

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

Материалы  
Международной научно-практической конференции

*(Минск, 30–31 марта 2017 года)*

Минск  
БГАТУ  
2017

УДК 631.1

**Передовые** технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства : материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 30–31 марта 2017 года / редкол. И. С. Крук [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2017. – 404 с. : ил., схемы. – ISBN 978-985-519-839-1.

Издание включает материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию факультета механизации Белорусского государственного аграрного технического университета

**Редакционная коллегия:**

*Крук И. С.*, канд. тех. н., доц., декан факультета механизации БГАТУ (научный редактор);

*Китун А. В.*, д-р тех. н., проф., заведующий кафедрой «Технологии и механизация животноводства»;

*Орда А. Н.*, д-р тех. н., проф., заведующий кафедрой «Теоретическая механика и теория механизмов и машин»

Ответственность за достоверность публикуемых материалов несут их авторы.

ISBN 978-985-519-839-1

БГАТУ, 2017

# СОДЕРЖАНИЕ

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>И.С. Крук, Г.Ф. Назарова, Г.А. Галенюк</i> ФАКУЛЬТЕТУ МЕХАНИЗАЦИИ БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА – 10 ЛЕТ . . . . .	13
<i>В.Н. Тимошенко, А.А. Музыка, А.А. Москалев</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ . . . . .	15
<i>В.Ф. Радчиков</i> ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ ЛАБОРАТОРИИ КОРМЛЕНИЯ И ФИЗИОЛОГИИ ПИТАНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА . . . . .	21
<i>А.В. Китун</i> ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ . . . . .	28
<i>С.Б. Бекбосынов, А.С. Рзалиев, Ш.Б. Бекмухаметов</i> РАЗРАБОТКА РЫХЛИТЕЛЯ-ВЫРАВНИВАТЕЛЯ ПОЧВЫ ДЛЯ ОРОШАЕМОЙ ЗОНЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ КАЗАХСТАНА . . . . .	32
<i>В.В. Азаренко, Н.Г. Бакач</i> КРИТЕРИЙ НАДЕЖНОСТИ КАК ОСНОВНОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ . . . . .	45
<i>А.Н. Леонов, В.О. Китиков, Ли Цинчжэнь</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА . . . . .	53
<i>А.Н. Орда, В.А. Шкляревич</i> МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПОЧВОЩАДЯЩИХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ . . . . .	69

## СЕКЦИЯ 1

### СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЕ, КОРМЛЕНИИ И СОДЕРЖАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

<i>В.Н. Тимошенко, А.А. Музыка, А.А. Москалев, С.А. Кирикович, Л.Н. Шейграцова, Н.Н. Шматко, М.П. Пучка, М.В. Тимошенко</i> ВЛИЯНИЕ ТИПОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА . . . . .	77
--	----

<i>Д.Н. Ходосовский</i> МИКРОКЛИМАТ В СВИНОВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ ДЛЯ РЕМОНТНЫХ СВИНОК И СВИНОМАТОК МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ .....	83
<i>В.Ф. Радчиков, В.А. Люндышев, А.С. Моисеенко</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУБСТРАТА ВЕШЕНОК ПРИ КОРМЛЕНИИ БЫЧКОВ .....	89
<i>В.А. Люндышев, В.Ф. Радчиков, В.П. Цай, А.Н. Кот, Г.В. Бесараб</i> ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ САПРОПЕЛЯ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ .....	92
<i>В.А. Люндышев, В.Ф. Радчиков, В.П. Цай, А.Н. Кот, В.О. Лемешевский</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖМЫХА И ШРОТА ИЗ СЕМЯН «00» СОРТОВ РАПСА В КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА .....	95
<i>В.А. Люндышев, В.Ф. Радчиков, В.П. Цай, А.Н. Кот</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КОРМЛЕНИИ БЫЧКОВ .....	98
<i>В.П. Цай, В.Ф. Радчиков, А.Н. Кот, В.А. Люндышев</i> НОВЫЕ КОМБИКОРМА-КОНЦЕНТРАТЫ В РАЦИОНАХ НЕТЕЛЕЙ ...	101
<i>В.Ф. Радчиков, В.П. Цай, А.Н. Кот, В.А. Люндышев</i> КОМБИНИРОВАННЫЕ СИЛОСА В КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА .....	104
<i>Н.С. Яковчик, П.П. Ракецкий, И.Н. Казаровец, Ж.В. Романович, П.В. Пестис, В.Н. Пилюк</i> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СБАЛАНСИРОВАННОГО КОРМЛЕНИЯ КОРОВ .....	107
<i>Н.В. Казаровец, П.П. Ракецкий, И.Н. Казаровец</i> СЕЛЕКЦИОННО-ПЛЕМЕННАЯ РАБОТА ПО СОЗДАНИЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО МОЛОЧНОГО ТИПА ЧЕРНО-ПЕСТРОГО СКОТА «БЕЛГОЛШТИН» .....	112
<i>С.А. Костюкевич, А.А. Якубовский</i> ВЛИЯНИЕ ЗООГИГИЕНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СОДЕРЖАНИЯ НА ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНУЮ СПОСОБНОСТЬ СВИНОМАТОК ...	119
<i>Н.В. Казаровец, П.П. Ракецкий, И.Н. Казаровец</i> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННО ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЫ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОПУЛЯЦИИ ЧЕРНО-ПЕСТРОГО СКОТА .....	121
<i>С.А. Костюкевич</i> ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ЗЕРНОВЫХ КОРМОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СВИНЕЙ .....	126

