мясного скотоводства.

В настоящее время развитие специализированного мясного скотоводства в Беларуси регулируется Республиканской программой по племенному делу в животноводстве на 2011 – 2015 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31.12.2010г. №1917. Документ предусматривает создание племенных хозяйств по породам шароле и герефорд, содержащих до 3,5 тыс. племенных особей в каждом из них, и породам абердин-ангус и лимузин – до 6 тыс., что требуется для создания генетической структуры стад с целью системного внутривидового разведения [1].

В Беларуси разводят породы скота мясного направления: герефордскую, лимузинскую, шароле, мен-анжуйскую, абердин-ангусскую, симментальскую.

Среди хозяйств Республики Беларусь, занимающихся мясным скотоводством можно отметить: РУСП «Племзавод «Дружба» Кобринского района, ЧУП «Молодово-Агро», СПК «Агро-Мотоль»

Ивановского района, ООО «Отечество» Пружанского района, ЗАО «Липовцы» Витебского района, КСУП «Совхоз Комаринский» Брагинского района, СПК «Урицкое» Гомельского района, фермерское хозяйство «Фашевка» Шкловского района и другие.

Исследования, проведенные в РУП «Институт мясо-молочной промышленности», НПЦ НАН Беларуси по животноводству, ГУ «РНПЦ гигиены» подтвердили высокие качественные показатели мяса от скота мясных пород и их помесей. Данное мясное сырье характеризуется высоким содержанием незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, минеральных веществ, для него характерно благоприятное соотношение белка и жира (1:0,8 и даже 2:1), низкое содержание холестерина [5].

Переработка крупного рогатого скота мясных пород и их помесей на мясокомбинатах осуществляется в соответствии с ТУ 10.02.00028493.317 – 92 «Крупный рогатый скот мясных пород и их помесей для убоя» (с изменениями №1, 2, 3, 4, 5, 6), разработанными специалистами РУП «Институт мясо-молочной промышленности», НПЦ НАН Беларуси по животноводству, Минсельхозпродом РБ.

Выращивание телят под коровами – одно из преимуществ мясного скотоводства перед другими отраслями животноводства.

В изменении № 6 к ТУ 10.02.00028493.317 – 92 «Крупный рогатый скот мясных пород и их помесей для убоя» установлена возрастная группа телят от 3 до 8 месяцев.

Высокие качественные показатели мяса скота мясных пород и их помесей обуславливают одно из важнейших направлений его использования – производство мясных продуктов для питания детей разных возрастных групп, в том числе функционального назначения.

Специалистами РУП «Институт мясо-молочной промышленности» разработаны технические нормативные правовые акты и технологическая документация на изделия колбасные вареные, паштеты, полуфабрикаты для питания детей дошкольного и школьного возраста с использованием мяса от скота мясных пород и их помесей.

Разработан Государственный стандарт Республики Беларусь «Говядина и телятина для производства продуктов питания детей раннего возраста. Общие технические условия», который устанавливает требования к говядине (в полутушах и четвертинах), полученной от молодняка крупного рогатого скота (*включая скот мясных пород и их помесей*), и на телятину (в тушах и полутушах), *полученную от телят крупного рогатого скота мясных пород и их помесей*, выращенных с соблюдением специальных ветеринарных, зоотехнических и зоогигиенических требований.

Другим направлением использования данного мясного сырья является реализация его в виде полуфабрикатов мясных натуральных по СТБ 1020-2008 «Полуфабрикаты мясные натуральные». Специалистами РУП «Институт мясо-молочной промышленности» в соответствии с ТКП 076-2007 «Порядок отнесения мясной и молочной продукции к продукции с улучшенными показателями (элитной)» разработан сборник технических описаний «Полуфабрикаты мясные натуральные «Элитные» по СТБ 1020.

Заключение

1. В высокоразвитых странах мира проблема производства качественной говядины решалась и решается за счет развития специализированного мясного скотоводства.

2. Развитие мясного скотоводства в Республике Беларусь позволит обеспечить промышленность высококачественным и конкурентоспособным мясным сырьем.

Список использованной литературы

1. Е.Раковец «Мраморное» мясо – мясо высшего класса Белорусское сельское хозяйство №8(112) август 2011 г. С.51-54.
2. В.П.Яремчук, В.И.Родин Мраморное мясо – природный деликатес Мясные технологии №12 2011 с.22-23.
3. С.Петрушко У «мраморной» говядины свои аргументы Белорусское сельское хозяйство №11 (115) ноябрь 2011г. С.40-42.
4. Г.Шалк, И.Дёмин Качественная говядина и бизнес-идеи – хорошее начало для успеха, Мясные технологии №12 2011, С. 24-25.

УДК 637.11

**В.Н. Дашков¹, д.т.н, профессор,
В.В. Захаров¹, ассистент, И.Н.Ковалевич², студент,**

¹ *Республиканское научно-производственное унитарное
предприятие “Институт энергетики НАН Беларуси”,
г. Минск, Республика Беларусь*

² *«Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ОСОБЕННОСТИ ВАКУУМНОГО НАСОСА ДЛЯ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК СО СДВОЕННЫМ, СОСТАВНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

Введение

В Республике Беларусь традиционно распространена пастбищная система содержания коров летом и стойлово-выгульная зимой. В условиях постоянного роста цен на энергоносители особое значение принимает выбор конструкции и параметров вакуумной установки для передвижных доильных установок. Источником вакуума для них служат как водокольцевые, так и пластинчатороторные вакуумные насосы производительностью 45-60 м³/ч при вакуумметрическом давлении 46-50 кПа.

Основная часть

В настоящее время известна наиболее распространенная конструкция пластинчато-роторного вакуумного насоса состоящая из корпуса, всасывающего и выпускного патрубков, боковых крышек, ротора и радиально расположенных одинарных лопаток [1]. Ключевым вопросом остается совершенствование конструкции и технических параметров пластинчато-роторного насоса. Нами, сотрудниками БГАТУ, совместно с сотрудниками РУП НПЦ НАН по механизации сельского хозяйства был разработан вакуумный насос со сдвоенным и составным рабочим органом и получен патент на полезную модель №9646 от 04.23.2013г.(рис. 1).

Особенностью данного типа насоса является то, что у него сдвоены рабочие лопатки, а так же нижняя составная лопатка (рис. 2) имеет три части, при этом средняя часть имеет форму трапеце-

идального клина с углом при вершине 30^0 и служит для расклинивания составной лопатки при вращении и прижатия торцов её правой и левой частей к пластинам передней и задней крышек корпуса. Для предотвращения зависания верхней цельной лопатки и нижней составной лопатки из-за трения друг о друга верхняя цельная лопатка связана со средней частью нижней составной лопатки пластинчатой пружиной. В результате работы насоса торцевое уплотнение нижней составной лопаткой камеры предотвращает перетекание воздуха и повышает производительность пластинчатороторного вакуумного насоса. Верхняя цельная лопатка служит для предотвращения радиального перетекания воздуха из-за постепенного интенсивного износа клина нижней составной лопатки.

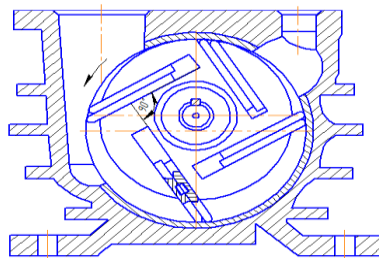


Рисунок 1. Разработанный пластинчато- вакуумный насос со сдвоенным составным рабочим органом

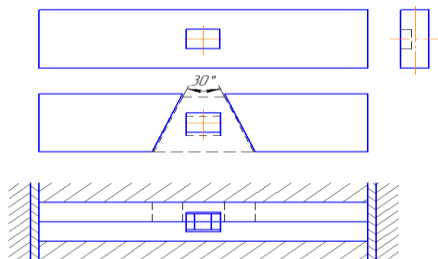


Рисунок 2.Цельная и составная лопатки насоса

Торцы лопаток хорошо прирабатываются к крышкам, вследствие чего производительность насоса по сравнению с насосами с цельными лопатками несколько возрастает и остается постоянной в течении периода эксплуатации. Кроме того, исключается возможность заклинивания лопаток и уменьшается удельное давление их на поверхность цилиндра.

Во избежание отслаивания текстолита и быстрой приработки опорной части лопаток необходимо снимать фаски на пластинах под углом 30^0 .

На величину износа рабочей поверхности цилиндра влияет удельное давление, которое зависит от суммы сил, действующих на лопатку, и от способа расположения лопаток. В отличие от существующих вакуум-насосов, лопатки которых расположены радиально в нашем насосе они установлены наклонно под углом 30^0 .

Для выяснения вопроса о том, какой способ расположения является лучшим, необходимо определить и сопоставить величины удельных давлений лопаток в обоих случаях. Удельное давление радиально расположенной лопатки на цилиндр определяется по формуле.

$$Y_p = \frac{Q}{bL} = \frac{M\omega^2\rho}{bL} = \frac{q\omega^2\rho}{gbL}, \quad (1)$$

Где Q –центробежная сила,кГ.

b -ширина опорной поверхности, равная 0,1см;

L -длина лопатки, равная 20 см;

ρ -расстояние от центра ротора до центра тяжести лопатки, равное 0,064м.

ω -угловая скорость ротора, равная 144 рад/сек;

g -ускорение силы тяжести, $9,81 \text{ м / сек}^2$;

q -вес лопатки, равный 0,08кг [2].

В результате подстановки в формулу приведенных данных максимальное удельное давление лопатки на цилиндрическую поверхность будет равной $5,2 \text{ кГ / см}^2$

При наклонном расположении лопаток (рис.3) центробежная сила Q раскладывается на две составляющие:

$$Q_1 = Q \cos \psi \quad (2)$$

$$Q = Q \sin \psi \quad (3)$$

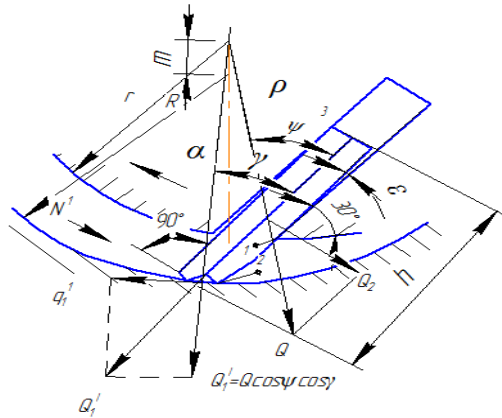


Рисунок 3. Силы действующие на кромки радиально расположенных лопаток насоса.

Сила Q_1 , в свою очередь, разлагается на две составляющие : Q_1^I и q^I . Сила Q_1^I действует на лопатку и создает нормальное давление на поверхность цилиндра. Величина этой силы равна

$$Q_1^I = Q \cos \psi \cos \gamma \quad (4)$$

$$\text{Сила } q^I = Q \sin \psi \cos \gamma \mu \quad (5)$$

Где μ - коэффициент трения, равный 0,08 уменьшает давление при движении лопатки от центра ротора и увеличивает при движении ее к центру.

Откуда суммарная сила ,действующая на лопатку, будет равна

$$Q_1^I + q^I = Q(\cos \psi \cos \gamma \pm \sin \psi \cos \gamma \mu) \quad (6)$$

Пользуясь приведенной выше формулой (6), найдем удельное давление наклонно расположенной лопатки, равным

$$Y_n = \frac{Q}{bL} (\cos \psi \cos \gamma \pm \sin \psi \cos \gamma \mu) \quad (7)$$

Принимая угол $\gamma = 23^\circ$, постоянный угол наклона лопатки $\psi = 30^\circ$ и все данные насоса с радиальным расположением лопатки, получим максимальное удельное давление на цилиндрическую поверхность $4,3 \text{ кГ} / \text{см}^2$ [3].

Сила $Q \sin \psi / \mu$ давит на большую площадь лопатки и создает небольшое удельное давление, а в случае применения обильной смазки лопатка будет скользить по масляной пленке.

Более легкое скольжение наклонно расположенной лопатки в пазу ротора происходит и при сжатии воздуха от силы N^1 (см. рис. 3), так как она опирается на цилиндр в точке 2, а в пазу ротора в точке 1.

При радиальном расположении сила N^1 прижимает лопатку в пазе ротора только к точкам 1-3, образуя консольный вылет лопатки.

Максимальный вылет лопатки будет равен двум эксцентриситетам- $2m$

Давление P_1 в точке 1 при радиальном расположении лопатки определяется по формуле

$$P_1 = \frac{h(N^1 + 2F)}{2(h - 2m)} \quad (8)$$

Где N^1 -сила сжатия воздуха, равная $0,5Lh$, кГ;

h -ширина лопатки, см;

L -длина лопатки, см;

m -эксцентриситет, см;

F - сила трения лопатки по цилиндрической поверхности, равная $Q\mu$.

Величина силы P_1 в этом случае будет не менее 30 кГ.

Наличие угла ε затрудняет движение лопатки к центру. Этот угол образуется вследствие зазора между лопаткой и пазом ротора, равного 0,3мм, и местного износа лопатки в точках 1-3 (рис.3).

При большом угле ε лопатки могут заклиниваться и ломаться, если они не обладают достаточной прочностью.

Чем больше вылет лопатки ,тем больше будет сила P_1 в точке 1; вследствие этого местный износ и угол ε увеличиваются.

Практически установлено ,что для радиального расположения лопаток эксцентриситет m должен быть не меньше $0,12R$. Так ,например, при $R=72,5\text{мм}$ – эксцентриситет $m=8\text{ мм}$.

Ширина лопатки должна быть не менее $4m$, а толщина не менее $0,7m$.

Наклонно расположенная лопатка работает как балка на двух опорах 1-2 (см. рис. 3) и ,следовательно, вылет ее и эксцентриситет можно допустить больше, чем при радиальном расположении , и принять $m=0,17R$.

Заключение

1.За счет сокращения торцевых перетечек воздуха внутри насоса производительность его можно увеличить до 30%.

2. Удельное давление радиально расположенной лопатки на цилиндр больше , нежели удельное давление лопаток на цилиндр расположенных под углом к цилиндру, а значит увеличивается и величина износа рабочей поверхности цилиндра .

3.При большом вылете наклонно расположенных лопаток захватываемый объем разреженного воздуха увеличивается ,а следовательно ,возрастает и производительность насоса.

4.При одинаковой номинальной производительности насос с наклонным расположением лопаток будет иметь меньший вес ,так как длины ротора ,корпуса и лопаток уменьшаются.

Список использованной литературы

1.Мжелский Н.И. Вакуумные насосы для доильных установок./ – М.: Машиностроение. 1974г.- 151с

2. Руководство по эксплуатации. Насос пластинчато-роторный вакуумный ДВН-1. ОАО «Технолит» г.Полоцк 2010г.- 31 с

3. Салманис А.Я. Результаты исследования некоторых параметров ротационного-пластинчатого вакуумного насоса для доильных машин.//Науч.тр./ЦНИИМЭСХ.-1976.Вып.15.-214 с.

4 Дашков В.Н. Технология и оборудование для доения коров/В.Н.Дашков, В.О.Китиков, Э.П.Сорокин. -Минск: Учебно-методический центр Минсельхозпрода,2007.-175с.

УДК 633.34:631.5 **МАРИНА, статья уже введена!!!**

В.В. Чумаков¹, к.т.н., А.И. Пунько¹, к.т.н.

Г.Г. Тычина², к.т.н., Ф.Д. Сапожников², к.т.н., доцент,

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; ²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» г. Минск, Республика Беларусь

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЛКОВЫХ КОРМОВ ИЗ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПТИЦЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Введение

Насыщение продовольственных рынка республики высококачественными молочными и мясными продуктами собственного производства является одной из важнейших задач на ближайшую перспективу. Для удовлетворения растущих потребностей животноводческих, птицеводческих и рыбоводческих хозяйств высококачественными комбикормами собственного производства требуется внедрение новых технологий и техническое переоснащение комбикормовых предприятий перспективным современным оборудованием.

Основная часть

Традиционные технологии, как отечественные, так и зарубежные, позволяют получать из отходов кормовую муку с низким содержанием усвояемого белка (перевариваемость белка 25-50 %), при этом 50-75 % доступного белка теряется из-за жесткого температурного многочасового процесса обработки. Кроме того, традиционные процессы обработки требуют значительных энергетических затрат и загрязняют окружающую среду.

В традиционном технологическом процессе переработки отходов потрошения птицы используют вакуумные котлы (котлы Лапса), в которых слой сырья медленно, обычно в течение 30-120 мин, нагревается до критической температуры стерилизации (120 °С), при которой погибает основная масса спор теплоустойчивых бактерий. Как правило, продолжительность процесса переработки составляет 6-12 ч. При этом часть сырья быстро достигает температуры стерили-

лизации и в течение остального времени подвергается перегреву [1].

Жесткие температурные условия и длительность процесса обработки приводят к денатурации белка и значительному снижению доступности аминокислот, особенно лизина – основной лимитирующей аминокислоты для птицы. Кроме того, существенным недостатком традиционной технологии является и то, что гидролиз в котлах Лапса практически не затрагивает кератин пера, доля которого во вторичных продуктах потрошения птицы составляет по протеину не менее 50 %. Кератин отличается высокой устойчивостью к воздействию различных реагентов и не расщепляется ферментами пищеварительных соков человека, животных и птицы, т.е. практически неусвояем.

Учитывая эти факторы, а также усиление контроля за соблюдением экологического законодательства требуются принципиально новые технологии переработки отходов.

В разработанной технологии производства высококачественного кормового продукта с высоким содержанием белка в качестве исходного сырья используются боенские отходы и перо птицы после переработки.

Смесь предварительно измельченного животного сырья с растительным наполнителем с целью понижения влажности, в соотношении 1: 3-5 подвергается сухому экструдированию. В рабочей зоне экструдера за счет сил трения, а также дополнительно за счет электрического нагрева создается температура 120-170 °С и давление 1,0-5,0 МПа, благодаря чему за время обработки, которое составляет 30-90с продукт стерилизуется, происходит гидролиз белка и крахмала с увеличением декстринов и общих сахаров, дезактивация ферментов липазы, ингибиторов трипсина, разрушаются патогенные (болезнетворные) микроорганизмы. В итоге полученный продукт стерилен, доступен для действия пищеварительных соков и ферментов, имеет хорошие переваримость и вкусовые качества [2].

Технологическая схема представлена на рисунке 1, а общий вид линии – на рисунке 2.

Боенские отходы и перо птицы из бункера цеха убоя птицы шнековым транспортом 1 подаются в пастоприготовитель 2, где

они перемалываются и затем шнековым транспортером 3 подаются в смеситель 4.

Для коррекции влажности смеси шнековым транспортером 5 из бункера в смеситель 4 подается порция зернофуража или иного наполнителя.

После перемешивания исходных компонентов полученная масса шнековым транспортером 7 подается в бункер 8, из которого масса шнековыми транспортерами 9, 10 подается через питатели 13, 14 в экструдеры 11, 12, где происходит процесс экструзии смеси.

Полученный экструдат шнековыми транспортерами 15 подается в охладитель 16 для снижения температуры. Далее охлажденный экструдат по пневмопроводу 18 подается в молотковую дробилку 19, где осуществляется измельчение материала до фракции 2-3 мм.

Из дробилки 19 измельченная масса подается в смеситель 20, где дополнительно происходит перемешивание экструдата протеиновой кормовой добавки до однородной массы. Из смесителя 20 полученная протеиновая добавка шнековым транспортером 21 загружается в бункер готовой продукции и через дозатор 22 может фасовываться в тару.

Результаты эксплуатации линии показывают, что по сравнению с традиционной технологией достигается значительное снижение затрат: электроэнергии – на 5 %; металла – на 4 %, полностью исключается применение жидкого топлива.

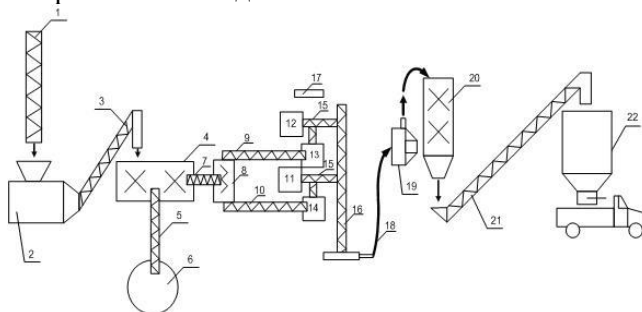


Рисунок 1 – Технологическая схема разработанного комплекта оборудования:

1, 3, 5, 7, 9, 10, 15, 21 – шнековый транспортер; 2 – пастоприготовитель; 4 – смеситель; 6 – бункер с дозатором для наполнителя; 8 – блок бункеров; 11, 12 – экструдеры; 13, 14 – питатель экструдера; 16 – охладитель экструдата; 17 – блок управления; 18 – пневмопровод; 19 – дробилка; 20 – смеситель; 22 – бункер готовой продукции с дозатором



Рисунок 2 – Общий вид применяемого оборудования

Анализ опытных партий протеиновых кормовых добавок проведен в Центральной научно-исследовательской лаборатории хлебопродуктов Департамента по хлебопродуктам Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Результаты испытаний показали, что экструзионная обработка исходных компонентов сохраняет аминокислотный комплекс, эффективно повышает питательную ценность белковой кормовой добавки и облегчает ее усвоение птицей.