<i>Н.С. Яковчик, П.П.Ракецкий, И.Н. Казаровец, А.В. Коротчиков, Д.В. Живица, Ж.В. Романович</i> ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КОРОВНИКА ДЛЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ . . . . .	129
<i>С.А. Костюкевич, Д.Ф. Кольга, В.В. Захаров</i> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОКА НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ВЫМЕНИ КОРОВ . . . . .	133
<i>И.Б. Измайлович, Н.Н. Якимович, И.В. Якимович, А.А. Шункевич, И.Н. Черняк, Р.А. Кусин, А.С. Сапотько</i> АПРОБАЦИЯ КОРМОВОГО БЕЛКА, ПОЛУЧЕННОГО ПЕРЕРАБОТКОЙ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ, ПРИ КОРМЛЕНИИ РЕМОНТНОГО МОЛОДНЯКА КУР . . . . .	136

## СЕКЦИЯ 2

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХ- НОЛОГИЙ НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ И ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ФЕРМАХ

<i>И.Е. Плаксин, А.В. Трифанов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕЛКОТОВАРНОЙ ФЕРМЫ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МЯСА ЦЫПЛЯТ БРОЙЛЕРОВ . . . . .	139
<i>В. Романюк, Ян Барвицки</i> INTERREG SLURRY ACIDIFICATION TECHNOLOGY PROJECT DEVELOPED BY BAL TIC REGION COUNTRIES . . . . .	143
<i>С. Винницкий, Л. Юговар, В. Романюк</i> МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ И ТРУДОЗАТРАТЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА . . . . .	148
<i>К.В. Король, Д.А. Григорьев</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ . . . . .	157
<i>В.К. Клыбик, М.И. Новиков</i> ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МОЛОЧНО-ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ . . . . .	160
<i>Ф.Д. Сапожников, Г.Г. Тычина, В.М. Колончук, Ф.И. Назаров</i> АНАЛИЗ СИМПТОМОВ ОТКАЗОВ КОМПРЕССОРОВ МОЛОКООХЛАДИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК . . . . .	163
<i>С.Н. Бондарев, А.В. Китун</i> К ВОПРОСУ НАТЯЖЕНИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ ДОИЛЬНОГО СТАКАНА . . . . .	165

<i>С.Н. Бондарев, А.В. Китун, В.И. Передня</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОЙ ЖЕСТКОСТИ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ .....	168
<i>Д.Ф. Кольга, С.А. Костюкевич, Ф.И. Назаров</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЕРМИКОПОСТОВ .....	172
<i>В.И. Передня, А.И. Пунько, Г.Г. Тычина, Д.В. Касперович,</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЛАГОТЕПЛОЙ ОБАБОТКИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО ЖМЫХА .....	174
<i>В.И. Передня, А.И. Пунько, Г.Г. Тычина, Д.В. Касперович</i> ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ КОРМОВЫХ РЕСУРСОВ .....	177
<i>Гутман В.Н.</i> ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ СВИНОКОМПЛЕКСОВ ИННОВАЦИОННЫМ НАУКОЕМКИМ ОТЕЧЕСТВЕННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ .....	180
<i>И.Е. Жабровский, Г.Ф. Добыш, Н.Ю. Жабровская</i> ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВИДОВ И СОРТОВ ЛЮЦЕРНЫ, ДОПУЩЕННЫХ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ .....	183
<i>А.А. Романович, С.Г. Клок</i> СОВЕРШЕНТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОЛЛЕКТОРА ДОИЛЬНОГО АППАРАТА .....	188
<i>А.В. Мучинский, И.С. Крук, Л.Е. Процко</i> ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА .....	190
<i>Ф.И. Назаров, Ф.Д. Сапожников, Г.Ф. Назарова, А.Л. Евдонка,</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ МТКО DIAN ...	194
<i>А.А. Романович, Ю.А. Ракевич</i> ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДОИЛЬНЫХ СТАКАНОВ .....	197
<i>В.И. Передня, А.В. Китун, А.А. Романович</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНОБОБОВЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЛЕГКОУСВОЯЕМЫЕ КОРМА ТЕЛЯТАМ МОЛОЧНОГО ПЕРИОДА .....	199
<i>И.И. Скорб</i> АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОГО НАВОЗА .....	205
<i>В.Н. Гутман</i> ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗКИ СУТОЧНЫХ ЦЫПЛЯТ И ИНКУБАЦИОННЫХ ЯИЦ НА ПТИЦЕФАБРИКАХ .....	207

<i>Ф.Д. Сапожников, Г.Г. Тычина, В.М. Колончук, Ф.И. Назаров</i> ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН . . . . .	209
<i>И.М. Швед, А.В. Китун</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНЫ АКТИВНОГО УЧАСТКА СТРУИ ПОТОКА ЖИДКОГО НАВОЗА . . . . .	212
<i>И.М. Швед, М.И. Чурилов</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА АКТИВНОГО УЧАСТКА СТРУИ ПОТОКА ЖИДКОГО НАВОЗА . . . . .	215
<i>И.М. Швед</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА ПРИ ПЕРЕМЕШИВАНИИ МИКСЕРОМ . . . . .	218
<i>Л.Г. Шейко, А.Ф. Станкевич</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР . . . . .	221
<i>Н.С. Яковчик, С.Л. Кулагин, А.Э. Шибeko, Н.Н. Быков</i> ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАГОТОВКИ ТРАВЯНЫХ КОРМОВ . . . . .	225
<i>И.Н. Черняк, Н.Н. Якимович, Д.И. Жегздринь, А.А. Шункевич, Р.А. Кусин, А.С. Сапотько</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДИСПЕРГАЦИИ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ . . . . .	232

### **СЕКЦИЯ 3**

#### **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ЖИВОТНОВОДСТВА**

<i>К.В. Гаркуша, В.А. Коротинский, К.Э. Гаркуша</i> ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ МОЛОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ . . . . .	236
<i>И.С. Леонович, Г.Е. Раицкий</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СУШИЛОК ПРИ СУШКЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ . . . . .	241
<i>М.А. Бойко, И.И. Скочек</i> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ДОЕНИЯ КОРОВ И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА . . . . .	244
<i>М.И. Бородина, Е.С. Якубовская</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СБИВАНИЯ МАСЛА КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ . . . . .	247

<i>П.И. Булыга, Е.С. Якубовская</i> РЕАЛИЗАЦИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ В ПТИЧНИКЕ КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ . . . . .	248
<i>И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков</i> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЭФФЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗДАЧИ КОРМОВ . . . . .	250
<i>И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков, С.С. Слюсаренко, А.Б. Грищенко</i> ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕКУЩИХ НАДОЕВ КОРОВЫ В УСЛОВИЯХ МОЛОЧНО-ТОВАРНЫХ КОМПЛЕКСОВ . . . . .	253
<i>Г.Ф. Добыш, В.Я. ТимошенкоИ.Е. Жабровский</i> ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ . .	255
<i>В.А. Ковалев, А.П. Мириленко, Г.М. Дворник, А.Т. Кулаков</i> СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ . . . . .	260
<i>А.В. Крутов, А.А Петрова</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОООРУЖЕННОСТИ ТРУДА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ПУТИ СБЕРЕЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОТРАСЛИ . . . . .	263
<i>А.В. Михайловский, Е.С. Якубовская</i> ПУТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА . . . . .	266
<i>А.В. Голубкович, В.А. Колос, В.Б. Ловкис, А.Н. Дадыко</i> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ТОПКАХ ЗЕРНОСУШИЛОК . . . . .	269
<i>И.П. Матвеенко</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ . . . . .	272
<i>В.А. Павловский, Е.В. Годлевский, А.В. Неверович</i> РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ . . . . .	274
<i>Е.С. Казмерчик, А.А. Вельченко</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ . . . . .	277
<i>Е.С. Демосюк</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА НАГРЕВАНИЯ МОЛОКА В СЫРНОЙ ВАННЕ . . . . .	280

<i>В.И. Мирончук, В.М. Андрианов</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНЦЕНТРАТОРНЫХ СИСТЕМ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВКАХ . . .	282
<i>С.А. Дежиц</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В АГРОГОРОДКАХ . . . . .	285
<i>В.О. Китиков, Д.С. Праженик, Н.А. Деменов, Д.А. Малявский</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ . . . . .	288
<i>А.Н Шибун, Е.С. Якубовская</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ В АНГАРНОЙ ТЕПЛИЦЕ . . . . .	290
<i>В.А. Шинкевич, Е.С. Якубовская</i> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ СЫРНОЙ ВАННЫ . . . . .	292
<i>Л.Т. Ткачева, А.Н. Мартинович</i> ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ . . . . .	295

**СЕКЦИЯ 4**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**  
**РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**  
**И ОБОРУДОВАНИЯ**

<i>И.Г. Смирнов, Д.О. Хор, Р.А. Филиппов, Н.Н. Романюк, С.В. Есинов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ МАШИН ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРИСТВОЛЬНЫХ ПОЛОС . . . . .	298
<i>Ю.Л. Салатура, Э.В. Дыба</i> ВЫБОР ТИПА ВЕНТИЛЯТОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ НА ЕГО ПРИВОД ДЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЫСЕВА . . . . .	303
<i>М.Б. Гарба, А.А. Шупилов</i> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАННО-ВАКУУМНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН В КАССЕТЫ . . . . .	306
<i>И.Н. Шило, А.В. Гуд, В.Н. Савиных, Н.А. Воробьев</i> ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛЬЦОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ . . . . .	309
<i>И.М. Морозова, О.Н. Кемеш</i> РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ТЕХНИКЕ И ИХ МОДЕЛИ . . . . .	311