Данные по содержанию и усвояемости протеина подтверждены протоколами испытаний.

При экструдировании перопухового сырья от убоя цыплят бройлеров, что содержание сырого протеина в данном продукте составило 64,2 %, а массовая доля переваримого протеина, определенного по методу «*invitro*», достигло 51,6 % или 80,4 % по отношению к общему содержанию белка

Заключение

Предложенная технология и комплект оборудования позволят птицеперерабатывающему предприятию решить проблему утилизации отходов от переработки продукции, а также произвести высокобелковую усвояемую кормовую добавку, что приведет к ликвидации или снижению объемов закупок дорогостоящих белковых компонентов.

Список использованной литературы

1. Кадыров, Д. Экструзионная переработка биологических отходов в корма. 2008. Птицеводство. № 7.
2. Передня В.И., Китиков В.О, Чумаков В.В. 2013. Отходы в доходе. Журнал Комбикорма №10. 51-52 с.

УДК 631.22.018

И.И. Скорб, старший преподаватель

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ВЫБОР ТИПА ВИНТОВОЙ МЕШАЛКИ МИКСЕРА ДЛЯ НАВОЗА

Введение

Перед удалением расслоившегося навоза из навозохранилищ или гидравлических каналов животноводческих помещений его необходимо перемешать с помощью специальных миксеров, до тех пор пока все слои не перемешаются и вся масса не станет однородной. В хорошо перемешанном навозе питательные вещества (N,P,K) равномерно распределяются по всему объему и практически в нем нет осадка на дне. Миксеры для жидкого навоза могут иметь привод от электродвигателя или от ВОМ трактора, могут быть стационарными и передвижными[1].

Основная часть

Основным рабочим органом миксеров для жидкого навоза, как правило, является винтовая мешалка. Рассмотрим подробно её конструкцию и параметры.

Винтовая мешалка преобразует вращение вала двигателя в гидравлический напор. Лопасть винтовой мешалки представляет собой гидродинамический профиль, который работает под определенным углом наклона к водному потоку, отбрасывая (ускоряя) его и образуя, таким образом, напор. Лопасть имеет входящую и выходящую кромки, а также рабочую (нагнетающую) поверхность,

Основной характеристикой винтовой мешалки является шаг. Если винтовая мешалка совершит полный оборот, то можно измерить

расстояние, на которое она продвинется, при условии, что жидкость является твердым телом. Это геометрическое перемещение, равное длине витка винтовой поверхности, часть которой образует лопасть, называют геометрическим шагом или просто шагом винтовой мешалки.

Винтовая мешалка (Рис.1) состоит из центральной ступицы и нескольких лопастей, имеет измеряемый диаметр. Число лопастей незначительно влияет на коэффициент полезного действия винтовой мешалки.



Рисунок 1 - Винтовая мешалка с тремя и четырьмя лопастями

По мере увеличения размера лопасти или увеличением количества лопастей, увеличивается так называемое отношение диаметра к площади. Хотя увеличение площади лопастей увеличивает площадь действия сил, создающих гидравлический напор, но увеличивается и трение.

Чтобы уменьшить трение, создаваемое лопастями, их должно быть меньше, но не меньше двух.

Достоинством четырех лопастной винтовой мешалки является то, что у неё количество противостоящих лопастей равно, что делает её работу ровной, позволяет быстрее создавать гидравлический напор.

Для гомогенизации сильно разбавленного (98% и более) жидкого навоза достаточно миксера с двух- или трех лопастной винтовой мешалкой, если навоз имеет влажность 92-94% желательно использовать четырех лопастную винтовую мешалку.

Если необходимо создать больший гидравлический напор, то необходимо использовать винтовую мешалку большего диаметра, при этом необходимо учитывать, сможет ли двигатель создать требуемые обороты. Также для увеличения гидравлического напора можно использовать винтовую мешалку увеличенного шага, но меньшего диаметра. Таким образом, при выборе винтовой мешалки необходимо сбалансировать диаметр и шаг винта.

Если достигнуты максимальные возможные обороты мотора, то можно только увеличивать шаг при уменьшении диаметра, или увеличивать диаметр, соответственно уменьшая шаг. При использовании миксера в гидравлических каналах животноводческого помещения увеличение диаметра проблематично, так как канал имеет ограниченные геометрические размеры [2].

Трех лопастная винтовая мешалка имеет меньшее сопротивление и более высокий коэффициент полезного действия, однако на трех лопастных мешалках раньше возникает кавитация.

Однако при небольших мощностях максимально достигаемый гидравлический напор с четырех лопастной мешалкой меньше по сравнению с трех лопастной мешалкой того же диаметра и шага.

Диаметр винтовой мешалки - это диаметр окружности, охватывающей все лопасти мешалки. Обычно чем меньше обороты приводного вала, тем больше должен быть диаметр мешалки. Правильный выбор диаметра очень важен. Как правило, для малооборотистых миксеров используют винтовую мешалку с большим диаметром, для высокооборотистых - с меньшим.

Лопасты могут иметь самую разнообразную форму. Наиболее распространены лопасти типа «круглое ухо» и эллиптические. Такие винтовые мешалки обеспечивают оптимальный гидравлический напор. Некоторые модели миксеров имеют винтовые мешалки, лопасти которых сужаются к кончикам. Это уменьшает трение. Винтовые мешалки, лопасти которых закручены в направлении вращения, называются косыми. Такая форма идеально подходит для перемешивания жидкого навоза с волокнистыми остатками, поскольку такие лопасти не склонны накручивать их на себя. Форма очертаний лопасти как правило не влияет на коэффициент полезного действия винтовой мешалки.

Овальное очертание лопасти является таким же благоприятным, как и асимметричное в его различных вариантах. При асимметричном очертании лопасти входную кромку скашивают так, чтобы вход лопасти в навозную массу происходил как можно мягче. Сегментные лопасти применяются для повышения эффективности винтовой мешалки при определенных условиях: винтовая мешалка с сегментными лопастями сведет к минимуму кавитацию при больших нагрузках.[2]

Высокая частота вращения мешалки становится причиной кавитации - вскипания жидкости и образования пузырьков паров в области разрежения на всасывающей стороне лопасти. В начальной стадии кавитации эти пузырьки невелики и на работе мешалки практически не сказываются. Однако когда эти пузырьки лопаются, создаются большие местные давления, отчего поверхность лопасти выкрашивается. При длительной работе кавитирующей винтовой мешалки такие эрозионные разрушения могут быть настолько значительными, что эффективность её снизится.

Момент наступления кавитации зависит не только от частоты вращения но и от ряда других параметров. Так, чем меньше площадь лопастей, больше толщина их профиля и ближе к поверхности расположена мешалка, тем при меньшей частоте вращения, то есть раньше наступает кавитация. Если мешалка расположена близко к поверхности, то происходит засасывание воздуха. Это явление называется поверхностной кавитацией. Возникновение поверхностной кавитации характерно для миксеров, применяемых для перемешивания навозной массы в гидравлических каналах. Считается, что расстояние от оси винтовой мешалки до поверхности жидкости должно быть не менее её диаметра.

Заключение

Перемешивание навоза перед уборкой из навозохранилищ и каналов гидравлических систем является обязательным технологическим приёмом от которого в большей степени зависит надёжность работы насосов, цистерн-разбрасывателей и дождевальных установок, полнота его выгрузки из хранилищ и равномерность распределения питательных элементов и органического вещества, как в самом навозе, так и на удобряемой площади, поэтому важен выбор соответствующего миксера для навоза, конструкция которого обеспечивала бы высокое качество перемешивания навоза.

Список использованной литературы

- 1.Вейнла В.Э., Ази М.М. Энергоемкость системы удаления навоза// Механизация и электрификация сел. хоз-ва. 1984. №7. С.47.
- 2.Интернет-портал [Электронный ресурс]/-Режим доступа: www.acepropeller.com / Дата доступа 23.04.2015.

УДК 637.11

Ю. А. Линник, старший преподаватель
*Днепропетровский государственный агроэкономический
университет, г. Днепропетровск, Украина*

ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОЛОКО- ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ДОИЛЬНОМ АППАРАТЕ

Введение

В процессе перемещения молочно-воздушной смеси по молочному шлангу доильного аппарата наблюдается флуктуация вакуумметрического давления. В зависимости от типа молочной системы, конструктивно-технологических параметров доильного аппарата и режимов его работы режим течения молочно-воздушной смеси можно скорректировать, тем самым достигая уменьшения флуктуации вакуумметрического давления.

Анализ теоретических и экспериментальных исследований [1-7] показал, что движение молочно-воздушной смеси как двухфазной среды по молочному шлангу доильного аппарата не исследованы в полной мере. В указанных исследованиях нет математических моделей, описывающих динамику изменения вакуумметрического давления в процессе перемещения молочно-воздушной смеси для различных молочных систем доильных установок. Молочные системы современных доильных установок можно разделить на два типа: с верхним и нижним молокопроводом [8]. Понятно, что режимы течения молочно-воздушной смеси в каждой из указанных систем отличаются, поэтому и возникает необходимость их исследовать.

Целью исследований – определить флуктуацию вакуумметрического давления в молочном шланге доильного аппарата и проверить адекватность созданных математических моделей.

Основная часть

В результате численного моделирования процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильном аппарате в программном пакете Star CCM+ были получены математические зависимости

флуктуации вакуумметрического давления от режимов работы доильного аппарата одновременного действия [9-10]:

– для верхнего молокопровода:

$$\begin{aligned} \Delta P = & -1,3813 + 0,490741 (A + B) - \\ & 0,509259 (A + B)^2 - 0,0567639 n + \\ & + 0,00069444 (A + B)n + \\ & 0,00051852 n^2 + 0,0604815 P + \\ & + 0,00277778 (A + B)P + \\ & 0,00044444 nP - 0,00014814 P^2 + \\ & + 1,05162Q + 0,104167 (A + B)Q - \\ & 0,00017361 nQ + 0,020254 Q^2; \end{aligned} \quad (1)$$

– для нижнего молокопровода:

$$\begin{aligned} \Delta P = & 2,76713 - 0,072831 n + \\ & 0,00060787 n^2 + 0,0450231 Q + \\ & 0,350405 Q^2; \end{aligned} \quad (2)$$

где Q – скорость выведения молока, л/мин.; n – частота пульсаций, мин⁻¹; P – рабочее вакуумметрическое давление вакуумной системы, кПа; A+B – фаза пульсаций доильного аппарата.

Согласно разработанной методики экспериментальных исследований процесса перемещения молоко-воздушной смеси в доильном аппарате однократного действия создана математическая модель влияния его режимов работы на флуктуацию вакуумметрического давления, которую можно представить в виде [11]:

– для верхнего молокопровода:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{вмод}} = & 4,41875 - 0,031625n + \\ & 0,0006n^2 - 3,09375Q - 0,0101563Qn + \\ & 0,089375QP - 0,06 P \end{aligned} \quad (3)$$

– для нижнего молокопровода:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{нмод}} = & 2,92625 + 0,328125 Q^2 - 0,971875Q + \\ & + 0,0178125 Qn - 0,078 n + 0,0006375 n^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Для сравнения математических моделей процесса перемещения молоко-воздушной смеси в доильном аппарате одновременного действия при верхнем молокопроводе, полученные при численном моделировании и экспериментальных исследований построим графики соответствующих зависимостей (1) и (3) (рисунки 1-2). Максимальное отклонение значения флуктуации вакуумметрического давления между экспериментальными и теоретическими данными в

заданном диапазоне факторов составляет 0,81 кПа, а коэффициент корреляции – 0,92.

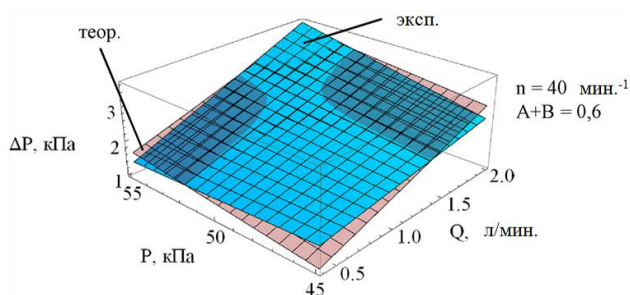


Рисунок 1 – Теоретическая и экспериментальная зависимости влияния скорости выведения молока Q и рабочего давления вакуумной системы P на флуктуацию вакуумметрического давления ΔP в молочном шланге доильного аппарата одновременного действия для верхнего молокопровода

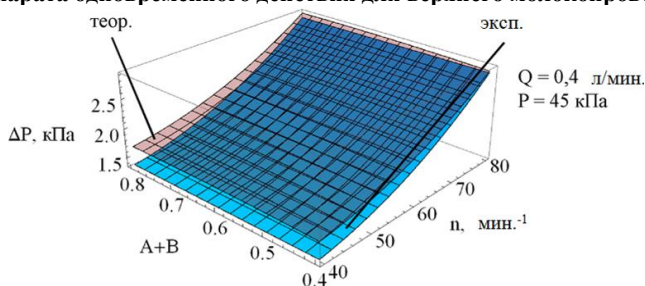


Рисунок 2 – Теоретическая и экспериментальная зависимости влияния частоты пульсаций n и фазы $A + B$ на флуктуацию вакуумметрического давления ΔP в молочном шланге доильного аппарата одновременного действия для верхнего молокопровода

Для сравнения математических моделей процесса перемещения молоко-воздушной смеси в доильном аппарате одновременного действия при нижнем молокопроводе, полученные при численном моделировании и экспериментальных исследований построим графики соответствующих зависимостей (2) и (4) (рисунки 3-4). Максимальное отклонение значения флуктуации вакуумметрического давления между экспериментальными и теоретическими данными в заданном диапазоне факторов составляет 0,34 кПа, а коэффициент корреляции – 0,93.

Анализ рисунков 1-4 показывает, что характер теоретических и экспериментальных зависимостей одинаков, а высокий коэффициент корреляции свидетельствует об адекватности разработанных теоретических моделей.

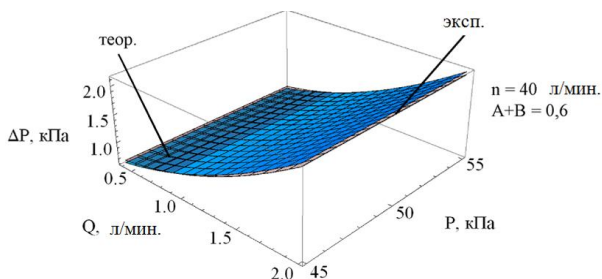


Рисунок 3 – Теоретическая и экспериментальная зависимости влияния скорости выведения молока Q и рабочего давления вакуумной системы P на флуктуацию вакуумметрического давления ΔP в молочном шланге доильного аппарата одновременного действия для нижнего молокопровода

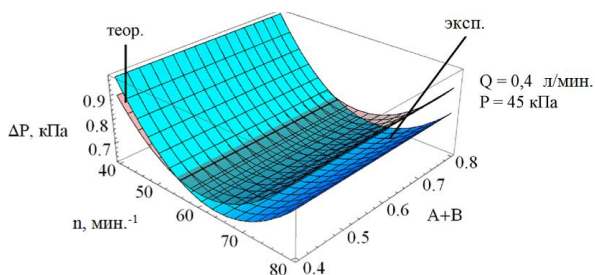


Рисунок 4 – Теоретическая и экспериментальная зависимости влияния частоты пульсаций n и фазы $A + B$ на флуктуацию вакуумметрического давления ΔP в молочном шланге доильного аппарата одновременного действия для нижнего молокопровода

Заключение

В результате исследований установлены зависимости флуктуации вакуумметрического давления в молочном шланге доильного аппарата одновременного действия от режимов его работы. Анализ теоретических и экспериментальных зависимостей показал, что их характер одинаков, а высокий коэффициент корреляции свидетельствует об адекватности разработанных теоретических моделей.

Список использованной литературы

1. Фененко А.І. Механізація доїння корів. Теорія і практика: Монографія / А. І. Фененко – К., 2008. – 198 с.
2. Ткач В.В. Модель движения молока по безнапорному незаполненному молокопроводу / В.В. Ткач // Механізація та електрифікація сільського господарства – Глеваха, 2010. – Вип. 84. – С. 59-62.
3. Ткач В.В. Доїльна установка з роздільним режимом транспортування молока і повітря / В.В. Ткач // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2010. – Вип. 95. – С. 178-183.
4. Москаленко С.П. Исследование режимов транспортирования молока по трубопроводам на молочно-товарных фермах и комплексах. Автореф. канд. техн. наук. – К.: 1974. – 26 с.
5. Кирсанов В.В. Оптимизация гидравлических параметров молоко проводов доильных установок / В.В. Кирсанов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – №8 – С. 14-16.
6. Stephen B. Spencer. Milking System Design for Large Herds / Stephen B. Spencer // Western Large Herd Dairy Management Conference, Las Vegas Nevada. – 1993. – P. 10-15.
7. Birchal V. S. Modeling and simulation of milk emulsion drying in spray dryers / V. S. Birchal1, M. L. Passos // Brazilian Journal of Chemical Engineering, Brazil. – 2005. – Vol. 22, No. 02. – P. 293 - 302.
8. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
9. Линник Ю.А. Моделирование процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильной установке с верхним молокопроводом / Ю.А. Линник, С.И. Павленко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 80–83.
10. Павленко С.И. Результаты численного моделирования процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильном аппарате

/ С.И. Павленко, Э.Б. Алиев, Ю.А. Линник // Вестник ВНИИМЖ. Серия: Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве – М., 2014. – №4(16). – С.77-81.

11. Линник Ю.О. Експериментальні дослідження процесу переміщення молочно-повітряної суміші в доїльний установці з верхнім молокопроводом/ Ю.О. Линник, В.Ю. Дудін, Е.Б. Алієв // Технічні системи і технології тваринництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2015. – Вип. 157. – С. 146-152.

УДК 636.087.22

З.В. Ловкис¹, член-корр. НАН Беларуси, д.т.н., профессор,

Е.В. Евтушевская¹, Н.А. Прокопьев², к.т.н., доцент

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»,

²БГАТУ, г. Минск, РБ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ КАРТОФЕЛЕКРАХМАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В СОСТАВЕ КОРМОВ

Введение

В картофелеперерабатывающей промышленности, конечным продуктом которой являются картофельные полуфабрикаты или готовые продукты питания, основным сырьем производства является картофель.

В настоящее время промышленная переработка картофеля в целом развивается в двух направлениях: переработка картофеля на крахмал и переработка картофеля на продукты питания [1, 2].

Производство, как крахмала, так и картофелепродуктов осуществляется на технологических линиях, где картофель подвергается многочисленным технологическим операциям. В результате, образуются разнообразные побочные продукты (отходы), которые необходимо утилизировать. В связи с возрастающими темпами производства продуктов питания из картофеля увеличивается и количество отходов [3, 4].

Основная часть

Ежегодно в Республике Беларусь производится около 20 тыс. тонн крахмала, 3 тыс. тонн сухого картофельного пюре, 3 тыс. тонн чипсов, 6 тыс. тонн сухого полуфабриката из картофеля, 500 тонн замороженных картофелепродуктов.

Количество отходов в Республике Беларусь за год составляет: мезги – 60-70 тыс. тонн, отходы при производстве сухого картофельного пюре – до 10 тыс. тонн, сточные воды – 100-120 тыс. тонн.

Для всех перечисленных производств, присущ один из основных недостатков – это неполное использование сухих веществ перерабатываемого картофеля и образование отходов, количество которых зависит от вида производимого продукта и промышленной технологии производства и достигает до 60%.

Количество отходов, а также уровень использования их предприятием в значительной степени влияют на себестоимость продукции, что, в свою очередь, требует рационального подхода в вопросах совершенствования технологии переработки сырья и утилизации отходов.

Анализируя литературные данные и существующие технологии получения продуктов питания из картофеля и крахмала, были определены основные технологические операции, при которых образуется основное количество отходов. Это процесс мойки, очистки, доочистки, резки бланшировки.