<i>О.И. Мисуно</i> ДВИЖЕНИЕ ПЛАСТА ПОЧВЫ ПО УКОРОЧЕННОЙ ЛЕМЕШНО-ОТВАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО КОРПУСА ПЛУГА .....	314
<i>И.С. Крук, Ю.С. Биза, Т.П. Кот, Ю.В. Чигарев, Я.Р. Каминский</i> ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ НАВЕШИВАНИЯ ШТАНГИ И ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЕМПФИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ГАШЕНИЯ ЕЕ КОЛЕБАНИЙ .....	317
<i>Р.В. Балбуцкий, В.К. Клыбик</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА ВОЖДЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ .....	322
<i>Г.Н. Портянко, Н.П. Гурнович, Е.Г. Гронская, Ю.Н. Рогальская</i> К ВОПРОСУ СЕПАРАЦИИ ПОЧВЫ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНОМ ПКК-2-02 .....	325
<i>Д.В. Шлыков, Д.Ф. Кольга</i> ПРИГОТОВЛЕНИЕ КОМПОСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ .....	328
<i>И.С. Крук, Ф.И. Назаров, Ю.В. Чигарев, О.В. Гордеенко, С.Н. Герук</i> К ОБОСНОВАНИЮ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЬЧАТО-ПРУТКОВЫХ КАТКОВ .....	331
<i>С.Н. Герук, С.М. Хоменко И.С. Крук</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕТВЕРТЬ ЭЛЛИПСНЫХ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ .....	334
<i>И.С. Крук, Ф.И. Назаров, И.А. Тарасевич, Ж.И. Пантелеева, Ю.В. Чигарев, Н.Г. Бакач</i> ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ КАТКОВЫХ ПРИСТАВОК ОТНОСИТЕЛЬНО КОРПУСОВ ПЛУГА .....	336
<i>Г.А. Радищевский, С.Р. Белый</i> ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНЫХ ДИСКОВЫХ БОКОВИН ПРИЕМНОЙ ЧАСТИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ .....	340
<i>В.П. Чеботарев, Д.Н. Бондаренко, Н.Д. Лепешки, Д.В. Заяц</i> УЗКОРЯДНЫЙ ПОСЕВ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР .....	344
<i>А.В. Захаров, И.О. Захарова, А.В. Вацула</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В ТЯГАХ И РЫЧАГАХ НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИНАМОМЕТРИРОВАНИЯ .....	347

<i>А.И. Бобровник, Т.А. Варфоломеева, Н.А. Поздняков, Г.И. Гедроить С.В. Занемонский</i>	
РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС» СО СДВОЕННЫМИ КОЛЕСАМИ ПРИ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ .....	351
<i>В.М. Поздняков, С.А. Зеленко, П.И. Павлюкевич</i>	
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	354
<i>В.М. Головач, А.Л. Лонский</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОГО УВОДА КОЛЕС ЗАДНЕГО ВЕДУЩЕГО МОСТА ТРАКТОРА .....	357
<i>А.Г. Белевич, С.А. Дорохович, С.В. Занемонский</i>	
ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ ХОДОВЫХ СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ .....	360
<i>Л.Г. Сапун, Т.А. Варфоломеева, И.И. Бондаренко</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И НАГРУЖЕННОСТИ МЕХАНИЗМОВ ОТБОРА МОЩНОСТИ ТРАКТОРОВ ДЛЯ ПРИВОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН .....	362
<i>О.В. Гордеенко, И.С. Крук, Ф.И. Назаров</i>	
СОГЛАСОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ ПРИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ МАШИНО-ТРАКТОРНЫМИ АГРЕГАТАМИ С ОБОРОТНЫМИ ПЛУГАМИ .....	365
<i>В.Н. Дашков, Н.М. Мурашко, Л.А. Абрамчик, Д.С. Шахрай</i>	
ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ОВОЩЕЙ ОТКРЫТОГО ГРУНТА ...	369
<i>Н.Л. Ракова, Т.В. Бойко, А.Д. Быцко</i>	
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАТИВНОГО ПРИВОДА .....	373
<i>Г.И. Гедроить, А.Ф. Безручко, В.В. Михалков</i>	
РАСЧЕТ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ КОЛЕС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН .....	376
<i>В.Н. Бобко</i>	
ОБОСНОВАНИЕ ПОЛУЭЛЛИПСНОЙ ФОРМЫ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ НОЖЕЙ БИЛЬНОЙ КОСИЛКИ .....	379
<i>Д.И. Комлач, А.С. Воробей, Н.Л. Ракова</i>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРЕДРЕАЛИЗАЦИОННОЙ ПОДРАБОТКИ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ .....	381
<i>Д.С. Шахрай, А.Н. Басаревский</i>	
АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН .....	384

<i>А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, П.С. Шайтанов</i> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СНИЖЕНИЯ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ ХОДОВЫХ СИСТЕМ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ . . . . .	388
<i>Д.А. Жданко, Л.Г. Шейко, А.Ф. Станкевич, В.К. Клыбик</i> К ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ . . . . .	391
<i>В.С. Лахмаков, А.С. Зыкун, П.Е. Мыслюк, А.В. Кушнер</i> ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОЙ МАШИНЫ-ГРЕБНЕОБРАЗОВАТЕЛЯ . . . . .	393
<i>Ю.В. Чигарев, И.С. Крук, А.С. Воробей, В. Романюк</i> ИЗГИБНЫЕ КОЛЕБАНИЯ КРАЙНИХ СЕКЦИЙ ШТАНГИ . . . . .	396
<i>С.Б. Бекбосынов, Н.К. Абдильдин, У.Ш. Ибишев</i> К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ОРУДИЙ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ . . . . .	399

## **ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ**

### **ФАКУЛЬТЕТУ МЕХАНИЗАЦИИ БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА – 10 ЛЕТ**

*И.С. Крук, к.т.н., доцент, Г.Ф. Назарова, Г.А. Галенюк  
Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Первый набор на заочную форму получения высшего образования в Белорусском государственном аграрном техническом университете (ранее Белорусский институт механизации сельского хозяйства) был осуществлен в феврале 1956 года, когда на заочное отделение было зачислено 200 человек, обучавшихся без отрыва от производства. В мае 1958 года в Белорусском институте механизации сельского хозяйства был создан заочный факультет, на котором обучались 656 студентов, из которых в сельском хозяйстве работало 331 человек, на ремонтных заводах и заводах города Минска – 325. Первым деканом заочного факультета был назначен Василий Константинович Римский. Далее в различные периоды факультет возглавляли Иван Андреевич Гончаров, Аркадий Ефимович Тетеркин, Иван Федорович Кудрявцев, Валерий Иванович Ходосевич, Виктор Андреевич Коротинский.

Первый выпуск заочного факультета состоялся 25 мая 1962 года, когда дипломы об окончании БИМСХ получили 112 инженеров-механиков.

В июне 1993 года заочный факультет был упразднен и реорганизован в заочные отделения дневных факультетов.

1 января 2007 года в Белорусском государственном аграрном техническом университете на базе заочных отделений факультетов «Агромеханический» и «Технический сервис в АПК» был организован факультет механизации, на которых по трем специальностям без отрыва от производства обучались 1609 студентов. В настоящее время на факультете на бюджетной и коммерческой основе на I ступени получения высшего технического образования обучаются более 2500 человек по следующим специальностям: «Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства» (полный и сокращенный срок обучения), «Ремонтно-обслуживающее производство в сельском хозяйстве» (полный и

сокращенный срок обучения), «Техническое обеспечение процессов хранения и переработки сельскохозяйственной продукции», «Материально-техническое обеспечение агропромышленного комплекса», «Управление охраной труда в сельском хозяйстве».

На факультете созданы все условия для обеспечения требуемого качества подготовки специалистов, разработки и внедрения инновационных образовательных технологий.

В период с 2007 по 2017 г. на факультете механизации подготовлено около 4000 специалистов с высшим техническим образованием в области механизации сельского хозяйства, ремонтно-обслуживающего производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, материально-технического обеспечения агропромышленного комплекса.

Студенты и выпускники факультета продолжают славные трудовые традиции университета: многие стали руководителями предприятий, возглавили инженерно-технические службы. Почетными дипломами и памятными призами за достижение высоких показателей в республиканских соревнованиях на уборке урожая «Дожинки» награждены С.С. Мазур, Д.И. Голуб, А.В. Шарапа, А.С. Луцко, А.В. Кириленко, М.И. Прокопенко, А.А. Турбан, областных – П.М. Жук. На Доску Почета Стадородорожского района занесен директор КУП «Стародорожское ЖКХ» Д.В. Кушин

Свой десятилетний юбилей факультет механизации встречает с гордостью за достигнутые результаты и осознанием задач, которые необходимо решить. Вся научная и учебно-методическая деятельность факультета направлена на реализацию Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2016-2020 года, одним из приоритетных направлений которой являются агропромышленные технологии и производство, обеспечивающие продовольственную безопасность страны. Поэтому подготовка высококвалифицированных кадров, работающих во время получения высшего образования на предприятиях и в организациях различных форм собственности и хозяйственной деятельности, способствует развитию инновационного предпринимательства, организации производства по выпуску экспортноориентированной продукции, подготовке специалистов инновационно-промышленных кластеров в высокотехнологичном секторе.

Качественное образование, опирающееся на практический опыт – вот составляющая успеха!

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

В.Н. Тимошенко, д.с.-х.н., профессор, А.А. Музыка, к.с.-х.н.,  
доцент, А.А. Москалев, к.с.-х.н.  
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь*

### **Введение**

Молочное скотоводство – одна из ведущих составных отраслей животноводства. Здесь используется 1/3 затрачиваемых материальных и денежных средств и в таком же отношении молочная продукция поставляется на рынок. Сегодня можно с уверенностью констатировать, что в целом отрасль животноводства в нашей республике динамично развивается, имеются результаты.

В Республике Беларусь удельный вес экспорта молочных продуктов в отношении к объему производства молока в 2000 году составлял 15 процентов, в 2008 году – превысил 40 процентов. В настоящее время около 55 процентов молока, поступающего на переработку, в виде молочных продуктов поставляется на экспорт.

Достигнутые объемы производства сельскохозяйственной продукции обеспечивают внутренние потребности, экспортный потенциал и продовольственную безопасность страны в целом.