Условно отходы картофеля могут быть разделены на твердые и жидкие. К твердым отходам относятся: - некондиционный картофель (может составлять до 30% от массы сырья);

- отходы, полученные при доочистке картофеля (достигает 20% к массе сырья);

- отходы, полученные при подсушке, сушке, инспекции, расфасовке и других операциях, которые составляют 2-5%.

К жидким отходам относятся:

- отходы, полученные при очистке, бланшировке, варке и других операциях (достигает 30% к массе сырья). Жидкие отходы содержат 3-5% сухих веществ;

- картофельная мезга, получаемая при переработке на крахмал мелкого и некондиционного картофеля.

В результате проведенного литературного анализа выявлено, что отходы картофелекрахмальных производств используют, как на пищевые, кормовые и технические продукты в комплексе по трем направлениям, так и по каждому направлению в отдельности, но наиболее распространенным является использование отходов на производство кормов. Содержание сухих веществ картофеля и отходов картофелеперерабатывающих производств представлены в таблице 1[5].

Таблица 1 – Распределение сухих веществ картофеля в продуктах и отходах картофелекрахмального производства

Составные части картофеля	Содержание в %				
	в карто- феле	в крахма- ле	в соковой воде	в сырой мезге	в сухой мезге (влажность 12%)
Крахмал.....	18,5	15,82	0,38	2,30	45,0
Клетчатка.....	1,15	—	—	1,15	22,5
Углеводы растворимые	1,10	—	0,97	0,13	2,5
Минеральные вещества	1,10	0,09	0,67	0,24	4,7
Азотистые вещества...	2,00	—	1,76	0,24	4,7
Жиры.....	0,15	—	0,13	0,02	0,39
Прочие вещества.....	1,10	0,02	0,67	0,41	8,0
Всего	25,00	15,93	4,58	4,49	88,0

В настоящее время существуют разнообразные способы переработки картофеля и отходов его переработки в кормовые продукты, такие как мезга, протеиновый концентрат, кормовая мука.

Картофельные отходы скармливают в свежем, силосованном и высушенном виде.

Одним из эффективных способов использования мезги является приготовление сырых кормов. Их готовят смешивание прессованной мезги (влажностью 80%) с неразбавленным картофельным соком. При отсутствии мезгопрессов можно смешивать с картофельным соком мезгу после центробежно-лопастных сит (влажность 90%). Сырой корм подлежит немедленной реализации, так как является скоропортящимся продуктом [5].

Содержание в картофельной мезге значительного количества крахмала, высокая степень усвояемости клетчатки делает мезгу ценным кормом. Один из способов консервирования картофельной мезги – силосование. Мезга хорошо силосуется при влажности 70-75%.

Были проведены исследования и установлено, что картофельная мезга, как непрессованная, так и прессованная, хорошо силосуется; прибавление к ней картофельного сока улучшает качество силоса, так как в нем возрастает содержание белков, сахара и зольных веществ. При силосовании мезги с картофельным соком целесообразно добавлять мякину и соломенную резку, что бы использовать этот малоценный корм.

В силосованной мезге сухого вещества – 24,1%, 0,25-0,27 корм. ед., протеина – 1,2 %, жира – 0,1 %, клетчатки – 2,2 %, БЭВ – 20,2 %, золы – 0,4%. Переваримость органического вещества – 78%.

Исследована возможность хранения сульфитированного картофельного сока. Установлено, что он хорошо храниться более 100 дней даже при температуре около 20 °С при содержании сернистого ангидрида в количестве 0,5% по массе продукта.

Целесообразно производить смешивание данной ферментированной белковой суспензии с отпрессованной мезгой.

При смешивании отпрессованной до влажности 75 % мезги с белковой суспензией получают хороший молочнокислый корм.[6]

Сейчас очень широко используется технология биоконверсии отходов, которая предназначена для переработки сырых компонентов, не используемых в традиционном кормопроизводстве, в высококачественные углеводно-белковые кормовые добавки (УБК) и комбикорма.

Кормовая добавка УБК, используется как основной компонент при производстве комбикормов в соотношении 1:1, как добавка к грубым растительным кормам, при производстве простых кормовых смесей с измельченным фуражным зерном, отрубями, зерноотходами и др., с нормой ввода до 25-65% [7].

Наиболее удобным видом корма, являются высушенные корма, которые могут быть использованы в качестве основного корма, а

также в качестве ценного компонента в комбикормах при условии обязательного добавления в пищу белков и минеральных веществ.

Питательная ценность картофельных кормов на основании литературных источников приведена в таблице 2.

В таблице 3 приведены справочные данные потреблению картофельных кормов для сельскохозяйственных животных.

Таблица 2 – Питательная ценность 1 кг картофельных кормов из картофельных отходов

Наименование корма	Сухие вещества, г	Содержание кормовых единиц	Сырой протеин, г	Переваримый протеин, г	Углеводы, г	Клетчатка, г
Карт. сок	50	0,06	0,25	16	9	8
Мезга сырая (90%)	90	0,11	5	2	45	7
Мезга частично обезвожен.	170	0,19	9,4	3,8	85	24
Мезга сухая	860	0,95	46	20	430	130
Корм сырой	70	0,08	12,6	7,9	35	6
Корм запаренный	60	0,07	10	6,8	29	5

Таблица 3 – Суточные нормы потребления картофельных кормов для животных, кг

Корм	Животные			
	Коровы дойные*	Молодняк от 6 мес. до 1 года	Молодняк старше 1 года	Свинки и откорм**
Картофельный сок	20-25	7-12	20-25	3-5
Мезга сырая	18-20	7-12	18-20	6-8
Мезга частично обезвоженная	10-12	4-6	8-10	4-6
Мезга сухая	2-2,5	1-1,5	1,5-2,0	0,3-0,5
Корм сырой	20-25	7-12	20-25	6-8
Корм запаренный	20-35	10-15	20-25	6-8
Корм белковый (сброженный)	20-30	10-15	20-25	6-8
Сгущенный белок	8-10	4-5	6-8	3-4
Уваренный фильтрат I	4-5	1-1,5	1-1,5	0,5-0,6
Уваренный фильтрат II	8-4	0,5-0,7	0,7-1,0	0,3-0,4
Углеводно-белковый гидролизат I (30%)	4-5	1,-1,5	1,0-1,5	0,5-0,6
Углеводно-белковый гидролизат II (50%)	8-4	0,5-0,7	0,7-1,0	0,8-0,4
Корм белковый (сухой)	2,0-2,5	1-1,5	1,5-2,0	0,3-0,5

* - при переработке молока на масло норму мезги снижают до 12 кг/сут. ** - свиньям все виды кормов скармливают в запаренном виде [8].

Заключение

Анализируя состояние картофелеперерабатывающей отрасли, было определено, что при производстве продуктов питания из картофеля количество образующихся отходов достигает до 60%, причем качественный состав отходов разнообразен. По своему агрегатному состоянию отходы разделяются на жидкие и твердые. В связи с этим, связаны трудности с их утилизацией.

В результате проведенных исследований было установлено, что одним из перспективных направлений переработки отходов является получение на их основе продуктов утилизации в сухом виде.

На основании мирового опыта определена область применения отходов из картофеля и конечный продукт, получаемый при переработке отходов.

Установлено, что одним из эффективных способов использования и хранения отходов, является производство высушенного корма. Сухая мезга – это углеводный корм со сроком хранения более одного года. Килограмм сухой мезги содержит около 1 кормовой единицы. В ней низкое содержание белка, минеральных веществ и витаминов. Поэтому при скармливании сухой мезги необходимо добавлять минеральные вещества и витамины, а также белок.

На основании проведенных ранее исследованиях, с учетом количеств образующихся отходов на картофелеперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь, были изучены нормы потребления картофельных кормов для таких сельскохозяйственных животных, как КРС и свиньи, и установлено применение сухих отходов в качестве компонента для производства комбикормов.

Список использованной литературы

1. Гусынина Е. Т., Ковганко Р. Л. / Новые виды продуктов питания из картофеля. – В кн.: Проблемы картофеля./- Минск, 1974, с. 93-100.
2. Трегубов Н. Н., Милютин А. А. / Технология крахмала / - Пищевая промышленность, 1965.-410 с.

3. Юрченко А. Е. и др./ Вторичные материальные ресурсы пищевой промышленности. Справочник/ Москва «Экономика» – 1984 г.
4. Жалейко Г. А. и др./ Переработка отходов/ Белорусский научно-исследовательский центр «Экология» – Мн. 1991 г.
5. Лаврова Ю.А. / Экологические проблемы на пищевых производствах / реферат.
6. Воротеницкая С. Л., Суменков Б. И., Шахов А. Б. / Комплексное использование сырья и отходов в пищевой промышленности/ - Консервная промышленность.-1974.- №10.- С. 5-8
7. Деншиков М. Т. / Отходы пищевой промышленности и их использование/- М. Пищепромиздат, 1963 г.
8. Купрейчик В. М. /Использование побочных продуктов переработки сельскохозяйственного сырья в кормлении молодняка свиней/ - Авторефера, Гродно, 2008 г.

УДК 636.2.087.72.37

Н.В. Телицына¹, научный сотрудник,

Г.З. Гуцева², старший научный сотрудник

¹*РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, РБ,*

²*ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», г. Гомель, РБ*

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ЦЕЗИЯ-137 В МЫШЕЧНУЮ ТКАНЬ ЛОШАДЕЙ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ

Введение

В Республике Беларусь конина традиционно используется в пищевых целях. Оршанский мясоконсервный комбинат, Слонимский мясокомбинат, Калинковичский мясокомбинат и многие другие используют конину в качестве мясосырья и выпускают колбасы «Кубанская б/с», «Степная», консервы «Конина тушеная», а также детское питание «Пюре из говядины с кониной» и другие.

Роль мяса (в том числе и конины) в радиоактивном загрязнении рациона человека весьма существенная. Поэтому выяснение аспектов перехода радионуклидов из рациона в мясо представляется особо важным.

Основная часть

В настоящее время в соответствии с гигиеническим нормативом (ГН 10-117-99) «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде» (РДУ-99) допустимое содержание цезия-137 в конине не должно превышать – 370 Бк/кг, а в соответствии с техрегламентом таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) – 200 Бк/кг.

Одним из основных преимуществ разведения лошадей в хозяйствах, расположенных на территориях радиоактивного загрязнения является возможность эффективного использования кормовой базы, то есть лошадям могут скармливаться корма с высоким уровнем загрязнения цезия-137, однако, при этом можно получать конину соответствующую существующим требованиям по радиационному фактору.

Реальные возможности снижения переходов радионуклидов в организм животных проявляются в организации рационального кормления и содержания.

В соответствии с «Рекомендациями по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012-2016 годы» в системе мероприятий по снижению концентрации радионуклидов в продукции животноводства применяются следующие приемы: использование наименее загрязненных кормов на заключительной стадии откорма животных, а также введение в рацион специальных добавок, снижающих переход радионуклидов в продукты животноводства.

Одним из наиболее эффективных способов снижения содержания цезия-137 в организме животных является использование ферроцинсодержащих препаратов (ферроцин - сорбент, формирующий в желудочно-кишечном тракте прочные комплексы с цезием-137, что предотвращает всасывание радионуклида), которые позволяют уменьшить содержание радионуклида в мясе в несколько раз. Так, по нашим данным, полученным в результате опытов на территории хозяйств Гомельской области, применение сорбента ферроцина в количестве 3г на голову в сутки ускоряет выведение цезия-137 на 73% у взрослых лошадей и на 65% у молодых.

Заключение

Применение различных способов очистки мяса лошадей позволяют снизить вероятность поступления в пищу человека продукции животноводства, загрязненной радионуклидами.

Список использованной литературы

1. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 гг. / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС М-ва по чрезвычайным ситуациям.

2. Радиационные аварии и ликвидация их последствий в агро-сфере / Б.Н. Анненков, А.В. Егоров, Р.Г. Ильязов; под ред. Б.Н. Анненкова; Акад. наук. Респ. Татарстан. – Казань: Фэн, 2004. – 407 с.

УДК 620.92:628.385

**С.В. Медведев, д.т.н., А.М. Кравцов, к.т.н., доцент,
Д.С. Шахрай, ассистент,
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь**

УТИЛИЗАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД И МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ

Введение

С наращиванием производства молочных продуктов возрастает проблема утилизации сточных вод, загрязненных органическими веществами, и сыворотки. Сточные воды выпускаются в городские сточные сети, а сыворотка вывозится для утилизации. При этом возрастает угроза экологической обстановке.

Основная часть

В данное время на большинстве предприятий применяются технологии, при которых отходы молочного производства перед сбрасыванием в окружающую среду подвергаются биологической очистке (рисунок 1).

Согласно постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 10 января 2011 г. № 26 «Об установлении перечня

мероприятий по охране окружающей среды и воспроизводству природных ресурсов, финансируемых за счет средств государственных целевых бюджетных фондов охраны природы»

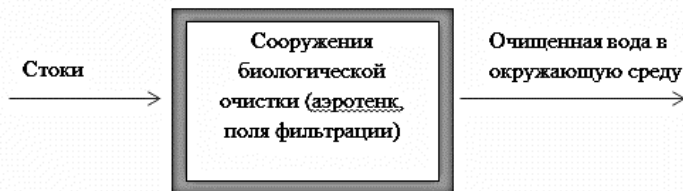


Рисунок 1 – Существующая технология переработки

одним из приоритетных направлений по комплексному предотвращению загрязнения окружающей среды являются:

- разработка и внедрение энерго- и (или) ресурсосберегающих технологий, наилучших доступных технических методов, приобретение оборудования, обеспечивающего снижение выбросов, сбросов загрязняющих веществ, выбросов парниковых газов в окружающую среду, сбросов сточных вод, сокращение образования отходов, воздействия на объекты растительного и животного мира;
- строительство комплексов, установок по извлечению биогаза из сточных вод, осадков сточных вод, побочных продуктов и отходов животноводства, растениеводства и обрабатывающей промышленности, приобретение биогазовых реакторов, газгольдеров, метантенков, передаточных устройств, теплообменников [1].

На предприятии Вилейский филиал ОАО «Молодечненский молочный комбинат» построена биогазовая установка, в которой посредством анаэробного сбраживания молочной сыворотки и сточных вод молочного производства вырабатывается биогаз, который в дальнейшем используется для получения энергии.

Предусмотрена переработка до 100 т/день сточных вод, загрязненных органическими веществами, и до 150 т/д сыворотки. При этом для подготовки сыворотки и сточных вод к сбраживанию используются процессы флокуляции и флотации [2].

Назначение оборудования – обработка накапливаемых сточных вод анаэробным способом для уменьшения нагрузки органическими веществами. Сточные воды, проходя через биореактор, очищаются в сепараторе до действующих в Республике

Беларусь норм для промышленных сточных вод. Во время анаэробной обработки сточных вод, образовавшиеся биогаз используется в качестве топлива для производства электроэнергии и тепла в существующих когенераторах.

Процесс флокуляции используется для укрупнения частиц с помощью реагентов. Далее во флотаторе происходит разделение биомассы. Очищенные сточные воды сливаются в канализацию, а сгущенная биомасса подается в биореактор. Процесс разделения происходит за счет пузырьков воздуха, которые взаимодействуя с частицами органического вещества, подхватывают их и собирают в виде пены на поверхности. Насыщение воздухом происходит барботажным способом, т.е. подачей воздуха через отверстия.

Применение флокулятора обусловлено тем, что барботажный метод образования пузырьков не позволяет получить пузырьки маленького диаметра, которые обеспечивают высокую степень очистки сточных вод, взаимодействуя с мелкими частицами. Для этого необходимо укрупнение частиц путём применения реагентов.

При анализе материала источников и на основе проведенной ранее работы предлагается использование флотационной установки, в которой используются струйная и напорная флотация. Это позволит повысить степень очистки, т.к. напорная флотация позволяет достигать содержание воздуха от 30 до 50 литров на 1 м³ жидкости при его высокой дисперсности. Таким образом, при повышении эффективности работы флотатора и его способности выделять мелкие частицы возможно исключение из технологического процесса подготовки сточных вод и сыворотки процесса флокуляции, а следовательно уменьшение затрат на содержание реагентного хозяйства.

Насыщение воздуха происходит путем использования эжекторов, причем в напорной флотации насыщение происходит в сатураторе под давлением, что позволяет повысить насыщенность, а также регулировать размер пузырьков путем изменения давления.

Также перспективным является использование процессов волнового диспергирования газа в жидкость (в сочетании со струйной флотацией), которые позволяют достигать дисперсности 600-200 мкм на основе нелинейной волновой механики. Преимущество таких диспергаторов в том, что отсутствуют

подвижные части, а также возможно уменьшение затрат электроэнергии за счет использования эжекторного эффекта [3].

Заключение

В Республике Беларусь существует необходимость разработки энергоэффективных технологий утилизации отходов молочного производства. При этом основным направлением должно быть малоотходное и безотходное производство. В нашей стране создаются условия для развития в данном направлении, оказывается поддержка государства при разработке и установке альтернативных источников энергии.

Список использованной литературы

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10 января 2011 г. № 26 «Об установлении перечня мероприятий по охране окружающей среды и воспроизводству природных ресурсов, финансируемых за счет средств государственных целевых бюджетных фондов охраны природы.
2. Пояснительная записка проекта «Биогазовая установка на предприятии Вилейский филиал ОАО «Молодечненский молочный комбинат», MANFULA, 2013.
3. Ганиев Р.Ф., Украинский Л.Е. Нелинейная волновая механика и технология. М.: Науч.-издат. центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. 712 с.

УДК 637.116

**А.Н. Леонов, д.т.н., проф., В.О. Китиков, к.т.н., доцент,
А.А. Дударёнок, студент**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ОБОСНОВАНИЕ ДИАПАЗОНА ДАВЛЕНИЯ В РАБОЧЕМ ВАКУУМНОМ КОНТУРЕ ДЛЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ- ЩАДЯЩЕГО ПРОЦЕССА МАШИННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ

Введение

Республика Беларусь в производстве молока достигла впечатляющих результатов – 3-е место в Европе по производству молока на

душу населения (698 т/чел/год). Однако, несмотря на высокие количественные результаты, уровень удельных затрат в молочной отрасли Беларуси в 2 – 3 превышает уровень стран ЕС, что существенно снижает конкурентоспособность отечественной молочной продукции. Одна из главных причин высокого уровня удельных затрат в отечественной молочной отрасли – несовершенный процесс машинного доения, который, по существу, является физиологически-травмирующим процессом. Результат этого несовершенства – относительно низкие удои (4,7 т/гол/год), низкая жирность (3,2 – 3,4 %) и высокий уровень заболеваемости коров маститом (до 30 %). Для справки генетический потенциал чёрно-пёстрой породы (основная доля коров Беларуси): удои – 8 т/гол/год, жирность – 5 %, уровень заболевания маститом – 6 % [1].

Известно, что для повышения молочной продуктивности коров большое значение имеет селекционная работа, процессы кормления, условия преддоильного содержания, зооветеринарная профилактика. Однако в настоящее время процесс машинного доения играет ключевую роль в повышении молочной продуктивности, так как если процесс машинного доения и доильное оборудование не эффективны, генетический потенциал, кормление и условия преддоильного содержания коров не имеют решающего значения.

В работе [1] показано, что процесс машинного доения нуждается в инновационной модернизации, связанной прежде всего с привлечением новейших знаний из молекулярной биологии и учёта физиологического состояния животных. В результате анализа процесса машинного доения установлено, что на полноту забора молока из вымени животных большое влияние оказывают величина давления разрежения в рабочем вакуумном контуре, стабильность этого давления, соотношение тактов сосания/сжатия, время преддоильной стимуляции, частота пульсаций доильного аппарата, а также оптимальное соотношение вышеперечисленных факторов. Показано, что инновационно модернизированный процесс, который будем называть физиологически-щадящим процессом машинного доения, должен быть организован на принципах бесстрессовости, комфортности и полноты альвеолярного выдаивания.

Стресс животных на ферме вызывается целым рядом причин, которые в основном обусловлены несовершенством процесса ма-

шинного доения. Бесстрессовость является необходимым условием доения, так как появляющийся при стрессе в крови животных адреналин блокирует окситоцин, благодаря которому молоко из альвеол переходит в цистерну вымени. Среди перечисленных выше факторов для реализации физиологически-щадящего процесса машинного доения большое значение имеет правильный выбор давления разрежения в рабочем вакуумном контуре. Как показал опыт отечественных и зарубежных хозяйств, повышение давления разрежения приводит к увеличению заболеваемости маститом, а его чрезмерное уменьшение – к неполному выдаиванию коров. В обоих случаях неправильно выбранный диапазон давления приводит к снижению молочной продуктивности.