### **Основная часть**

Продуктивность дойного стада за 2016 год в среднем по республике составила 4854 килограммов (планировалось 5500–6000 килограммов) или за последние 10 лет повысилась на 838 килограммов, в то время как в период с 2000 до 2006 года прирост составил 1865 килограммов.

Динамика поголовья и валового производства молока за последние десять лет показывает, что в среднем по республике поголовье коров увеличилось на 188,5 тыс. голов или 15,7%, а валовое производство молока возросло на 2227,8 тыс. тонн или 49,1%. В настоящее время в республике производство молока осуществляют 1276 сельскохозяйственные и иные организации (их филиалы).

На качественно новый технологический уровень выходит молочное скотоводство: сформирована генетическая основа молочного стада с

потенциалом выше 8 тысяч килограммов молока, реконструированы и построены новые молочно-товарные фермы, где используется современное технологическое оборудование (вся линейка типов доильных установок: «Елочка», «Параллель», «Тандем», «Карусель» и роботизированные доильные установки), повысился общий уровень культуры производства и, прежде всего, квалификация кадров.

В республике по состоянию на 01.01.2017 г. эксплуатируется 4115 молочнотоварных ферм, из которых 1638 новых и реконструированных ферм, или 40 процентов от их общего количества, на которых применяются современные ресурсосберегающие технологии содержания и кормления животных с доением в современных доильных залах или на роботизированных доильных установках, компьютерным обеспечением всех технологических процессов.

За прошедшее время произошли достаточно серьезные структурные изменения в отрасли. Если в 2000 году преобладал привязный способ содержания коров с доением в переносные ведра или молокопровод на молочно-товарных фермах с поголовьем от 100 до 400 голов дойного стада (около 95%), то в настоящее время произошла концентрация поголовья и увеличение мощности ферм. Около 40% от всех имеющихся ферм работают по современным интенсивным технологиям, основанным на беспривязном содержании животных. Предпочитаемая сегодня как у нас, так и в мире интенсивная технология промышленного типа – это круглогодичное содержание коров в помещении беспривязного содержания.

В результате проведенных мероприятий отрасль молочного скотоводства приобрела ярко выраженный индустриальный характер, что позволило перейти на новый технологический уклад.

Количество сельскохозяйственных организаций, которые за год получали от коровы по 7000 килограммов молока и более, увеличилось с 16 в 2006 году до 92, а с продуктивностью от 6000 до 7000 килограммов за этот период возросло с 67 до 147.

Наблюдается устойчивая тенденция к снижению численности сельскохозяйственных организаций, имеющих сравнительно низкую продуктивность дойного стада. Так, численность хозяйств, где надоили 2600-2999 кг снизилась с 232 до 77, 3000-3499 кг – с 347 до 166, 4000-4999 – с 303 до 178.

В целом же по республике в 787 сельскохозяйственных организациях (62%) продуктивность дойного стада превышает 4-х тысячный уровень против 768 хозяйств в 2006 году или увеличилась только в 19 сельскохозяйственных организациях.

Более того, в 141 сельскохозяйственной организации (11,1%) годовой надой молока от коровы составил менее 3000 килограммов.

Реализация молока сельскохозяйственными и иными организациями (их филиалами) к 2020 году достигнет уровня 8,5 млн. тонн, а экспортные поставки молочной продукции с учетом изменений спроса и предложения рынка – около 4,8 млн. тонн.

На долгосрочную перспективу планируется рост молочной продуктивности животных, что при сохранении объемов производства позволит сократить их численность.

Для обеспечения планируемого уровня производства молока требуется качественное изменение подходов к кормопроизводству и кормлению животных, внедрение современных подходов к ведению племенной работы с поголовьем дойного стада, интенсификация направленного выращивания ремонтного молодняка телок, создание комфортных условий содержания животных и пр.

Основными факторами, определяющими эффективность производства животноводческой продукции, являются:

- породные качества животных;
- уровень и полноценность рационов кормления, обеспечивающие реализацию наследственного потенциала;
- технология содержания в значительной степени определяющая издержки на производство, а, следовательно, и рентабельность ведения отрасли.

При этом максимальная отдача может быть получена только в том случае, если все вышеназванные технологические процессы работают слаженно, ритмично и бесперебойно. Любое нарушение хотя бы одной из составляющих немедленно приводит к потере запланированной продукции.

Важнейшим средством интенсификации животноводства являются корма, которые на 70 процентов формируют продуктивность скота. Их качество, сохранность и усвояемость в решающей степени влияют на рост производства молока, мяса и снижение себестоимости продукции.

Недоработки в кормопроизводстве являются одной из главных причин недобора животноводческой продукции, непроизводительного выбытия скота, болезней животных. Особенно это обострилось с учетом активного внедрения интенсивных технологий производства молока, где требуются особые подходы к созданию кормовой базы.

Приоритетное направление – развитие интенсивного кормопроизводства, гарантирующее обеспечение животноводства высокока-

чественными сбалансированными дешевыми кормами при обеспечении энергетической питательности одного килограмма сухого вещества травяных кормов не менее 10-10,5 мегаджоулей с содержанием белка на уровне 18-20 процентов, а энергетическая питательность кукурузного силоса должна быть не менее 0,35-0,4 кормовых единиц (2-2,5 кг кукурузного силоса должны быть эквивалентны питательности 1 кг зерна).