Давление разрежения в рабочем вакуумном контуре – это движущая сила, которая обеспечивает молоковыведение и транспортирование молока в технологические ёмкости. Очевидно, что чем больше перепад давления между выменем животного и коллектором доильного аппарата, тем больше скорость молоковыведения, и наоборот. Перепад давления не должен вызывать болевых ощущений у животных. Анализируя работы отечественных и зарубежных учёных, а также сложившуюся практику в молочном животноводстве, можно прийти к выводу, что номинальный уровень давления разрежения должен находиться в диапазоне 38 – 50 кПа [2 – 5]. В связи с тем, что в научно-технической литературе нет чётких сведений об оптимальной величине давления разрежения, и даже в какой-то степени эти данные противоречат друг другу, обоснование диапазона давления разрежения в рабочем вакуумном контуре для реализации физиологически-щадящего процесса машинного доения коров чёрно-пёстрой породы представляет научный и практический интерес.

Цель работы – обоснование диапазона давления рабочего вакуумного контура, позволяющего реализовать физиологически-щадящий процесс машинного доения.

Результаты и их обсуждение. Можно предположить, что оптимальный режим машинного доения должен в некоторой степени имитировать естественный процесс взаимодействия теленка и коровы. Однако анализ такого взаимодействия показывает, что воспроизведение естественного процесса в полном объёме для про-

мышленного производства молока неприемлемо. Давление разрежения, которое создает телёнок, составляет величину 17 – 20 кПа. Теленок делает 8 подходов в сутки, высасывая в общей сложности до 12 кг молока. Время одного подхода составляет ≈ 5 мин. Так как общее время сосания около 40 минут, то максимальная скорость молоковыведения составляет 0,3 кг/мин. Однако такая скорость доения при промышленном производстве молока не обеспечит требуемый уровень рентабельности. Дело в том, что время нахождения окситоцина в крови животных ограничено 4 – 5 минутами [6]. Поэтому при разовом удое в 10 кг/гол/дойка, скорость забора молока из вымени животных должна равняться 2 – 2,5 кг/мин, что на порядок превышает скорость «естественного выдаивания».

Так как полное выдаивание коров без окситоцина невозможно, то для обеспечения полноты альвеолярного выдаивания, приходится повышать скорость забора молока из вымени за счёт повышения давления разрежения в рабочем вакуумном контуре. Высокий уровень давления разрежения (48 – 50 кПа) позволяет выдоить корову за относительно небольшое время, однако при этом существенно увеличивается вероятность гидродинамического травмирования вымени, и, следовательно, заболевания маститом. Низкий уровень давления разрежения (38 – 42 кПа) приводит к снижению вероятности заболевания коров маститом, однако при этом проблематично организовать полноту альвеолярного выдаивания за время действия гормона (4 – 5 минут), а это отрицательно скажется как на величине удоёв, так на величине жирности, так как только последние порции альвеолярного молока обладают максимально высокой жирностью (15 – 20 %) [6]. Поэтому уровень давления в рабочем вакуумном контуре это своего рода компромисс, между производительностью процесса, молочной продуктивностью и здоровьем животных.

Для уточнения приемлемого диапазона давления рассмотрим процесс натекания газа из атмосферы доильного зала в рабочий вакуумный контур (негерметичные уплотнения узлов, калиброванные отверстия в коллекторе, воздушные клапаны). Сразу же после включения вакуумного насоса разность давления между магистральным вакуум-проводом и атмосферой будет невелика и скорость натекания газа в контур не превосходит нескольких метров в секунду. При дальнейшем медленном понижении давления в кон-

туре скорость натекания газа будет повышаться (рисунок 1).

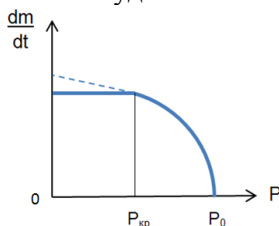


**Рисунок 1 – Зависимость скорости натекания воздуха
от давления разрежения в рабочем вакуумном контуре**

Создаваемые насосом в вакуумном контуре возмущения давления распространяются со скоростью звука против движения газа в вакуумном контуре. Возмущение давления из вакуумного контура будет передаваться в атмосферу доильного зала до тех пор, пока скорость натекания газа не достигнет скорости звука. После этого возмущения давления не смогут выйти в атмосферу, так они будут сноситься звуковым потоком газа. Продолжающееся понижение давления в вакуумном контуре не изменит характер натекания газа из атмосферы в контур, и скорость натекания газа в вакуумный контур будет постоянной, равной скорости звука. При дальнейшем уменьшении давления в вакуумном контуре ($P < P_{кр}$, см. рисунок 1) наступает явление «запирания» потока, несмотря на то, что давление в вакуумном контуре продолжает уменьшаться. Согласно [7] массовый расход воздуха dM/dt (кг/(м²·с)), натекающего в рабочий вакуумный контур, определяется соотношением:

$$\frac{dM}{dt} = \begin{cases} \left(\frac{2}{1+k} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} \sqrt{k p_0 p_0} \sqrt{\left(\frac{k+1}{k-1} \right) \cdot \left(\frac{1+k}{2} \right)^{\frac{2}{k-1}} \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} \left[1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}, & p \geq p_0 \left(\frac{2}{1+k} \right)^{\frac{k}{k-1}}, \\ \left(\frac{2}{1+k} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} \sqrt{k p_0 p_0}, & p < p_0 \left(\frac{2}{1+k} \right)^{\frac{k}{k-1}} \end{cases}, (1)$$

где $k=1,4$ – показатель адиабаты для двух атомного газа (воздух); $\rho_0=1,202$ кг/м³ – плотность воздуха при нормальных условиях ($t_0=293,15$ К; $p_0=101,325$ кПа).

Две ветви этой функции соответствуют двум режимам натекания воздуха в рабочий вакуумный контур: верхняя – возрастающему **дозвуковому**, нижняя – постоянному **звуковому**, сопровождаемое известным явлением «запирания» потока. Критическое значение давления, при котором происходит смена режима течения равно

$$p_{кр} = p_0 \left(\frac{2}{1+k} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 0,5285 \cdot p_0 = 53,53 \text{ кПа} . \quad (2)$$

Из уравнения (2) следует один очень важный вывод: переход натекания воздуха из дозвукового режима в звуковой, который осуществляется при критическом давлении $p_{кр} = 0,5283 \cdot p_0 = 53,530 \text{ кПа}$ (что соответствует давлению разрежения $\Delta p = p_0 - p = 101,325 - 53,530 = 47,795 \approx 47,8 \text{ кПа}$), приводит к возникновению в термодинамически неустойчивом недорасширенном потоке воздуха, имеющего сложную пространственную газодинамическую структуру, автоколебаний, приводящих к возникновению скачков уплотнения и областей разрежения (эффект Гартмана [8]). Пульсации давления газа в вакуумном контуре вызывают болевое ощущение и травмирование вымени при машинном доении, что вызывает стресс у животных со всеми вытекающими отсюда последствиями: выделение в кровь адреналина, блокирующего окситацин, и, как следствие этого, неполное выдаивание, снижение жирности, увеличение содержания соматических клеток, увеличение вероятности заболевания маститом, снижение продуктивного долголетия.

Поэтому для реализации бесстрессового дозвукового режима натекания, давление в рабочем вакуумном контуре должно быть больше критического $p > 53,5 \text{ кПа}$, что соответствует давлению разрежения $\Delta p < 47,8 \text{ кПа}$. По-видимому, этим, можно объяснить тот факт, что на практике, еще в начала XX века, был уставлен безопасный интервал давления разрежения при машинном доении, равный 38 – 50 кПа [2, 3]. Верхняя граница давления разрежения была определена эмпирически и, по-видимому, недостаточно точно.

Процесс машинного доения достаточно полно характеризуется двумя параметрами, которые характеризуют и молочную продуктивность, и здоровье коров:

1) σ – электропроводимость молока (См/м). Это универсальный комплексный параметр, так как он характеризует не только качество молочного сырья (чем выше жирность молока и ниже содержание соматических клеток, тем ниже электропроводимость), но, что самое главное, состояние здоровья основного «технологического объекта» – коровы (чем лучше здоровье коровы, тем ниже содержание соматических клеток, и, следовательно, ниже электропроводимость молока). Электропроводимость молока, которое допускается для употребления в качестве продукта питания, не должна превышать 0,85 См/м;

2) m – разовый удой молока (кг/гол/дойка). Этот параметр количественно характеризует полноту выдаивания животных, которая зависит от физиологического состояния и индивидуальных особенностей коров, времени суток и времени лактационного периода, а также условий преддоильного содержания.

На рисунках 2 и 3 приведены зависимости электропроводимости молока и разового удоя от давления разрежения в рабочем вакуумном контуре.

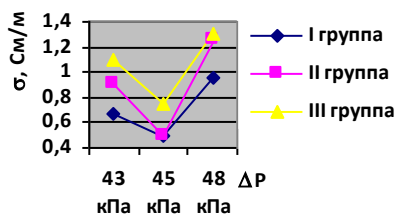


Рисунок 2 – Зависимость электропроводимости молока от давления разрежения в рабочем вакуумном контуре

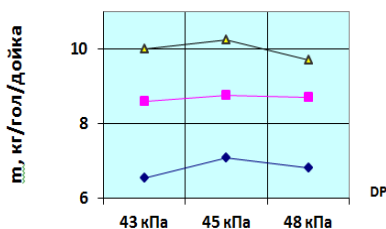


Рисунок 3 – Зависимость разового удоя от давления разрежения в рабочем вакуумном контуре

Экспериментальные данные, приведенные на рисунке 2, подтверждают сделанный ранее вывод: давление разрежения более 48 кПа недопустимо, так как возникающие пульсации автоколебаний «недорасширенного» потока газа приводят к болевым ощущениям и травмированию вымени, что вызывает стресс у животных, приводящий к недопустимому уровню концентрации соматических

клеток и, следовательно, росту электропроводимости получаемого молока. Данные, приведенные на рисунке 3, также подтверждают этот вывод, так как из-за частичной блокировки окситоцина адреналином, падают удои.

Нижняя допустимая граница давления разрежения, обусловлена необходимостью проведения процесса молоковыведения за время действия окситоцина. Если скорость забора молока недостаточна, то это отразится на молочной продуктивности: падают и удои, и жирность молока. Из экспериментальных данных, приведенных на рисунках 2, видно, что при давлении разрежения меньше 43 кПа, электропроводимость возрастает, что обусловлено в данном случае уменьшением жирности молока. Эту же тенденцию подтверждают данные, приведенные на рисунке 3: при давлении разрежения менее 43 кПа начинают падать удои.

Заключение

В ходе теоретических и экспериментальных исследований установлено: 1) при давлении разрежения в рабочем вакуумном контуре более 48 кПа возникает гидродинамического травмирования вымени, в результате чего происходит резкое увеличение соматических клеток в молоке; 2) при давлении разрежения менее 43 кПа уменьшается скорость молоковыведения, в результате чего не удаётся реализовать полноту альвеолярного выдаивания за время доения, и, как следствие этого возрастание электропроводимости молока (падение жирности) и падения удоев. Таким образом, для обеспечения физиологически-щадящего процесса машинного доения один из основных факторов – давление разрежения в рабочем вакуумном контуре должен находиться в диапазоне 43 – 47 кПа. (Предлагаемое давление разрежения 47 вместо 47,8 кПа, продиктовано требованием повышения надежности процесса машинного доения, так как временная стабильность давления в рабочем вакуумном контуре равна $\pm 0,3$ кПа).

Список использованной литературы

1. Китиков, В.О. Стратегическое направление машинного доения коров / В.О. Китиков, А.Н. Леонов // Вес. Нац. акад. наук. Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2013. – № 4. – С. 91 – 104.
2. Барановский, М.В. Повышение качества молока при машин-

ном доении коров / М.В. Барановский [и др.] // Гл. зоотехник. – 2006. – № 6. – С. 70 – 71.

3. Курак, А.С. Повышение эффективности технологии машинного доения: монография / А.С. Курак. – Брест: БрГУ им. А.С. Пушкина, 2003. – 84 с.

4. Aljumaah, R.S. Influence of introducing machine milking on bio-thermal parameters of lactating camels / R.S. Aljumaah, E.M. Samara, . Ayadi // Italian Journal of Animal Science; 11 (4). – Pavia : PAGES Publications, 2012. – P. 73.

5. Harms, J. Automatisches Melken – Eine Moglichkeit auch fur das Berggebiet / J. Harms; G. Wendl // ART-Schriftenreihe. – Ettenhausen, 2010. – № 12. – P. 13–18.

6. Кокорина, Э.П. Условные рефлексy и продуктивность животных. / Э.П. Кокорина.– М.: Агропромиздат, 1986. – 335 с.

7. Лойцянский, А.Г. Механика жидкости и газа / А.Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1973. – 340 с.

8. Глазнёв, В.Н. Эффект Гартмана. Область существования и частоты колебаний / В.Н. Глазнёв, Ю.Г. Коробейников // Прикладная механика и техническая физика. – 2001. – Т. 42. – № 4. – С. 62 – 67.

УДК 631.22.018.1

**В.О. Китиков, к.т.н., доцент, Д.С. Праженик, ассистент,
Н.А. Деменок, ст. преподаватель**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» г. Минск, Республика Беларусь*

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЦЕНТРОБЕЖНО-ПОГРУЖНОГО НАСОСА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА

Введение

Для транспортирования бесподстилочного навоза используют различные по конструкции насосы. Насосы для транспортирования однородной массы навоза бывают погружные с измельчающим механизмом для жидкого навоза, центробежные с измельчающим механизмом для жидкого навоза, центробежные насосы с мультипликатором оборотов и приводом от вала отбора мощности (ВОМ)

трактора, вертикальные с измельчающим механизмом для жидкого навоза [1].

Основная часть

Центробежные насосы считаются наиболее распространённым типом гидравлических машин и предназначены для обработки и перекачки жидкого навоза, отходов животноводства, грязных жидкостей с волокнистыми примесями. Используются в стационарных или передвижных системах. Рекомендуются для перекачки агрессивных жидкостей на значительные расстояния и значительные перепады высот. Насосы могут быть горизонтального и вертикального исполнения.

Конструктивные исполнения центробежных насосов:

- центробежные насосы с одним рабочим колесом в горизонтальном или вертикальном исполнении;
- погружные насосы со встроенным электродвигателем;
- центробежные насосы работают от электродвигателя, двигателя внутреннего сгорания и с мультипликатором;
- насосы снабжены специальными открытыми рабочими самоочищающимися колесами, скребковыми пластинами, вращающимися измельчающими ножами;
- рабочие колеса могут быть изготовлены из высокопрочного чугуна, нержавеющей стали и бронзы;
- возможность перекачки твердых частиц размером до 46 мм.

Принцип работы заключается в передаче кинетической энергии вращения крыльчатки частицам рабочей жидкости, находящимся в пространстве между её лопастями. За счет действия появляющейся при этом центробежной силы P частицы жидкости из рабочего колеса перекидываются в корпус насоса и дальше, в центральной части крыльчатки при этом создаётся разрежение, благодаря которому туда всасывается новая порция рабочей жидкости, этот процесс происходит плавно и непрерывно.

Главной особенностью центробежных агрегатов (рисунок 1) является прямая зависимость напора, мощности, а также кпд и минимальной высоты всасывания от производительности, которая в свою очередь для различных видов насосов определяется соответствующими графиками, или характеристиками.

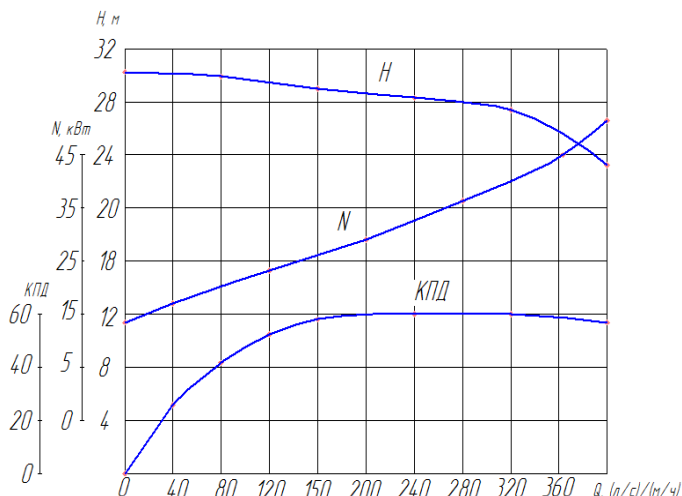


Рисунок 1 - Зависимость универсального центробежно-погружного насоса

Так КПД центробежного агрегата при оптимальном режиме его работы принимает максимальное значение, после чего с ростом производительности уменьшается [2].

Основными параметрами, характеризующими работу насоса, являются напор, подача, мощность, КПД, частота вращения, вакуумметрическая высота всасывания.

Полезной удельной работой называется приращение гидравлической энергии, получаемое единицей массы жидкости, проходящей через насос, т. е. разность удельных энергий жидкости между выходным и входным патрубками насоса, и выражается в метрах столба перекачиваемой жидкости. Полезная удельная работа без учета потерь в насосе равна:

$$L_n = L_k - L_h = \frac{p_k - p_n}{\rho} + g(z_k - z_n) + \frac{v_k^2 - v_n^2}{2},$$

где p_k и p_n - давление на выходе из насоса и на входе в него, кгс/см²;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

z_k и z_n - высота центра тяжести выходного и входного сечений насоса, м;

v_k и v_n - скорость жидкой среды на выходе из насоса и на входе в него м/с;

ρ - плотность жидкой среды, кг/м³.

Напор насоса:

$$H = L_k - L_n \frac{L_k - L_n}{g} = \frac{p_k - p_n}{\rho g} + (z_k - z_n) + \frac{v_k^2 - v_n^2}{2g}.$$

Полезной мощностью (кВт) насоса является приращение энергии, получаемой жидкостью, проходящей через насос в единицу времени:

$$N_n = \frac{Q \rho g H}{102},$$

где Q — подача насоса, м³/с.

Отношение полезной мощности N_n к мощности насосного агрегата N называется коэффициентом полезного действия насоса:

$$\eta = \frac{N_n}{N} = \frac{Q \rho g H}{102 N}.$$

Обычно η выражается в процентах и характеризует суммарные потери энергии в насосе. Отдельные виды потерь характеризуются гидравлическим кпд η_g - отношением полезной мощности насоса к сумме полезной мощности и мощности, затраченной на преодоление гидравлических сопротивлений; объемным кпд $\eta_{об}$ - отношением полезной мощности насоса к сумме полезной мощности и мощности, теряемой с утечками; механическим кпд $\eta_{мех}$, выражающим долю механических потерь в насосе.

Механические потери на трение вращающихся частей ротора о жидкость характеризует внутренний механический кпд $\eta_{мех.вн.}$ насоса.

Заключение

Для лопастных насосов основные параметры при постоянной частоте вращения n однозначно взаимосвязаны между собой. Графически представленные эти зависимости называются характеристиками насоса.

Насос в системе может работать в режиме: номинальном, при котором обеспечиваются заданные технические показатели; оптимальном, т. е. с максимальным кпд.; кавитационном, т. е. в условиях кавитации с изменением основных показателей.

Список использованной литературы

1 Современное оборудование для утилизации навозных стоков на животноводческих фермах и комплексах: лабораторный практикум / Д. Ф. Кольга [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2011. – 60 с.

2 Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко - М., «Машиностроение» 1977. – 288 с.

УДК 636.085:631.171

Е.В. Тернов, ассистент, Н.М. Матвейчук, к.ф.-м.н., доцент
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» г. Минск, Республика Беларусь*

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ПОЕДАЕМОСТИ КОРМОВ КРС

Введение

На современных комплексах по содержанию КРС все чаще используют систему автоматизированного кормления. Автоматизация и механизация основных производственных процессов позволяет повысить эффективность содержания КРС благодаря снижению трудоемкости производства и влияния человеческого фактора на важнейший процесс, влияющий на продуктивность коров. Осуществляя качественное и сбалансированное кормление можно существенно повысить продуктивность КРС. Успешному внедрению автоматизированной системы кормления должен предшествовать зоотехнический эксперимент по определению видового состава и норм выдачи кормов [1, 2]. Наиболее точным способом определения норм выдачи является круглосуточный компьютерный учёт поедаемости корма опытной группой животных из индивидуальных кормушек по результатам автоматического непрерывного определения их массы.

Программное обеспечение сбора данных от системы взвешивания кормов.

Программное обеспечение сбора и дистанционной передачи данных системы взвешивания кормов (далее – программа) является составной частью автоматизированной системы учета поедаемости кормов КРС.

Программа реализует следующие функции:

- приём данных о текущей массе индивидуальных кормушек от весоизмерительных контроллеров “Keli” XK3118T1 (далее – контроллеров) через СОМ-порты;
- визуальный контроль текущих показаний массы кормушек и функционирования контроллеров;
- усреднение значений массы для каждой кормушки по интервалам изменяемой продолжительности, на которые разбиваются астрономические сутки;
- оперативное сохранение результатов измерений в базе данных и книге электронных таблиц MS Excel;
- настройку для каждого СОМ-порта параметров связи с весоизмерительным контроллером, продолжительности хранения результатов измерений в базе данных, величины интервала усреднения измерений.

К одному СОМ-порту подключается один контроллер, связанный с одной кормушкой через тензодатчик. Следовательно, общее количество СОМ-портов в компьютере должно быть не менее числа подключаемых весоизмерительных контроллеров. Для обеспечения заданного числа СОМ-портов в компьютер устанавливаются мультипортовые расширители, например, платы “МОХА” с необходимыми драйверами. На компьютер (под управлением операционной системы Microsoft Windows XP/Vista/7) также должно быть установлено программное обеспечение Microsoft Excel.

После запуска программы на экране монитора отображается её главное рабочее окно «Вес корма» (рисунок 1), позволяющее осуществлять визуальный контроль текущих измерений и функционирования контроллеров. Его вид формируется автоматически в зависимости от активных контроллеров, подключенных к кормушкам, и обновляется в соответствии с поступлением сведений от контроллеров.

В окне «Вес корма» приводятся оперативные наблюдения (текущие значения) для каждой кормушки. Для каждой кормушки отображаются:

- вес нетто,
- вес брутто,
- вес тары,
- имя COM-порта, соответствующего этой кормушке,
- скорость передачи данных через COM-порт,
- индикатор передачи данных (красный цвет – отсутствует связь с контроллером, зеленый – нормальная передача данных).

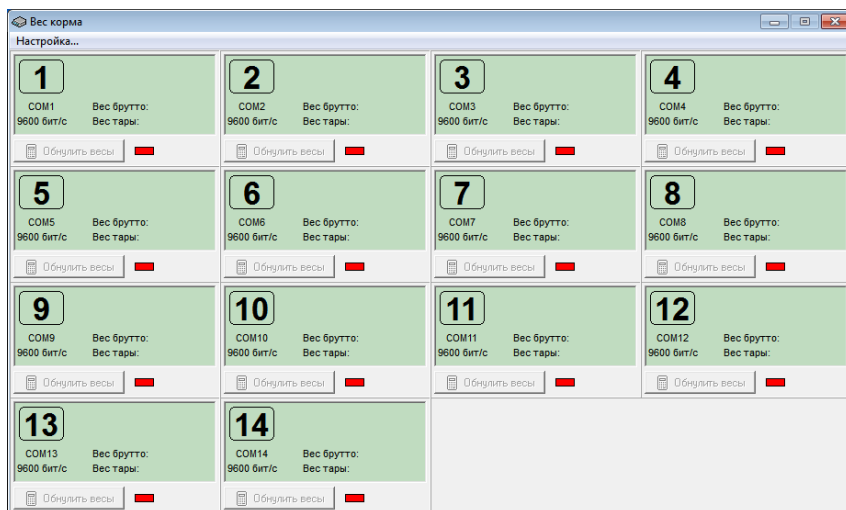


Рисунок 1 – Окно «Вес корма».

Здесь же расположена кнопка «Обнулить весы», используемая для установления нулевого значения датчика (при пустой кормушке в этом случае будет вычислен вес тары).

Состав контролируемых кормушек задаётся в экранной форме «Связь весоизмерительных устройств с компьютером» (рисунок 2).

Пользователь имеет возможность создавать заметки для каждой кормушки. Дополнительно пользователь имеет возможность просматривать и редактировать режим хранения результатов измерений:

Связь весоизмерительных устройств с компьютером				
1	☒ Вкл.	Порт: COM1	Скорость: 9600 бит/с	Заметки: Улитанность коровы в 4 балла
2	☒ Вкл.	Порт: COM2	Скорость: 9600 бит/с	Заметки:
3	☐ Вкл.	Порт: COM3	Скорость: 9600 бит/с	Заметки: Кормить только с 10 до 17 часов
4	☒ Вкл.	Порт: COM4	Скорость: 9600 бит/с	Заметки:
5	☐ Вкл.	Порт: COM5	Скорость: 9600 бит/с	Заметки:
6	☒ Вкл.	Порт: COM6	Скорость: 9600 бит/с	Заметки:
7	☒ Вкл.	Порт: COM7	Скорость: 9600 бит/с	Заметки:

Рисунок 2 – Вид формы «Связь весоизмерительных устройств с компьютером»

- интервал усреднения веса – выбрать из выпадающего списка значение 1, 2, 5, 10, 15 или 30 минут; на выбранном интервале времени вычисляется среднее значение веса каждой кормушки (данные с весоизмерительных устройств считываются каждые 50 мс) и сохраняются в базе данных и книге MS Excel, формируемой автоматически;

- срок хранения изменений в базе данных в днях – по истечении указанного срока значения из базы данных удаляются; служит для предохранения базы данных от переполнения.

Книга MS Excel с результатами взвешиваний соответствует одному году и содержит 12 листов – по одному на каждый месяц. Строки листа соответствуют числам месяца отдельно для каждой кормушки, столбцы – интервалам усреднения веса от начала до конца суток. Если в течение соответствующего временного промежутка данные результаты от кормушки не поступали, ячейка будет пустой. В дальнейшем данные в книге могут быть обработаны вручную по потребности пользователя стандартными статистическими функциями MS Excel.

Заключение

Автоматизация зоотехнического эксперимента по определению норм выдачи корма позволит снизить его трудоёмкость и сформировать правильные рекомендации по ежедневному кормлению зоотехнических групп КРС в производственных условиях для увеличения молочной продуктивности стада при снижении себестоимо-

сти производства молочной и мясной продукции за счёт экономного расхода кормовых смесей.

Список использованной литературы

1. Нормы кормления крупного рогатого скота: справочник / Н.А. Попков [и др.]. – Жодино, 2011. – 260 с.
2. Кормление сельскохозяйственных животных: учеб. пособие / В.К. Пестис [и др.]; под ред. В.К. Пестиса. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 540 с.

УДК 636.084.7

**И.И. Гируцкий, д.т.н., доцент, А.А. Жур ст. преподаватель,
Н.М. Матвейчук, к.ф.-м.н., доцент, А.Г. Сеньков, к.т.н., доцент**
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» г. Минск, Республика Беларусь*

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОРМОРАЗДАТОЧНОЙ УСТАНОВКИ

Введение

Совершенствование, разработка и внедрение энергоэффективных технологий и оборудования в сельское хозяйство является важнейшим фактором повышения конкурентоспособности производимой продукции. Снижение количества потребляемой тепловой и электрической энергии может быть достигнуто за счет использования современных автоматизированных методов управления технологическими процессами, позволяющими оперативно корректировать и оптимизировать параметры и структуру алгоритма управления на основании использования информации о состоянии контролируемого объекта. Автоматизация и роботизация технологических процессов сельскохозяйственного производства становится главным фактором энерго- и ресурсосбережения.

Постановка задачи оптимизации энергозатрат.

Проектная производительность линий раздачи жидких кормов на свиноводческом комплексе должна обеспечивать кормление расчетного откармливаемого поголовья в соответствии с технологическими требованиями [1]. Основным потребителем электриче-

ской энергии в технологической линии для раздачи жидких кормов является центробежный насос [2]. Рассчитаем возможность снижения энергозатрат путем регулирования мощности электродвигателя насоса и его производительности в процессе раздачи корма с учетом ограничения на время раздачи, которое не должно превышать максимально допустимое время $t_{\max}$, предусмотренного технологическими требованиями.

Пусть имеется N кормушек (номера кормушек: $i = 1, \dots, N$).

Введем следующие обозначения:

V_i – объем корма, который необходимо выдать в i -ю кормушку, л.

Q_i – производительность насоса при раздаче корма в i -ю кормушку, л./с.

P_i – мощность двигателя насоса при раздаче корма в i -ю кормушку, кВт.

l_i – расстояние от насоса до i -й кормушки, м.

В частном случае, при расположении соседних кормушек на равных расстояниях друг от друга, выполняется соотношение:

$$l_i = l_0 + (i - 1) \cdot \Delta l,$$

где l_0 – расстояние от насоса до первой кормушки, м;

Δl – расстояние между соседними кормушками, м.

При постоянном значении влажности корма, определяемом зоотехническими требованиями кормления, мощность двигателя насоса и производительность насоса связаны соотношением:

$$P_i = K_0 \cdot l_i \cdot Q_i^\gamma, \quad (1)$$

где $K_0 = \text{const}$, $\gamma = \text{const}$ – постоянные коэффициенты.

Отсюда производительность выражается через мощность двигателя насоса следующей формулой:

$$Q_i = (K_0 \cdot l_i)^{-\frac{1}{\gamma}} \cdot P_i^{\frac{1}{\gamma}}. \quad (2)$$

Время, затрачиваемое на раздачу корма в i -ю кормушку, равно:

$$t_i = \frac{V_i}{Q_i}. \quad (3)$$

Энергозатраты на раздачу корма в i -ю кормушку, равны :

$$E_i = P_i \cdot t_i. \quad (4)$$

Преобразуя выражения (3), (4) с учетом (1), (2), получим.

$$t_i = V_i \cdot (K_0 \cdot l_i)^{\frac{1}{\gamma}} \cdot P_i^{-\frac{1}{\gamma}};$$

$$E_i = P_i \cdot t_i = V_i \cdot (K_0 \cdot l_i)^{\frac{1}{\gamma}} \cdot P_i^{1-\frac{1}{\gamma}}.$$

Суммарное время раздачи корма в N кормушек равно:

$$t_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N t_i = \sum_{i=1}^N V_i \cdot (K_0 \cdot l_i)^{\frac{1}{\gamma}} \cdot P_i^{-\frac{1}{\gamma}}. \quad (5)$$

Суммарные энергозатраты при раздаче корма в N кормушек:

$$E_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N E_i = \sum_{i=1}^N V_i \cdot (K_0 \cdot l_i)^{\frac{1}{\gamma}} \cdot P_i^{1-\frac{1}{\gamma}}. \quad (6)$$

Значение входящего в (5) и (6) произведения $V_i \cdot (K_0 \cdot l_i)^{\frac{1}{\gamma}}$ определяется:

- влажностью раздаваемого корма;
- расстоянием от насоса до i -й кормушки.

Примем:

$$c_i = V_i \cdot (K_0 \cdot l_i)^{\frac{1}{\gamma}}. \quad (7)$$

Целевая функция (минимизация энергозатрат) принимает вид:

$$E_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N c_i \cdot P_i^{1-\frac{1}{\gamma}} \rightarrow \min.$$

Ограничение на максимальное время кормораздачи имеет вид:

$$t_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N c_i \cdot P_i^{-\frac{1}{\gamma}} \leq t_{\max}.$$

Ограничение на максимальное и минимальное значение мощности двигателя:

$$P_i \leq P_{\max}.$$

Введя новую переменную:

$$x_i = P_i^{\frac{1}{\gamma}}, \quad (8)$$

получим оптимизационную задачу

$$\begin{aligned} E_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i^{1-\gamma} \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i - t_{\max} &\leq 0, \\ x_{\min} &\leq x_i \leq x_{\max} \end{aligned} \quad (9)$$

с нелинейной целевой функцией и линейными ограничениями.

Аналитическое решение задачи оптимизации энергозатрат.

Составим для задачи (9) функцию Лагранжа:

$$L(x_1, \dots, x_N, \lambda) = \sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i^{1-\gamma} + \lambda \cdot \left(\sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i - t_{\max} \right).$$

Для проверки существования оптимального решения нелинейной задачи (9) воспользуемся условиями Куна-Такера:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial L(x^*, \lambda^*)}{\partial x_i} \geq 0; \\ x_i^* \cdot \frac{\partial L(x^*, \lambda^*)}{\partial x_i} = 0; \\ x_i^* \geq 0; \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial L(x^*, \lambda^*)}{\partial \lambda} \leq 0; \\ \lambda^* \cdot \frac{\partial L(x^*, \lambda^*)}{\partial \lambda} = 0; \\ \lambda^* \geq 0. \end{array} \right. \quad (10)$$

Вычислим частные производные функции Лагранжа:

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = c_i \cdot (1 - \gamma) \cdot x_i^{-\gamma} + \lambda \cdot c_i;$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i - t_{\max}.$$

Учитывая, что $x_i > 0$, получаем, что для выполнения второго равенства в условии (10) необходимо равенство $\frac{\partial L}{\partial x_i} = 0$, откуда:

$$\lambda^* = -(1 - \gamma) \cdot (x_i^*)^{-\gamma}. \quad (11)$$

В нашем случае $\gamma > 1$, а, следовательно, должно выполняться: $\lambda^* > 0$. В этом случае выполнение условий (11) влечет $\frac{\partial L(x^*, \lambda^*)}{\partial \lambda} = 0$. Отсюда следует, что оптимальное решение задачи (9) будет существовать на границе области, задаваемой ограничением $\sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i - t_{\max} \leq 0$, т.е. при $\sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i = t_{\max}$.

Таким образом, задача (9) может быть преобразована к следующему виду:

$$\begin{aligned} E_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i^{1-\gamma} \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i - t_{\max} &= 0, \\ x_{\min} &\leq x_i \leq x_{\max}. \end{aligned} \quad (12)$$

Для решения задачи (12) приравняем нулю частные производные функции Лагранжа, получим следующую систему:

$$\begin{cases} (1-\gamma) \cdot x_i^{-\gamma} + \lambda = 0, & i=1, \dots, N; \\ \sum_{i=1}^N c_i \cdot x_i - t_{\max} = 0. \end{cases} \quad (13)$$

Решив систему (13), получим:

$$\begin{cases} x_i^* = \left(\frac{\lambda}{(\gamma-1)} \right)^{\gamma}, & i=1, \dots, N; \\ \left(\frac{\lambda}{(\gamma-1)} \right)^{\gamma} \cdot \sum_{i=1}^N c_i = t_{\max}; \end{cases} \quad \begin{cases} x_i^* = t_{\max} \cdot \left(\sum_{i=1}^N c_i \right)^{-1}, & i=1, \dots, N; \\ \lambda = (1-\gamma) \cdot t_{\max}^{1/\gamma} \cdot \left(\sum_{i=1}^N c_i \right)^{-1/\gamma}. \end{cases} \quad (14)$$

Для рассмотрения достаточных условий экстремума найдем гессиан целевой функции. Вторые частные производные равны

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 E_{\Sigma}}{\partial x_i^2} &= c_i \cdot (\gamma-1) \cdot \gamma \cdot x_i^{-\gamma-1}, & i=1, \dots, N; \\ \frac{\partial^2 E_{\Sigma}}{\partial x_i \cdot \partial x_j} &= 0, & i \neq j. \end{aligned}$$

Таким образом, гессиан целевой функции представляет собой диагональную матрицу:

$$H = (\gamma-1) \cdot \gamma \cdot \begin{pmatrix} c_1 \cdot x_1^{-\gamma-1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & & c_i \cdot x_i^{-\gamma-1} & & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & c_N \cdot x_N^{-\gamma-1} \end{pmatrix}.$$

Соответствующие диагональные миноры

$$\Delta_1 = (\gamma - 1) \cdot \gamma \cdot c_1 \cdot x_1^{-\gamma-1};$$

...

$$\Delta_i = ((\gamma - 1) \cdot \gamma)^i \cdot c_1 \cdot x_1^{-\gamma-1} \cdot \dots \cdot c_i \cdot x_i^{-\gamma-1};$$

...

$$\Delta_N = ((\gamma - 1) \cdot \gamma)^N \cdot c_1 \cdot x_1^{-\gamma-1} \cdot \dots \cdot c_i \cdot x_i^{-\gamma-1} \cdot \dots \cdot c_N \cdot x_N^{-\gamma-1};$$

положительны, поскольку $\gamma > 1$.

Так как гессиан положительно определен, то, следовательно, функция $E_\Sigma(\vec{x})$ выпуклая, и найденные по (14) координаты являются координатами точки ее глобального минимума.

Таким образом, для минимизации энергозатрат на раздачу корма электродвигатель насоса должен работать с постоянной мощностью, значение которой (с учетом введенных обозначений (7), (8)) равно:

$$P^* = t_{\max}^{-\gamma} \cdot K_0 \cdot \left(\sum_{i=1}^N V_i \cdot l_i^{\frac{1}{\gamma}} \right)^\gamma.$$

При этом энергозатраты на раздачу всего требуемого корма могут быть оценены по формуле:

$$E_\Sigma^* = P^* \cdot t_{\max}.$$

Заключение

Разработана математическая модель распределенной системы раздачи жидких кормов свиньям. Осуществлена оптимизация параметров кормораздаточной установки по критерию энергозатрат. Для распределенной линии раздачи кормов определена оптимальная мощность насоса в зависимости от расстояния до станка, объема выдаваемого корма и его распределения по станкам.

Список использованной литературы

1. Гируцкий И.И. Оценка энергозатрат на раздачу жидких кормов различной влажности свиньям / Гируцкий И.И., Жур А.А., Сеньков А.Г. // Агропанорама, №4(104) - 2014, с. 26-28.
2. Гируцкий И.И. Энергосберегающий потенциал интеллектуального управления раздачей жидких кормов на свиноводческих комплексах / Гируцкий И.И., Жур А.А., Матвейчук Н.М. // Агропанорама, №5(105) - 2014, с. 18-21.

УДК 631.333.92

Павленко С.И., к.т.н., доц., Ляшенко А.А., инженер.
*Запорожский научно-исследовательский центр механизации
Животноводства, Украина, г. Запорожье*

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ СМЕСИТЕЛЯ-АЭРАТОРА КОМПОСТОВ

Введение

Получение высококачественных органических удобрений остается одним из наиболее актуальных вопросов не только с точки зрения повышения плодородия сельскохозяйственных угодий, но и как основной технологический процесс переработки отходов животноводства и растениеводства (навоз, помет, твердая фракция жидкого навоза, уплотненные иловые осадки, подстилочные материалы, солома и другие). Эффективное решение экологически безопасного обращения с отходами требует внедрения новых технологических решений с соответствующим техническим обеспечением наиболее энергоемких операций.

Одним из перспективных направлений переработки сельскохозяйственных отходов является технология ускоренного биотермического компостирования. Отличие технологии от известных решений компостирования, в т.ч. путем длительного выдерживания в буртах, заключается в контроле и управлении процессом на различных стадиях [1]. Основные принципы разработанной технологии изложены в целом ряде работ [2, 3] и предполагают выполнение таких технологических операций как подготовка исходных смесей путем смешивания компонентов, измельчение крупных

фрагментов, формирование и перебивка буртов с целью аэрации, выравнивания температурных полей и влажности. За рубежом, для выполнения этих операций, применяются различные технические средства [4, 5]. Вместе с тем сложившиеся способы содержания животных в Украине и отличающиеся свойства органических отходов создали предпосылки разработки отечественного технического средства – смесителя-аэратора компостов.

Определение технических и энергетических параметров смесителя-аэратора, а также качественных показателей полученных органических удобрений (компостов).

Основная часть

Исходными материалами в исследованиях служил подстилочный помёт и солома. Продуктами переработки были компостные смеси, сбалансированные по питательным веществам (соотношение C:N) и по влажности в соответствии с методологией [6], и конечный продукт – компост, как органическое удобрение. Физико-химические свойства компостов и компостных смесей определялись стандартными методами в соответствии с ГОСТ 26712-85 - ГОСТ 26718-85 «Удобрения органические. Методы анализа». Фракционный состав – с помощью ситового классификатора с отверстиями диаметром 7; 5; 3; 1; 0,5 и 0,25 мм по массовому содержанию.

Показатели энергетической оценки определялись в ПАТ «Владимир-Волынская птицефабрика» совместно с Львовским филиалом ГП «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого» в соответствии с СОУ 74.3-37-276:2005 «Техніка сільськогосподарська. Машина та обладнання з приводом від двигунів внутрішнього згорання. Методи енергетичної оцінки». При этом использовались: тензотрактор МТЗ-82, карданный ротационный тензометрический динамометр (КРТД) и прибор на базе модуля Е14-140М для измерения энергетических показателей.