Ставится задача сократить расход кормов в расчете на 1 центнер произведенного молока с 1,27 центнера кормовых единиц в 2016 году до 1,1 центнера кормовых единиц в 2020 году, или на 13,4 процентов. Прирост производства молока будет формироваться за счет улучшения кормления животных, что обеспечивается повышением качества кормов, рецептуры потребляемых комбикормов, а также использования при их производстве современных высокоэффективных кормовых добавок, ферментов, пребиотиков, пробиотиков, адсорбентов токсинов и других.

Перевод животноводства на промышленную основу требует приспособленного к этим условиям типа животных. Классическая голштинская порода западноевропейской и североамериканской селекции сложно адаптируется к жестким условиям промышленной технологии крупно-товарного производства. Многолетний опыт завоза импортного скота в Республику Беларусь для товарного производства не увенчался успехом. Племенной скот необходимо завозить только для селекционных целей.

В молочном скотоводстве система племенной работы представляет собой многоуровневый селекционно-генетический процесс, направленный на ускоренное создание на базе белорусской чернопестрой породы путем поглотительного скрещивания с голштинской породой специализированный тип молочного скота («БелГолштин» - белорусский голштин) и дальнейшее совершенствование продуктивных качеств и адаптационных способностей белорусской чернопестрой породы к условиям промышленной технологии с максимальным приближением к популяции белорусского голштина. Данная порода «БелГолштин» планируется к утверждению 2020 году.

Целевые стандарты специализированного молочного типа «БелГолштин»:

- молочная продуктивность коров 9-10 тыс. кг молока с содержанием жира 3,6-3,9% и белка 3,2-3,3% за лактацию;

- живая масса полновозрастных коров 650-700 кг.

Перспективная модель производства молока к 2025 году должна соответствовать следующей структуре:

специализированный молочный тип должен составлять 650-700 тыс. голов. При удое 8000-10000 кг молока от коровы в год будет производиться до 70 процентов от производства молока в общественном секторе.

250-300 тыс. коров будет составлять молочно-мясной тип скота (белорусская черно-пестрая порода). Производство молока при удое 5500-6000 в год составит около 21%.

Таким образом, наиболее полная реализация генетического потенциала высокоценных животных должна происходить путем использования искусственного осеменения, трансплантации эмбрионов, прижизненной аспирации ооцитов и получения эмбрионов в системе экстракорпорального оплодотворения после убоя животного. Заслуживает внимания более широкое внедрение в практику использование сексированной спермы с целью получения приплода определенного пола.

Необходимо активизировать работу по генетической оценке животных и дальнейшему их широкому использованию через искусственное осеменение и указанные методы биотехнологии. В этой связи назрела острая необходимость во внедрении генотипирования (полногеномного анализа, геномной селекции), являющегося одним из ключевых этапов планомерно проводимой селекционной работы в племенном скотоводстве США, Канады и ряда стран Евросоюза, что позволит повысить точность и надежность племенной оценки, а также существенно сократить интервал между поколениями и тем самым повысить интенсивность селекции путем использования телок в качестве матерей потенциальных быков-улучшателей (Справочно: в настоящее время мировая продажа быков, протестированных только по геному без проверки по потомству, составляет 25-50%).

Специализация молочного скотоводства и внедрение ресурсосберегающих технологий.

К 2025 году производство молока необходимо сосредоточить в 700-800 специализированных сельскохозяйственных организациях на крупных фермах (1000 и более коров), в которых будет производиться не менее 70 процентов общего объема молока.

Опыт передовых хозяйств подтверждает целесообразность дальнейшего продолжения строительства и реконструкции молочно-товарных ферм с интенсивной технологией производства.

Это позволит иметь около 1000 ферм с поголовьем 1000 голов и 1000-1200 реконструированных ферм со средним размером 400-600 голов. При этом число ферм в стране сократится в два раза, а их размер увеличится.

При наличии экономической целесообразности сохранения больших (200 коров) ферм, планировка которых не позволяет проводить реконструкцию с расширением, применять модернизацию системы доения и кормораздачи.

Стабильно высокую молочную продуктивность может обеспечить не только соответствующий генетический материал, но и современная технология кормления и содержания. Технология должна объединять в единый производственный процесс биотехнические методы стимулирования развития функциональных возможностей и повышения адаптивных способностей животных с зоотехническими приемами, обеспечивающими комфортные условия и сохранение сложившегося стереотипа содержания в течение всего технологического цикла, что позволяет исключить необоснованные потери продуктивности и способствует более полному проявлению генетического потенциала.

### **Заключение**

Инновационное развитие животноводства, как и любой другой отрасли, требует грамотного подхода к планированию, внедрению, развитию технологии.

Мировое сельское хозяйство движется в направлении усиления наукоемкости производимой продукции. Это особенно наглядно на примере экономически развитых стран. Поэтому в Республике Беларусь необходимо ставить и последовательно решать задачу инновационного развития АПК.

Животноводство должно стать высокотехнологичным наукоемким видом экономической деятельности с низким уровнем ручного труда и широким использованием роботизированного производства.