В процессе производственных испытаний с помощью смесителя-аэратора выполнялись операции смешивания компонентов компостной смеси, перебивки (рис. 1), механической аэрации, увлажнения компостных материалов и их смесей с одновременным формированием буртов.



а)

б)

Рисунок 1 – Смеситель-аэратор компостов:

а) рабочий цикл; б) бурт с подготовленной компостной смесью.

Оценка качества смешивания компостных компонентов (перебивка массы в бурте с частичным измельчением) производилась по изменению ее фракционного состава. На рис. 2 представлена исходная масса подстилочного помета и компостной смеси после третьей операции перебивки бурта.

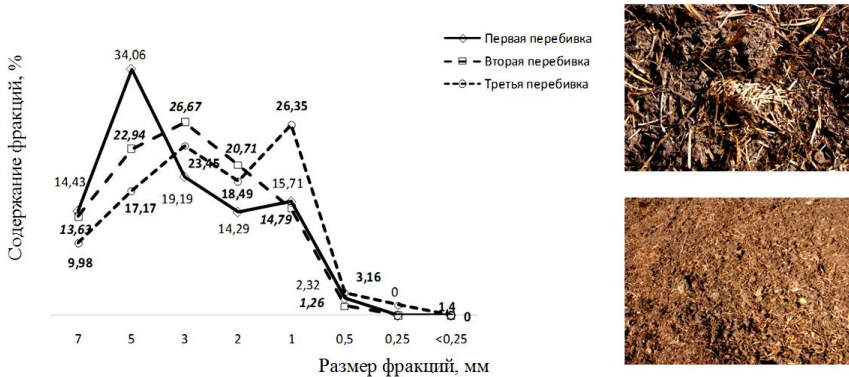


Рисунок 2 – Изменение фракционного состава компостной смеси

Исходная масса представляла собой навалочный бурт с крупными фрагментами слежавшегося подстилочного помета. После первой перебивки компостная смесь приобретала вид однородной массы с преобладанием частиц размером 5-7 мм (более 48%). Последующие перебивки существенно увеличили содержание частиц размером 1-3 мм, это касается как второй перебивки, где содержание этих частиц превышает 62%, так и третьей – более 68%. Таким образом, смеситель-аэратор обеспечивает достаточно высокое ка-

чество подготовки компостной смеси уже после двух технологических проходов.

Энергетическая оценка производилась с изменением высоты бурта от 0,7 до 1,2 м при средней ширине 2,5 м, скорости перемещения от 0,48 до 0,55 м/с, диаметра рабочих органов фрезерного барабана 0,55 и 0,61 м при частоте ВОМ трактора 540 и 1000 об/мин.

Графическая визуализация одного из опытов представлена на рис. 3.

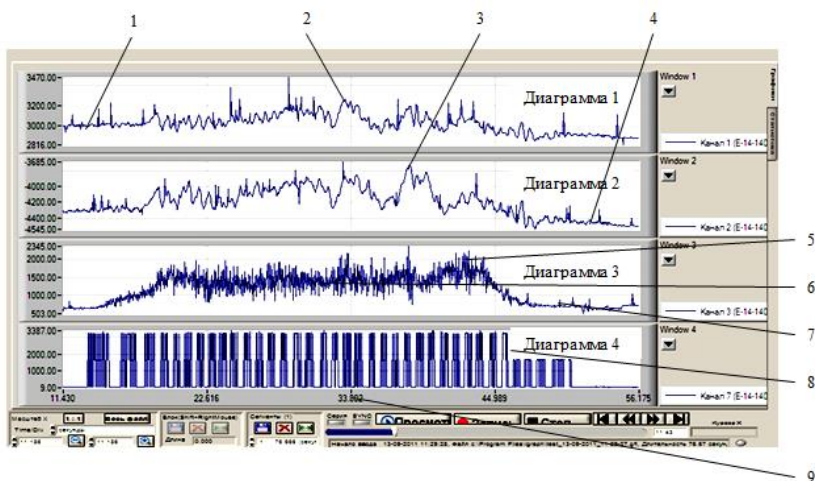


Рисунок 3 – Графическое отображение усилий:

1 – усилие на левой полуоси тензотрактора во время х.х.; 2, 3 – максимальное и максимальное значение усилия на правой полуоси; 4 – усилие на правой полуоси тензотрактора во время холостого хода; 5, 6, 7 – максимальное, среднее и значение усилий х.х. на ВОМ; 8 – импульсы для измерения скорости движения тензотрактора; 9 – линейка отображения текущего времени и длительности опыта, с.

Средняя потребляемая мощность рабочим органом смесителя-аэратора уменьшалась с каждым последующим проходом: первый – 19,9 кВт, второй – 11,4 кВт, третий – 8,5 кВт (540 об/мин). Соответственно расход топлива составлял 7,8 кг/ч; 6,0 кг/ч и 5,5 кг/ч. При частоте ВОМ 1000 об/мин изменения потребляемой мощности были следующими – 35,1 кВт, 31,6 кВт и 29,0 кВт. Расход топлива: 10,0 кг/ч; 9,3 кг/ч и 8,8 кг/ч.

Усилия на ведущих валах двигателей фактически были равноценными при скорости движения агрегата до 0,5 м/с (правая полуось – 1200 Н·м, левая полуось – 1160 Н·м). При увеличении скорости до 0,55 м/с усилия преобладали для правой полуоси трактора в особенности при частоте ВОМ 540 об/мин (правая полуось – 2420 Н·м, левая полуось – 1750 Н·м).

При частоте вращения ВОМ 1000 об/мин загрузка двигателя трактора составляла 75 %. При уменьшении частоты вращения ВОМ - 540 об/мин нагрузка на двигатель уменьшается до 42 %, что недостаточно для оптимальной его загрузки.

Производительность при выполнении технологической операции приготовления компостных смесей составляет – 500 м³/ч. Производительность перелопачивания компостных смесей – 900 м³/ч.

Полученный, в результате переработки подстильного помета, компост представлял собой однородную массу. За независимой оценкой (Волынский государственный областной проектно-технологический центр охраны плодородия почв и качества продукции «Облдержродючість») получены следующие агрохимические показатели компоста: влажность – 51,9%, соотношение C:N – 12,3:1, кислотность pH – 8,6; содержание в сухом веществе органического вещества – 74%, общего азота (N) – 3,00%, фосфора (P₂O₅) – 2,83%, калия (K₂O) – 3,15%. По усредненным показателям общее количество действующих биогенных компонентов в 1 т компоста составляет более 49 кг, что эквивалентно 103 кг нитроаммофоски.

Заключение

Конструкция смесителя-аэратора обеспечивает качественное смешивание помета с подстильными материалами и отходами птицеводческого предприятия. Предложенный рабочий орган осуществляет эффективную перебивку компостных смесей с частичным измельчением компонентов с достаточно высокой производительностью – 900 м³/ч. Размер фракций с длиной частиц свыше 5 мм составлял: после первого перелопачивания – 48,4%; после второго – 36,6%; после третьего – 27,2%. Минимальное значение однородности смеси по фракционному составу – 70%. На основании результатов испытаний установлено, что смеситель-аэратор компо-

стов удовлетворительно агрегатируется с тракторами тягового класса 1,4.

Список использованной литературы

1. Павленко, С.І. Аналіз і обґрунтування технологічних процесів компостування сільськогосподарських органічних відходів тваринного походження / С.І. Павленко, О.О. Ляшенко, Д.М. Лисенко, В.І. Харитонов // Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця, 2011. – Вип. 9. – С. 83-92.

2. Технологія прискореного біотермічного компостування гною з органічними вологопоглинальними відходами АПК: Рекомендації / О.О. Ляшенко, Г.Є. Мовсесов // Інститут механізації тваринництва УААН. Запоріжжя: ІМТ УААН, 2007. – 32 с.

3. Ляшенко, О.О. Основні положення процесу прискореного біотермічного компостування сільськогосподарських органічних відходів / О.О. Ляшенко, Г.Є. Мовсесов // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві. Зб. наук. праць ІМТ НААН України. – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2011. – Вип. 2(8). – С. 124-133.

4. Павленко, С.І. Новітні технічні засоби переробки органічних відходів / С.І. Павленко, О.О. Ляшенко, А.А. Поволоцький, Ю.А. Філоненко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Технічні системи і технології тваринництва». – Харків, 2013. – Вип. №132. – С. 193-200.

5. Степук, Л.Я. Использование аэратора-смесителя АСК-4,5 при разработке технологии ускоренного приготовления органических компостов / Л.Я. Степук, А.А. Лях, Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві. Зб. наук. праць ІМТ НААН України. – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2011. – Вип. 2(8). – С. 29-37.

6. Ляшенко, О.О. Методологія готування збалансованих сумішей органічних відходів перед компостуванням / О.О. Ляшенко // Матеріали Міжнародної конференції «Сотрудничество для решения проблемы отходов» (31 января – 1 февраля 2007 г., г. Харьков). – Х.: 2007. – С. 183-186.

УДК 637.1

Алиев Э.Б., к.т.н.

*Институт масличных культур Национальной академии
аграрных наук Украины, г. Запорожье, Украина*

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОЛОЧНЫМ ЖИВОТНОВОДСТВОМ

Введение

На протяжении последних десяти лет в молочном животноводстве была сформирована приоритетная научная проблема, которая базируется на четырех основных направлениях: интенсивные технологии, механизация, автоматизация и физиологические аспекты. При этом реализация интенсивных технологий в молочном скотоводстве невозможна без системы управления технологическими процессами. По данным [1], внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами в молочном животноводстве позволяет повысить производительность труда в 1,2-2 раза, снизить энергозатраты на 30-40%, увеличить продуктивность животных до 20%, а также существенно улучшить условия труда животноводов.

Основная часть

Автоматизированные системы управления молочным животноводством обычно привязываются к доильному оборудованию, так как оно является ключевым звеном в технологии производства молока – именно здесь собирается, обновляется и записывается информация о продуктивности, качественных показателях молока, воспроизводстве и физиологическом состоянии животного. Компьютерная обработка этого массива данных предоставляет специалистам необходимую информацию, на основании которой принимаются решения, как по одному животному, так и по всему стаду в целом.

Использование автоматизированных систем обеспечивает:

- получение оперативной информации о животных;
- быстрый доступ к истории животного;
- повышение надоев за счет доклинического диагностирования болезней;

- анализ структуры стада и физиологического состояния животного;
- сокращение расходов на ветеринарные препараты;
- выявления нарушений в технологии воспроизводства стада;
- уменьшение числа яловых животных и увеличение выхода телят;
- повышение эффективности кормления;
- снижение затрат труда и повышение культуры труда.

На сегодняшний день различные компании предлагают различные комплектации автоматизированных систем управления молочным животноводством.

Приведенные автоматизированные системы управления молочным животноводством не дают полной оценки производства по физиологическим показателям животных.

Таким образом, важным резервом повышения эффективности производства молока является индивидуальное обслуживание животных и совершенствование технологических процессов доения, кормления, содержания и обслуживания животных базирующихся на применении прецизионных (высокоточных) технологий и технических средств.

Эффективность машинного доения коров определяется автоматизированной системой управления технологическим процессом доения (рис. 1). Основой данной системы является управление технико-технологическими параметрами электронного пульсатора доильного аппарата посредством измерения его расхода воздуха и скорости молокоотдачи коровы [2, 3]. Контроль за технико-технологическими параметрами электронного пульсатора доильного аппарата выполняется с помощью разработанного прибора. Прибор предназначен для измерения вакуумметрического давления в диапазоне от 0 до 99,9 кПа, частоты пульсаций в диапазоне от 40 до 200 имп/мин и фаз пульсаций А + В в диапазоне от 0 до 99,9% [4].

Для реализации кормления животных по группам целесообразно применение автоматизированной системы управления технологическими процессами приготовления и раздачи кормов, которая может быть реализована на базе смесителя-кормораздатчика поточного типа (рис. 2). Каждая группа коров снабжена передатчиком, которые передают на приемник смесителя-кормораздатчика

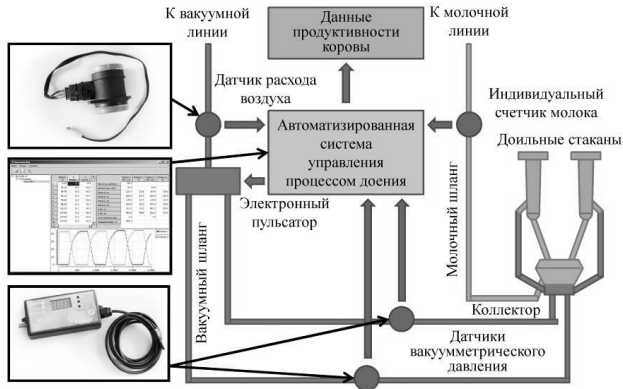


Рисунок 1 – Автоматизированная система управления технологическим процессом машинного доения

информацию о рационе данной группы. Автоматизированная система управления, получая данные от приемника, управляет технологическими процессами смешивания компонентов и раздачи кормосмеси на кормовой стол. В настоящее время ведется разработка данной системы, которая основа на блоке управления электродвигателем Danfoss Micro Drive.

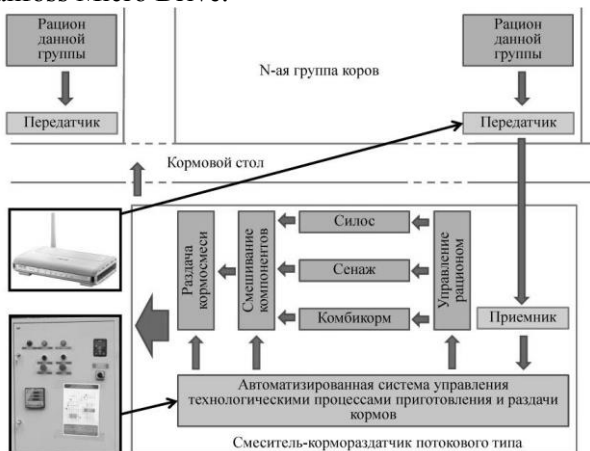


Рисунок 2 – Автоматизированная система управления технологическими процессами приготовления и раздачи кормов

Для проведения контроля селективного воспроизводства стада и селективного отбора коров по группам по их физиологическому состоянию предлагается создание автоматизированной системы управления содержанием и обслуживания коров (Рис. 3). Данная система реализуется на основе оценки геометрических параметров коровы, ее кинематических и динамических характеристик движения с целью определения физиологического состояния и автоматической бонитировки коровы. Такой подход, позволяет комплексно оценить племенные свойства животного с прогнозом потенциальной продуктивности. Кинематические и динамические характеристики движения коровы определяются с помощью разрабатываемого программного обеспечения, которое использует датчик-камеру Kinect.

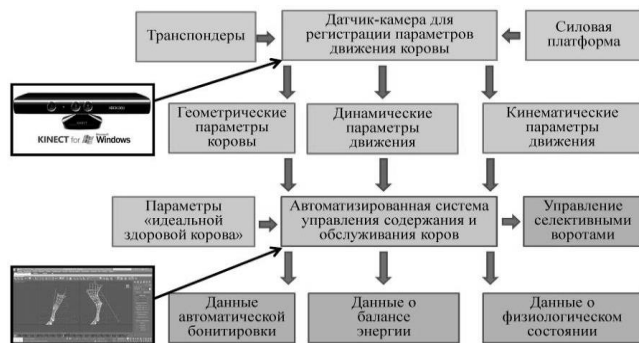


Рисунок 3 – Автоматизированная система управления содержанием и обслуживания коров

Существующие автоматизированные системы основываются на мониторинге управляемых технологических процессов и физиологического состояния животных. Данный мониторинг позволяет производить сбор информации в динамическом режиме, что способствует адаптивному управлению, и как результат, повышению эффективности технологического процесса.

Заключение

Наиболее перспективным путем развития технического направления в молочном животноводстве является совершенствование автоматизированных систем управления технологическими процессами машинного доения, дифференцированного кормления,

содержания и обслуживания в молочном животноводстве на базе прецизионных (высокоточных) технологий и технических средств.

Установлено, що ефективність машинного доєння корів визначається адаптивною інформаційно-аналитическою системою управління технологічним процесом доєння на основі аналізу фізіологічного стану тварин за допомогою постійного мобільного моніторингу.

Список использованной литературы

1. Gasteiner J. Ursachen für Lahmheiten bei Milchkühen // Stallbau im Rahmen der neuen Bundestierhaltungsverordnung – Tiergesundheit – Stallklima und Emissionen, 2005.

2. Шевченко І.А. Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок / І.А. Шевченко, Е.Б. Алієв / За редакцією доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента НААН України, І.А. Шевченка – Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд, 2013 – 156 с. – ISBN 978-966-2602-41-VIII.

3. Шевченко І. А. Підвищення якості виконання технологічного процесу машинного доїння / І.А. Шевченко, Е. Б. Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2012. – Вип. 1(9). – С. 3-9. – ISSN 2075-1591.

4. Пат. 67798 Україна, МПК (2012) А 01J7/00. Пристрій для контролю технічних параметрів доїльних установок / Е.Б. Алієв, О.С. Тісліченко; заявник і патентовласник Ін-т мех. тв-ва НААН. – № у 2011 08417; заявл. 04.07.2011; опублік. 12.03.2012, Бюл. №5, 2012 р.

5. Kinect for Windows SDK [Electronic resource] / Інтернет-ресурс. - Режим доступу: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/develop/overview.aspx>

6. Kinect for Windows Programming Guide [Electronic resource] / Інтернет-ресурс. - Режим доступу : <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh855348.aspx>.

УДК 636.2.03:628.8

В.Н. Тимошенко¹, д.с.-х.н., профессор, А.А. Музыка¹, к.с.-х.н.,
А.А. Москалев¹, к.т.н., Д.Ф. Кольга², к.т.н., доцент

¹Республиканское унитарное предприятие «Научно практический
центр по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь,

²УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» г. Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ МИКРОКЛИМАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ

Введение

В молочном скотоводстве используется большое разнообразие ферм и комплексов по размерам, применяемым системам и способам содержания животных и технологиям производства молока. Однако технические и технологические решения на фермах и комплексах нередко вступают в противоречие с биологическими потребностями и возможностями организма. Нарушение нормативных параметров микроклимата приводит к снижению молочной продуктивности коров на 7...8% и увеличению потребления кормов на единицу продукции до 25...30%.

Нормирование микроклимата в животноводческих помещениях является одним из важнейших звеньев технологии промышленного производства молока. Но это возможно лишь в том случае, если строительные решения животноводческих помещений предусматривают применение эффективных средств вентиляции и строительных материалов, которые по теплотехническим качествам соответствуют климатической зоне нашей республики.

Основная часть

Целью наших исследований явилось изучение показателей микроклимата и комфортности условий содержания коров в животноводческих помещениях с различными конструктивными решениями в разные сезоны года.

Материал и методика исследований. Исследования проведены в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области на МТК «Березовица» (здания из металлоконструкций с

утепленной кровлей) и МТФ «Жажелка» (одно здание из сборных полурамных железобетонных конструкций и одно здание из металлоконструкций без утепления кровли).

Контроль за состоянием микроклимата в помещениях осуществляли в 2-х точках помещения (торец и середина) на 6-ти уровнях – на уровне пола, 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 м от пола в течение 2-х смежных дней по следующим показателям:

- температура, относительная влажность, освещенность – прибором «ТКА-ПКМ».
- скорость движения воздуха – прибором «Testo»;
- концентрация вредных газов – газоанализатором «Multigas MX 2100»;

Температуру кожного покрова животных и ограждающих конструкций зданий определяли бесконтактным пирометром НИМ-БУС-420 и с помощью тепловизора FLIR i40.

Результаты исследований. Содержание дойных коров на всех вышеперечисленных объектах групповое, беспривязное, боксовое, с организацией отдыха в индивидуальных боксах. Здания коровников – с нерегулируемым микроклиматом. В коровниках принято шестирядное расположение боксов с одним кормовым столом, размещенным в центральной части здания.

Микроклимат в зимний период в исследуемых зданиях из металлоконструкций с утепленной кровлей наиболее оптимальный по сравнению со зданиями из сборных полурамных железобетонных конструкций и зданиями из металлоконструкций без утепления кровли (табл. 1).

Снижение температуры и повышение влажности воздуха значительно увеличивают его теплопроводность и теплоемкость, что приводит к большой потере тепла животными. Температура поверхности кожи у коров в зданиях из сборных полурамных железобетонных конструкций составила при данных параметрах микроклимата $15,4^{\circ}\text{C}$, в зданиях из металлоконструкций без утепления кровли – $15,2^{\circ}\text{C}$, в то время как в зданиях из металлоконструкций с утепленной кровлей при более оптимальных условиях микроклимата она равнялась $19,6^{\circ}\text{C}$ или на $4,2$ и $4,4^{\circ}\text{C}$ соответственно, выше.

Таблица 1 – Микроклимат животноводческих зданий в зимний период

Показатели	Тип зданий		
	Здания из сборных полурамных железобетонных конструкций	Здания из металлоконструкций	Здания из металлоконструкций с утепленной кровлей
Торцевая часть зданий			
Температура воздуха, °С	-7,6	-8,7	-4,1
Влажность воздуха, %	92,4	94,6	77,3
Скорость движения воздуха, м/с	0,16	0,31	0,23
Центральная часть зданий			
Температура воздуха, °С	-8,8	-9,1	-5,6
Влажность воздуха, %	93,8	95,2	83,9
Скорость движения воздуха, м/с	0,31	0,34	0,32

Связано это с наиболее оптимальными показателями температурно-влажностного режима. В зданиях из металлоконструкций без утепления кровли и из сборных полурамных железобетонных конструкций наблюдается увеличение времени приема корма с целью восполнения животными количества тепла, увеличение времени на передвижение и, следовательно, сокращение времени на их отдых в боксах.

Таблица 2 – Результаты хронометражных наблюдений в зимний период

Тип зданий	Затраты времени животными по видам деятельности, %			
	кормится	стоит	лежит	двигается
Здания из сборных полурамных железобетонных конструкций	24,2	33,7	23,9	18,2
Здания из металлоконструкций	26,6	29,7	23,6	20,1
Здания из металлоконструкций с утепленной кровлей	23,9	32,5	24,5	19,1

Относительная влажность воздуха в зданиях из сборных полурамных железобетонных конструкций в переходный период составила в торцевой части здания 77,1%, в центральной части здания – 79,3%, что на 4,9-6,3% и на 2,9-4,3% соответственно выше, чем в зданиях из металлоконструкций (табл. 3).

Таблица 3 – Микроклимат животноводческих зданий в переходный период

Показатели	Тип зданий			
	Здания из сборных полурамных железобетонных конструкций	Здания из металлоконструкций	Здания из металлоконструкций с утепленной кровлей	
Торцевая часть зданий				
Температура воздуха, °С	7,4	6,3	8,1	
Влажность воздуха, %	77,1	72,2	70,8	
Скорость движения воздуха, м/с	0,36	0,44	0,42	
Центральная часть зданий				
Температура воздуха, °С		7,6	6,7	8,7
Влажность воздуха, %		79,3	76,4	75,0
Скорость движения воздуха, м/с		0,29	0,41	0,38

Температура воздуха в исследуемых животноводческих зданиях находилась практически на одном уровне: в торцевой части помещения в пределах 6,3-8,1⁰С, в центральной части – 6,7-8,7⁰С. Разница по скорости движения воздуха также была не существенной.

Температура поверхности кожи у коров находилась практически на одном уровне, как в зданиях из металлоконструкций, так и в зданиях из сборных полурамных железобетонных конструкций и составила за период исследований от 27,8 до 29,4⁰С.

Важное значение для животных имеет освещенность в животноводческих помещениях. В зимнее время, несмотря на полноценное кормление, половая активность и оплодотворяемость у коров снижаются в связи с недостатком естественного света.

Для дойных коров продолжительность светового дня должна составлять до 16 ч в сутки зимний период, а для сухостойных коров – 8 ч. Освещенность у поилок и кормового стола должна быть на уровне 300 лк, а в боксах для отдыха дойных коров – 200 лк.

На движение воздуха в помещении и на качество вентиляции существенно влияют конструкция и объемно-планировочные параметры коровника: длина и ширина вентиляционной щели в коньке крыши, ее уклон, расположение и размер приточных отверстий и проемов в стенах, высота продольных стен, ширина здания.

Опыт показывает, что для интенсивного проветривания и доступа необходимого количества свежего воздуха внутрь помещения шириной 18-24 м достаточны боковые стены высотой 3-3,2 м, при 30 м – 3,6 м. Излишняя высота здания – это неоправданное его удорожание.

Наблюдение за поведением животных при реализации ими основных процессов жизнедеятельности, показало, что животные более комфортно чувствуют себя в зданиях из металлоконструкций. Связано это с наиболее оптимальными показателями влажностного режима в данных животноводческих зданиях (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты хронометражных наблюдений в переходный период

Тип зданий	Затраты времени животными по видам деятельности, %			
	кормится	стоит	лежит	двигается
Здания из сборных полурамных железобетонных конструкций	23,8	31,2	24,4	20,6
Здания из металлоконструкций	25,4	29,5	26,1	19,0
Здания из металлоконструкций с утепленной кровлей	25,2	29,1	26,9	18,8

Заключение

1. Микроклимат в животноводческих помещениях зависит от многих условий – местного (зонального) климата, теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания и уровня воздухообмена, эффективности вентиляции, состояния канализации, способов уборки и удаления навоза, освещения, а также от технологии содержания и вида животных, особенностей их физиологии и обмена веществ, плотности размещения, типа кормления, способов раздачи

кормов и т. д. Большое значение придается также ориентации ферм (комплексов), объемно-планировочным особенностям и конструкциям зданий, виду и качеству строительных материалов ограждающих конструкций, внутреннему оборудованию, направлению и специализации хозяйства.

2. В зимний период исследования показателей микроклимата животноводческих помещений показали, что в зданиях из металлоконструкций с утеплением кровли обеспечиваются более комфортные для животных условия жизнеобеспечения по сравнению с обследованными животноводческими зданиями из сборных полурамных железобетонных конструкций и зданий из металлоконструкций без утепления кровли.

3. Исследования показателей микроклимата животноводческих помещений в переходный период показали, что в данный период в зданиях из металлоконструкций обеспечиваются более комфортные для животных условия жизнеобеспечения по сравнению с обследованными животноводческими зданиями из сборных полурамных железобетонных конструкций.

Список использованной литературы

1. Система ведения молочного скотоводства Республики Беларусь / Н.А. Попков, П.Н. Шагов, И.П. Шейко и др. – Минск, 2002. – 207 с.

2. Медведский, В.А. Гигиена животных / В.А. Медведский, Г.А. Соколов, А.Ф. Трофимов и др. – Мн.: Техноперспектива, 2009. – 620 с.

УДК 636.2.3:637.116

Забродина О.Б., доцент, к.т.н., Машлякевич А.А., аспирант
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО
Донской государственной аграрный университет, г. Зерноград

УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГЛУБИНЫ ВАКУУМА ПОДСОСКОВОГО ПРОСТРАНСТВА ДОИЛЬНОГО СТАКАНА

Для осуществления молоковыведения из соска вымени коровы адекватно молокоотдаче животного и применение отсасывающей

способности доильного аппарата применяют различные способы повышения давления в цистерне и соске вымени: изменение частоты пульсаций, изменение в конструкции сосковой резины, создают аппараты выжимающего типа. Однако наиболее простым и перспективным направлением является использование доильных аппаратов отсасывающего типа, но реализующих адаптивные алгоритмы доения [1,2].

Для реализации подобных технологий доения применяют адаптивные системы автоматизированного управления доением по долям вымени с обратной связью – контролем по молоковыведению.

Для обработки информации о молоковыведении по долям вымени формированию управляющих воздействий применяют микроконтроллеры. Недостаточно отработанным узлом такой системы является устройство для управления режимом извлечения молока [3].

Целью данной работы является установление закономерностей изменения давления в молочной камере устройства в зависимости от частоты управляющего дискретного прямоугольного сигнала.

За основу принят регулятор вакуума, схема которого приведена на рисунке 1. На рисунке 1 приведены следующие обозначения: p_y – глубина вакуума в управляющей камере регулятора вакуума; p_m – глубина вакуума в молочной камере регулятора вакуума; P_a – атмосферное давление; P_e – номинальная глубина разряжения доильной установки; V_y – объём управляющей камеры; V_m – объём молочной камеры; α_1 – проводимость сфинктера соска вымени; α_2 – проводимость дросселя технологического отверстия в молочной камере; α_3 – проводимость дросселя переменного сечения молочного клапана; α_4 – проводимость дросселя переменного сечения «сопло-заслонки» электромагнитного регулятора вакуума; α_5 – проводимость дросселя технологического отверстия в управляющей камере.

Данный регулятор совмещён с коллектором и имеет две камеры – управляющую и молочную. В молочной камере на расход воздуха будут влиять проводимость сфинктера соска α_1 , проводимость турбулентных дросселей – технологического отверстия для связи с атмосферой α_2 и молочного клапана α_3 . В управляющей камере на

расход воздуха будут влиять проводимости турбулентных дросселей – управляемого клапана α_4 и технологического отверстия для связи с вакуумной системой – α_5 .

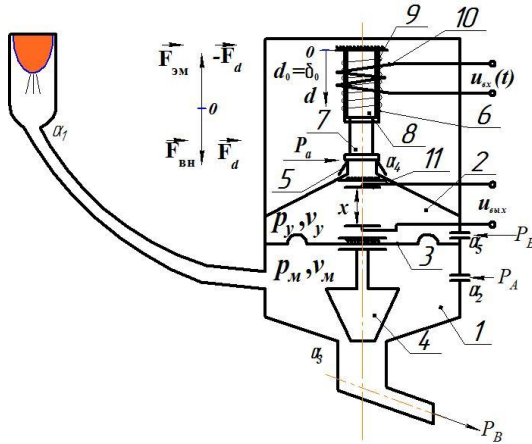


Рисунок 1 – Принципиальная схема электропривода регулятора глубины вакуума:

1 – молочная камера; 2 – управляющая камера; 3 – мембрана; 4 – молочный клапан; 5 – узел «сопло-заслонка»; 6 – электромагнит; 7 – якорь электромагнита; 8 – сердечник; 9 – пружина; 10 – обмотка электромагнита; 11 – ёмкостный датчик перемещения мембраны.

Для обеспечения возможности регулирования вакуума под соском в необходимых пределах – от атмосферного давления до глубины вакуума 55 кПа, управляющая камера оснащена клапаном с электромагнитным приводом и датчиком перемещения мембраны.

Управляющий сигнал на электромагнитный привод заслонки $u_{вх}$ поступает от управляющего микроконтроллера.

Функциональная схема регулятора вакуума подсоскового пространства доильного стакана представлена на рисунке 2.

Согласно приведённой функциональной схемы на основе принятых допущений и анализа процессов истечения в камерах регулятора получены уравнения, описывающие баланс расхода воздуха [4,5],

$$\begin{cases} \Delta G_M = G_1 + G_2 - G_3, \\ \Delta G_Y = G_4 - G_5 \end{cases} \quad (1)$$

где G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 – расходы воздуха через дроссели в соответствии с функциональной схемой.

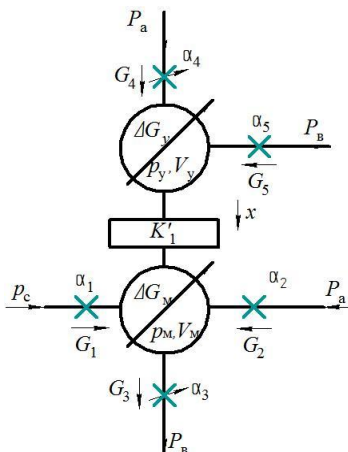


Рисунок 2 – Функциональная схема регулятора вакуума

После подстановки уравнений расходов воздуха через соответствующие дроссели в уравнения (1), последующего дифференцирования и линеаризации, с учётом, что $\alpha_2 = \text{const}$ и последующих получим уравнения описывающие динамику работы регулятора:

$$T_1 \cdot \frac{dp_y}{dt} + p_y = T_2 \cdot \frac{dp_m}{dt} + k_1 \cdot \alpha_4, \quad (2)$$

$$T_3 \cdot \frac{dp_m}{dt} + p_m = T_4 \cdot \frac{dp_y}{dt} + k_2 \cdot \alpha_1 - k_3 \alpha_3 + k_4 \cdot p_c, \quad (3)$$

$$\alpha_4 = \varphi(u_{\text{вх}}), \quad (4)$$

где T_1, T_2, T_3, T_4 – постоянные времени;

k_1, k_2, k_3, k_4 – передаточные коэффициенты;

x – перемещение мембраны;

$u_{\text{вх}}$ – управляющий сигнал – напряжение, подаваемое на катушку электромагнитного клапана (узла «сопло-заслонка»).

Постоянные времени и передаточные коэффициенты уравнений (11-15) зависят от конструктивных параметров могут быть вычислены по выражениям (где «0» в индексах физических величин означает начальные условия интегрирования):

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 = \frac{V - V_{m0} - S_{\text{эф}} \cdot P_{m0} \cdot C_m}{R \cdot T \cdot A}; T_2 = \frac{S_{\text{эф}} \cdot P_{y0} \cdot C_m}{R \cdot T \cdot A}; \\ T_3 = \frac{V_{m0} - S_{\text{эф}} \cdot P_{y0} \cdot C_m}{R \cdot T \cdot B}; T_4 = \frac{P_{m0} \cdot S_{\text{эф}} \cdot C_m}{R \cdot T \cdot B}; \\ k_1 = \frac{\sqrt{P_a - P_{y0}}}{A}; k_2 = \frac{P_c}{B}; k_3 = \frac{\sqrt{P_{m0} - P_b}}{B}; \\ k_4 = \frac{\alpha_{10}}{B}; k_5 = k_6 = C_m; \\ A = \frac{2 \cdot P_{y0} \cdot S_{\text{эф}} \cdot C_m}{R \cdot T} + \frac{\alpha_{40}}{2 \cdot \sqrt{P_a - P_{y0}}} - \frac{\alpha_5}{2 \cdot \sqrt{P_a - P_{y0}}}; \\ B = \frac{2 \cdot P_{m0} \cdot S_{\text{эф}} \cdot C_m}{R \cdot T} - \alpha_{10} - \frac{\alpha_2}{2 \cdot \sqrt{P_a - P_{m0}}} + \frac{\alpha_{30}}{2 \cdot \sqrt{P_{m0} - P_b}}, \end{array} \right. \quad (5)$$

где S_m – эффективная площадь мембраны

R_1 и R_2 – радиусы оснований конуса;

C_m – жёсткость мембраны.

Из уравнений (2) и (3) видно, что при постоянных конструктивных параметрах, изменять давление p_m в подсосковой камере можно, меняя проводимость дросселя α_4 – узла «сопло-заслонка». Очевидны два варианта регулирования проводимости узла «сопло-заслонка»: аналоговый (за счёт плавного открывания и закрывания заслонки) и дискретный (за счёт периодического открывания заслонки, например электромагнитом, путём управления частотой открывания заслонки f).

Аналоговый способ регулирования вакуума предъявляет более жёсткие требования к качеству изготовления узла «сопло-заслонка», к особой конструкции клапана, также следует учитывать, что пружина, удерживающая заслонку в закрытом состоянии, со временем меняет свои характеристики, что приведёт к дополнительным погрешностям регулирования. Дискретный способ предпочтительнее, поскольку устраняет вышеуказанные недостатки и обеспечивает более плавное регулирование глубины вакуума в подсосковой камере. В этом случае при $u_{\text{вх}} = \text{const}$ уравнение (2) примет вид

$$T_1 \cdot \frac{dp_y}{dt} + p_y = T_2 \cdot \frac{dp_m}{dt} + k_7 \cdot f, \quad (6)$$

где k_7 – передаточный коэффициент, связывающий изменение давления в управляющей камере с частотой управляющего сигнала;
 f – частота управляющего сигнала $u_{вх}$.

Для подтверждения адекватности полученной модели регулятора, а также установления некоторых коэффициентов уравнений был изготовлен макетный образец регулятора, и выполнены его исследования. Эксперимент проводился на кафедре ТОЭ и ЭСХ в Азово-черноморском инженерном институте ФГБОУ ВПО «ДонГАУ», схема лабораторной установки для определения расходной характеристики представлен на рисунке 3.

При проведении экспериментальных исследований была определена расходная характеристика $P'_м = \varphi(f)$ регулятора вакуума при различных постоянных величинах расхода молока (рисунок 4).



**Рисунок 3 – Схема экспериментальной установки для получения
расходной характеристики ($P'_м = \varphi(f)$) регулятора вакуума**

Анализ экспериментальной зависимости показал незначительное отклонение глубины вакуума от частоты при низкой интенсивности расхода молока, и значительное на более высоких расходах. По данным экспериментального определения расходной характеристики $P_м = f(f)$ получено уравнение регрессии $P'_м = 4,3548 f + 32,029$ с коэффициентом детерминации $R^2=0,9734$, значимость коэффициентов уравнения регрессии подтверждена проверкой t-критерия Стьюдента.

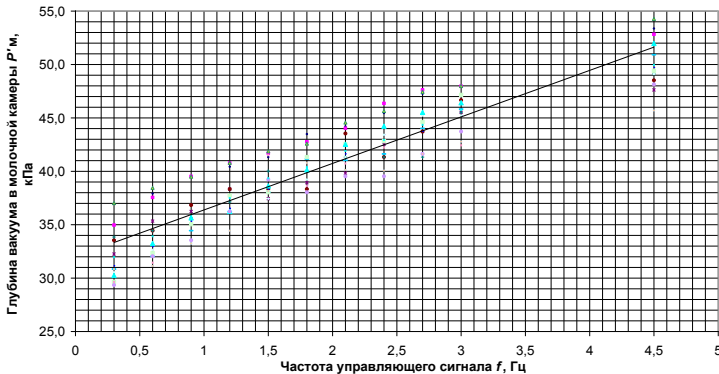


Рисунок 4 – Зависимости глубины вакуума в молочной камере от частоты управляющего сигнала электромагнитного клапана $P'_m = \varphi(f)$

Обоснована теоретически и подтверждена экспериментально возможность регулирования вакуума в доильном стакане в пределах от 0 до 52 кПа путём подачи дискретного управляющего сигнала прямоугольной формы частотой от 4,5 до 0 Гц на выводы электромагнита, связанного с дросселем типа «сопло-заслонка». Установлено, что зависимость глубины вакуума в доильном стакане от частоты прямоугольного управляющего сигнала, подаваемого на выводы электромагнита является линейной. Очевидно, что реализация адаптивно САУ доением коров появляется возможность вычисления микроконтроллером управляющего сигнала для электромагнитного регулятора вакуума в зависимости от интенсивности молоковыведения.

Список использованной литературы

1. Патент на полезную модель 126564 РФ / Устройство управления автоматизированного доильного аппарата/ Машлякевич А.А., Матвейкин М.Ю и др. опублик. 10.04.2013 г. бюл. № 10
2. Патент на изобретение 2536456 РФ/ Способ управления процессом доения коров/ Забродина О.Б., Машлякевич А.А., Матвейкин М.Ю. опублик. 12.12.2014 г. бюл. №36.
3. Винников И.К. Технологии, системы и установки для комплексной механизации и автоматизации доения коров / И. К. Вин-

ников, О. Б. Забродина, Л.П. Кормановский: Под ред. Л.П. Кормановского. – Зерноград, 2001. – 354 с.

4. Машлякевич, А.А. Регулятор вакуума под соском для адаптивной САУ доением коров / А.А. Машлякевич // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК : материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 60-летию Белорусского государственного аграрного технического университета и памяти первого ректора БИМСХ (БГАТУ), доктора технических наук, профессора В.П. Суслова (Минск, 4-6 июня 2014 г.). В 2 ч. Ч.2/ под общей ред. И.Н. Шилов, Н.А. Лабушева. – Минск : БГАТУ, 2014. – С. 112–116.

5. Машлякевич А.А. Регулятор глубины вакуума в подсосковом пространстве доильного стакана с электромагнитным приводом / Машлякевич А.А. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №07(101). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/101.pdf>.

УДК 619:618.19-002:636.2-08

А.Б. Грищенко, аспирант

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» г. Минск, Республика Беларусь

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ МАСТИТОВ

Введение

Диагностика клинических маститов основана на появлении аномального молока. У такого молока изменяется запах, цвет, консистенция, отмечается наличие хлопьев, сгустков или примесей крови.

Диагностика субклинических инфекций более проблематична, т.к. молоко продолжает нормально вырабатываться, но имеет повышенное содержание соматических клеток. Диагностирование субклинического мастита может быть осуществлено разными спо-

собами, включая прямое измерение уровня содержания соматических клеток (ССК) или косвенное подтверждение диагноза с помощью проведения Калифорнийского мастит-теста (California Mastitis Test – СМТ). Молочная культура, собранная из подозреваемых на мастит четвертей вымени, позволяет обнаружить наличие патогенных микроорганизмов мастита, но не дает информации о степени инфицированности. Исследование ССК отдельных четвертей вымени коров дает подтверждение уровня инфицированности в стаде. Определение величины содержания соматических клеток в молочном танке (bulk tank somatic cell counts – BTSCC) обычно выполняется для проверки качества молока, но данный тест может быть также использован для выявления состояния здоровья вымени, когда данные теста отслеживаются в течение продолжительного времени.

Результаты исследований.

Рассмотрим применяемые диагностические методы для обнаружения заболеваемости животных маститом. Эти методы подразделяются на две группы: лабораторные методы и методы, непосредственно применяемые на фермах.

Методы, непосредственно применяемые на фермах:

А) Калифорнийский мастит-тест (СМТ).

Калифорнийский мастит-тест – простой, недорогой и быстрый скрининг тест на мастит. Он основан на выявлении наличия соматических клеток в образце молока. Т.к. инфицированные клетки, связанные с маститом, будут доминирующим типом клеток, присутствующим в молоке, СМТ достаточно точно отражает уровень ССК и является надежным индикатором степени тяжести заболевания. Тест подходит для оценки здоровья вымени, а процедуре теста очень легко обучить работников молочных ферм. При должной подготовке данный тест обладает высокой степенью воспроизводимости. Тем не менее, производители молока должны знать об ограничениях СМТ и уметь принимать правильные управленческие решения на основе результатов СМТ.

Данный тест также может быть использован для оценки смешанных образцов молока и молока в молочных цистернах. Критерии теста для смешанного молока менее жесткие, чем для молока из четвертей вымени из-за эффекта смешивания молока больных

коров с молоком здоровых. Точность оценки качества молока в молочных танках данным тестом уменьшается с увеличением размера стада.

Таблица 1 – Соотношение между оценкой качества молока калифорнийским мастит-тестом и числом соматических клеток

Оценка теста СМТ	Диапазон содержания соматических клеток, клеток/мл	
N	0	200 000
T	200 000	400 000
1	400 000	1 200 000
2	1 200 000	5 000 000
3	> 5 000 000	

СМТ имеет ряд практических применений. В кризисных ситуациях, когда есть риск потери качества продукта, тест может быть использован для отслеживания больных животных, чтобы исключить смешивание молока больных животных с молоком здоровых особей, и для отслеживания возникновения новых очагов мастита. Во многих стадах этот тест используется для обследования первотелок и коров в сухостойном периоде. Данная информация полезна при выборе коров для проведения дальнейшей оценки, выборе коров на выбраковку, определения лечения сухостойных коров.

Не рекомендуется опираться только на результаты СМТ для начала незамедлительного лечения, кроме случаев, когда известен специфический патоген или лечение осуществляется в соответствии с протоколом лечения, рекомендованным ветеринаром. Ряд исследований показали, что экстренная терапия без знания типа патогена, является дорогостоящей процедурой. Это происходит из-за стойкости таких инфекций как *Staphylococcus aureus*, микоплазмы и других инфекций, связанных с окружающей средой, которые плохо поддаются лечению во время лактации коров.

СМТ может быть использован для контроля уровня здоровья вымени на протяжении длительного времени. При регулярном и постоянном выполнении теста можно анализировать информацию для определения здоровья вымени отдельных коров и тенденции развития мастита в стаде.

Б) Измерение электропроводимости молока.

Молоко коров с маститом имеет более высокую электрическую проводимость, чем молоко здоровых коров. Это происходит из-за повреждения тканей и последующего повышения содержания ионов натрия и хлорида в молоке. В настоящее время сенсоры электропроводимости встроены в большое количество автоматических систем доения. Изменение в электропроводимости молока – один из ранних признаков появления инфекции, позволяющий провести раннюю диагностику мастита и причин его возникновения. Одна из важнейших проблем, связанных с данной технологией, – чувствительность и специфичность электропроводимости между различными стадами.

Недавние достижения в определении специфичности пороговых уровней электропроводимости стада повысили ценность этого скрининг метода. Выявление повышения электропроводимости молока у определенного животного дает основания для проведения дальнейшего его обследования (измерение температуры, осмотр вымени и др.), но не является сигналом к незамедлительному началу лечения. Ручные приборы для измерения электропроводимости также подходят для исследования и могут применяться на постоянной основе в процессе доения животных.

В) Инфракрасная диагностика мастита

Данный метод диагностики основан на использовании разности инфракрасного излучения тела животного в здоровом и больном состоянии, которая может быть отслежена при помощи тепловизора.

В ходе тепловизионного обследования были исследованы 3 группы коров: коровы, болеющие маститом, здоровые и переболевшие. С помощью тепловизора были получены инфракрасные изображения животных. Визуально по этим данным можно определить, что у коровы, болеющей маститом, некоторые соски на вымени имеют более темную окраску, чем другие. У здоровых и уже переболевших маститом животных соски яркие и имеют нормальную ровную температуру. Исследования показывают, что средняя температура тела болеющей маститом коровы на 24,6 % выше, чем средняя температура тела здоровой коровы.

Лабораторные методы диагностики мастита:

А) Измерение уровня содержания соматических клеток в смешанном молоке в молочных цистернах (BTSCC)

Измерение соматических клеток в смешанном молоке в молочных цистернах (bulk tank somatic cell counts – BTSCC) используется производителями молочных продуктов на постоянной основе для определения качества молока. Результаты данного теста могут также быть использованы для изучения уровня здоровья вымени.

В общем случае, значение BTSCC менее чем 200 000 клеток/мл свидетельствует о минимальном уровне инфицирования, тогда как серия тестов со значением BTSCC более 500 000 клеток/мл указывает на наличие субклинической или хронической форм мастита. Т.к. значение BTSCC является показателем инфицированности четвертей вымени и уровня тяжести инфекции, попытки определить распространенность инфекции на основе только одного значения BTSCC обычно безуспешны. Например, для маленьких стад высокое значение BTSCC может быть как результатом высокого содержания соматических клеток в молоке небольшого числа коров, так и результатом высокого содержания соматических клеток в молоке многих коров.

Интерпретируя результаты BTSCC, следует помнить, что молоко собрано от большого количества коров и на него влияют множество факторов. Один из таких факторов – распространенность инфекции в стаде. Преобладающие патогены также оказывают влияние на результаты BTSCC. Strep ag инфекции обычно производят большее количество инфицированных клеток, чем Staph aureus. Мелкие патогены, такие как coagulase-negative Staphylococcus и Corynebacterium bovis, имеют намного меньшее влияние на ССК. Количество соматических клеток также зависит от возраста особи.

Летние месяцы часто характеризуются повышением уровня ССК. Сезонное увеличение связано с воздействием жары и повышением уровня инфекций от природных патогенов. Также это может носить и физиологический характер. Данный феномен до конца еще не изучен.

Частой жалобой фермеров при проведении тестов является то, что подсчет ежедневного уровня содержания соматических клеток не совпадает со значениями BTSCC. Для этого есть несколько причин:

- неравномерное распределение соматических клеток в цистерне с молоком (недостаточное перемешивание перед забором образцов позволяет соматическим клеткам остаться в жирном слое);
- уровень содержания соматических клеток у отдельно взятых коров меняется от доения к доению и день ото дня;
- суточные колебания числа соматических клеток;
- ошибки при проведении лабораторных исследований;
- ошибки при взвешивании молока;
- наличие коров, которые доились, но не были учтены при проведении исследования;

Коэффициент вариативности результатов BTSCC составляет 23-24%.

Б) Измерение уровня содержания соматических клеток у отдельных коров

Наиболее важный фактор, влияющий на уровень ССК в молоке, взятого из отдельной четверти вымени животного – инфекционный статус четверти вымени. Различные авторы сообщают, что средний уровень ССК неинфицированных четвертей составляет 170 000 – 214 000 клеток/мл или среднее геометрическое значение 106 000 клеток/мл. Число соматических клеток инфицированных коров будет зависеть от присутствия конкретного патогена. Небольшие патогены, такие как *C. bovis* и coagulase-negative *Staphylococcus*, дают средний результат в 227 000 клеток/мл при учете коров всех возрастов. Животные, инфицированные крупными патогенами (*Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Environmental Streptococci*), имеют ССК выше 600 000 клеток/мл.

Число соматических клеток отдельных коров является результатом измерения ССК молока во всех четвертях вымени и уровня продуктивности отдельных четвертей. Количество инфицированных четвертей, так же как и общее количество произведенного молока, являются основополагающими факторами для определения инфицированности отдельно взятой коровы с помощью измерения ССК. Эффект разбавления нормального молока может скрыть наличие инфекции. Канадские исследователи выяснили, что возможность корректно определить, является ли корова инфицированной, с помощью измерения ССК увеличивается с 77.9% до 92.7% с ростом числа инфицированных долей вымени от 1 до 4.

ССК отдельных коров может принимать широкий диапазон значений. Для определения инфицированности коровы с помощью этого показателя необходимо выбрать подходящий пороговый уровень. Для каждого стада такой пороговый уровень будет индивидуальным. Несмотря на выбранный уровень, некоторые инфицированные и неинфицированные животные будут определены неверно. Шансы обнаружения крупных патогенов увеличиваются, когда значение ССК отдельных четвертей вымени выше 200 000 клеток/мл. Составное значение ССК всех четвертей вымени показывает, что пороговый уровень, равный 250 000 клеток/мл, является оптимальным для отделения инфицированных коров от здоровых. Пороговый уровень 228 000 клеток/мл позволяет правильно определить инфицированность более 85% коров.

В) Линейная оценка содержания соматических клеток.

Показатели ССК часто выражаются логарифмической линейной оценкой значений исходного ССК. Логарифмические линейные оценки предоставляют более точные результаты измерения потери молока в связи с повышением ССК, как показано в таблице 2. Повышение линейной оценки на 1 пункт равно потере 0,68 кг молока от коровы в день или 180 кг за лактацию. Исходные значения ССК могут быть обманчивыми по отношению к потерям молока, если связывать их с уровнем ССК, т.к. потери молока намного выше при низких значениях уровня ССК.

Таблица 2 – Взаимосвязь линейной оценки содержания соматических клеток, числа соматических клеток и ожидаемых ежедневных потерь молока

Линейная оценка	Диапазон числа сомат. клеток, клеток/мл		Ожидаемые ежедневные потери молока, кг
0	0	18 999	0
1	19 000	35 999	0
2	36 000	71 999	0
3	72 000	141 999	0,68
4	142 000	283 999	1,36
5	284 000	565 999	2,04
6	566 000	1 130 999	2,72
7	1 131 000	2 262 999	3,40
8	2 263 000	4 523 999	4,08
9	4 524 000	> 9 999 999	4,76

Ежемесячная вариативность линейной оценки отдельно взятых коров является слишком маленькой, что делает определение линейной оценки ССК более часто встречающимся методом, по сравнению с измерением исходного значения ССК. Средний показатель линейной оценки дает более точную картину лактации, чем средний показатель исходного ССК. По этим причинам линейная оценка чаще используется для анализа и графического представления данных о содержании соматических клеток в молоке.

Г) Бактериологическое исследование проб молока

Бактериологическое исследование проб молока из молочных танков, отдельных четвертей вымени коров, групп коров, дает дополнительные возможности для оценки здоровья вымени, особенно если эта информация используется вкуче с ССК или клиническими данными по маститу. Данная информация не только предоставляет общую картину со здоровьем вымени в определенный момент времени, но также снабжает производителей эффективными средствами определения направлений лечения инфекции, факторов риска стада, и помогает отслеживать производительность стада. Бактериологическое исследование проб молока должно быть постоянной составляющей программ профилактики мастита.

Бактериологическое исследование проб молока в молочных танках – это простой и дешевый способ определения наличия возбудителя мастита в стаде. Данный метод имеет свои ограничения и больше всего подходит для определения инфекционных возбудителей мастита и для отслеживания их возникновения на протяжении длительного промежутка времени. Наличие патогена или присутствие небольшого количества определенного патогена не отражает распространенность инфекции во всем стаде. Результаты исследований молока из молочных танков отражают не только наличие патогенов мастита в стаде, но и определяют микроорганизмы, которые попали в молоко в процессе доения с вымени коровы или с доильных аппаратов. По этой причине данный тест также можно использовать для оценки качества молока, методов и процедур доения и общего уровня гигиены и хранения молока на ферме.

Количество возбудителей мастита, присутствующих в молоке, будет зависеть от ряда факторов, включающих в себя наличие специфических возбудителей, распространенность инфекции в стаде и

количества других микроорганизмов, которые не выявлены на данный момент у инфицированных животных. Эти факторы определяют чувствительность теста или возможность корректно определить наличие инфекции в стаде в определенный момент времени по специфичным возбудителям. Чувствительность теста варьируется в зависимости от типа возбудителя. Размер группы животных или стада также может влиять на результат из-за эффекта растворения молока большого количества коров. Для стад с низким уровнем распространения инфекции, вызванной наличием специфических возбудителей (например, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* и *Mycoplasma spp.*), данный метод не всегда показывает присутствие этих возбудителей. Метод является обязательным к применению при мониторинге эффективности программ по устранению существующих возбудителей мастита или при проверке стад или групп животных перед внедрением таких программ. Интервалы забора образцов должны основываться на динамике численности стада. Для мониторинга открытых стад тест следует проводить раз в один-два месяца.

Бактериологическое исследование проб молока отдельных коров — еще один метод диагностики мастита. На специфичность теста влияет возможность получения ложноположительного результата из-за попадания в пробу молока микроорганизмов из канала соска, поверхности вымени или окружающей среды. Специфичность и чувствительность теста составляет около 70%. При отборе нескольких проб молока у одного животного чувствительность остается приблизительно той же, но специфичность повышается до 80–90 %. Данные результаты зависят от вида возбудителей.

Результаты бактериологического исследования молока отдельных коров становятся намного более значимыми при их рассмотрении вместе с результатами ССК.

Использование показателей ССК для определения коров, у которых будут взяты пробы молока для бактериологического исследования (животные с высоким риском наличия инфекции), обеспечивает относительно хорошие прогностические значения результатов бактериологического исследования проб молока. Использование одновременно двух методов для оценки животных (измерение ССК и бактериологическое исследование молока) повышает чувстви-

тельность, но немного снижает специфичность комбинированного метода. Прогностическое значение теста определяется как доля инфицированных животных среди тех, которые дали позитивный результат теста. Это важно, т.к. отражает способ использования и интерпретации результатов теста. Прогностическое значение любого теста – это функция специфичности теста, его чувствительности и распространения заболевания в стаде. Прогностическое значение теста уменьшается с уменьшением распространения заболевания в стаде. При использовании комбинированного теста (бактериологическое исследование и измерение ССК) специфичность результатов бактериологического исследования молока улучшается при повышении порогового уровня ССК. В большинстве исследований при использовании значения линейной оценки содержания соматических клеток, равной 4.0 (ССК = 200 000 клеток/мл), чувствительность и специфичность теста составляет приблизительно 70 - 80 %.

Заключение

1. В статье рассмотрены основные методы диагностики мастита, применяемые в зарубежных странах. Методы диагностики подразделяются на два вида: лабораторные методы и методы прямых измерений, которые могут быть применены непосредственно на фермах.

2. Каждый из рассмотренных методов имеет свои достоинства и недостатки. Для повышения точности диагностирования маститов рекомендуется последовательно применять несколько методов. В частности, измерение содержания соматических клеток в молоке позволяет выделить животных с высоким уровнем их содержания. В дальнейшем может быть проведено бактериологическое исследование проб молока этих животных с целью выявления мастита.

Список использованной литературы

1. Diagnosis of Mastitis and Diagnostic Methods for Investigating Udder Health Problems / New York State Cattle Health Assurance Program. – Mode of access: [https://ahdc.vet.cornell.edu/Sects/NYSCHAP/docs/Diagnostic methods.pdf](https://ahdc.vet.cornell.edu/Sects/NYSCHAP/docs/Diagnostic%20methods.pdf). – Date of access: 16.03.2015.

УДК 66.087:631.22.018

Крутов А.В., к.т.н., доцент, Нефедов С.С., аспирант,
Янко М.В., студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» г. Минск, Республика Беларусь*

ЭЛЕКТРООБРАБОТКА СУБСТРАТА ЖИДКОГО ПОМЕТА В ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ КАМЕРЕ С МЕЖЭЛЕКТРОДНОЙ ПОЛУПРОНИЦАЕМОЙ ПЕРЕГОРОДКОЙ

В работе рассматриваются результаты исследования электрообработки жидкого субстрата птичьего помета с целью его дальнейшего использования для получения биогаза.

На предыдущих этапах исследования мы отметили, что в вопросах переработки птичьего помета наибольший эффект дает использование биогазовых установок для его переработки. При этом, для интенсификации метанообразования, необходимо в исходном субстрате иметь оптимальные соотношения содержания азота и углекислоты. Практика показывает, что переработка одного птичьего помета в биогаз невозможна из-за наличия в нем большого количества азота, что вызывает образование аммиака и нейтрализацию метанобразующих бактерий. Это приводит к замедлению или прекращению процесса получения метана [1-5].

Электрофлотокоагуляционная обработка жидкого субстрата птичьего помета проводилась нами в электролизере на модельных растворах с монополярным включением электродов с межэлектродной полупроницаемой мембраной

Напряженность электрического поля в опытах варьировалась: $E=440...860$ В/м, плотность тока, в зависимости от материала и размера электродов находилась в пределах $j=700...1820$ А/м². Водородный показатель рН исходного жидкого субстрата составлял 7,0. Использовались электроды из стали Ст3, нержавеющей стали 12Х18Н10Т, алюминия АМц, а также из меди М1к. Результаты электрохимической коагуляции субстрата приведены в табл.1.

Таблица 1 Содержание азота, параметры обработки жидкого субстрата птичьего помета.

Наименование образца	Исход. содерж. масс. доли азота в пробе, %	Параметры электрообработки			рН пробы	Содерж. масс. доли азота в пробе после обработ., %
		Напряж. эл. поля, В/м	Плотн. тока, А/м ²	Уд. расход эл. энергии, кВт/м ³		
Проба 1 (электроды из нерж. стали)	0,38	560... 450	937,5	48,0	Катодит (пр.1) рН 10	0,28
					Анолит (пр.1) рН 5	0,38
Проба 2 электроды из алюминия	0,43	500... 440	700,0	34,3	Катодит (пр.2) рН 10,5	0,29
					Анолит (пр.2) рН 4,5	0,41
Проба 3 электроды из меди	0,42	590... 860	1820,0	61,7	Катодит (пр.3) рН 11	0,37
					Анолит (пр.3) рН 5	0,38
Проба 4 электроды из стали 3	0,38	600... 860	1270,0	76,23	Катодит (пр.4) рН 9	0,33
					Анолит (пр.4) рН 5	0,36

Установлено, что соотношение между содержанием NH_4^+ и NH_3 зависит от величины рН жидкого помета. Подавление диссоциации ионов аммония с образованием газообразного аммиака отмечается при создании сильнощелочной среды. Содержание азота в пробах, величина рН определялись в аналитической лаборатории БГАТУ по стандартным методикам. Существенных результатов по снижению азота после электролиза без межэлектродной полупроницаемой мембраны не было установлено.

Заключение

1. После электрохимической коагуляционной обработки субстрата жидкого помета с полупроницаемой межэлектродной перегородкой и использованием электродов из нержавеющей стали или алюминия наблюдается снижение концентрации азота, в том числе и аммонийного ($\text{N} - \text{NH}_3$), 1,4 раза в камере с кислой средой.

2. Электрообработка жидкого субстрата в электролизной камере без межэлектродной полупроницаемой мембраны существенного снижения азота не дает.

Список использованной литературы

1. Болоцкий, И.Л. и др. Анализ методов обеззараживания животноводческих стоков и помета с ферм//Ветеринария Кубани, - 2008.- №3.- С.17.

2. Мельник, В.А. Методы переработки птичьего помета. Рекомендации Института птицеводства УААН. – 2009. – 21с.

3. Овцов, Л.П. и др. Опыт безопасного использования органических отходов животноводства и птицеводства. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. - 60 с.

4. Шелихов, А.В., Васильев, Н.В. Ферментации птичьего помета. [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://newtechnolog.narod.ru/articles/24article/f-3.jpg> – Дата доступа: 27.10.2013.

5. Меркурьев, В.С., Воробьева, Р.П. Пособие по системам сооружений для подготовки и утилизации сточных вод и животноводческих стоков. – М., 1996. 76 с.