Необходимо создать условия для продвижения в агропромышленный комплекс страны современных научных идей, технологий и методов управления, т.к. дальнейшее наращивание объемов производства и повышение качественных характеристик продукции возможно только на основе передовых ресурсосберегающих технологий и новейших научных разработок, оптимизации ресурсного обеспечения отрасли и повышения квалификации кадров всех уровней, способных воспринимать и реализовывать новейшие научные разработки.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ ЛАБОРАТОРИИ КОРМЛЕНИЯ И ФИЗИОЛОГИИ ПИТАНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

*В.Ф. Радчиков, д.с.-х.н., профессор  
РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь*

### **Введение**

В настоящее время уровень развития кормовой базы не отвечает физиологическим нормам кормления животных. Дефицит кормов, их низкое качество не позволяют полностью реализовать генетический потенциал животных, что приводит к значительному снижению объемов производства продукции животноводства. Все это сказывается на финансово-экономическом положении в агропромышленном комплексе республики, определяющимся состоянием животноводства, в котором формируется более половины всех доходов села.

В течение многих лет обеспеченность животноводства кормовым белком составляет 80-85% к потребности, что крайне отрицательно сказывается на продуктивности животных и приводит к большому перерасходу кормов. Дефицит в один грамм переваримого протеина в кормовой единице влечет за собой перерасход кормовых ресурсов на 2%.

Одним из путей решения белковой проблемы в Республике Беларусь является возделывание и переработка семян рапса и использование их в кормлении животных.

### **Основная часть**

Рапс – единственная масличная культура, которая может интенсивно возделываться во многих районах с умеренным климатом, где большинство других масличных культур не созревает и, в связи с дефицитом белка и жира в рационах, он получает широкое распространение. При высокой культуре агротехнических приемов урожай семян может достичь в среднем 30-40 ц/га.

Созданные в последние годы в нашей республике сорта озимого рапса Козерог, Лидер, Витязь, Дуэт, Прогресс, согласно данным БелНИИЗК и результатам экологических испытаний по урожайно-

сти не уступают сортам Польши, Германии, Швеции. По содержанию масла, эруковой кислоты и глюкозинолатов они находятся на уровне лучших мировых сортов, а по зимостойкости превосходят их на 15-20%.

Телята, особенно в раннем возрасте, не способны потреблять большое количество корма из-за сравнительно небольшого объема пищеварительного тракта. Поэтому им необходимо скармливать более качественные корма, с высоким содержанием белка и энергии. Кроме того, эти корма должны иметь высокую переваримость. Такими ценными свойствами обладают корма из семян рапса.

Учитывая все возрастающие с каждым объемом производства рапса и продуктов его переработки, а также огромное значение в обеспечении потребности сельскохозяйственных животных и комбикормовой промышленности в высокобелковых кормах решение вопросов рационального использования зерна рапса и продуктов его переработки исключительно актуально и имеет народнохозяйственное значение. Приведенные в «Классификаторе сырья и продукции комбикормового производства министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь» нормы ввода рапсовых продуктов в комбикорма были разработаны для продуктов из семян рапса старых сортов, содержащих более высокие количества эруковой кислоты (до 30-50%) и глюкозинолатов (до 3% и более), которые ограничивают их безопасное скармливание сельскохозяйственным животным. Поэтому необходимо было провести исследования по определению целесообразности повышения норм скармливания молодняку крупного рогатого скота семян рапса и продуктов его переработки.

В связи с этим разработаны зоотехнические требования к семенам новых сортов рапса и продуктам их переработки, установленны оптимальные нормы скармливания их молодняку крупного рогатого скота. Результаты исследований установлено, что повышение норм ввода зерна рапса до 15 %, жмыха и шрота до 20%, а также масла рапсового до 7% взамен 10%, 15% и 5%, соответственно, в состав комбикормов КР-2 для молодняка крупного рогатого скота 76-114 дневного возраста не оказало отрицательного влияния на вкусовые качества комбикормов и их поедаемость, а также на физиологическое состояние животных. Использование комбикормов с таким количеством зерна рапса и продуктов его переработки позволило получить достаточно высокие среднесуточные приросты живой массы животных при наименьших затратах корма

на получение продукции. Включение в состав комбикормов 15% зерна рапса показало лучший результат по увеличению прироста – 926 г или выше на 2 % при затратах 4,32 корм. ед./кг.

Включение 20% жмыха – 922 г взамен 906 г при снижении затрат на 3,4%. Введение 20% шрота – 906 г при затратах кормов 4,29 корм. ед./кг, что лучше контрольного варианта – 3,4 и 1%, соответственно. Доведение ввода масла до 7 % позволило получить среднесуточный прирост живой массы на уровне 1033 г, что выше на 4,2% контрольного варианта, при одинаковых затратах кормов на получение продукции (4,32 и 4,33 корм. ед./кг).

Наиболее рациональный способ устранения дефицита протеина в рационах для молодняка крупного рогатого скота – повышение объемов производства комбикормов и улучшение их качества. Однако серьезным препятствием в этом деле является недостаток белкового сырья. Традиционно для этой цели в комбикорма вводят подсолнечный шрот, который импортируется к нам в республику и является довольно дорогим компонентом.

В настоящее время в республике возделываются новые сорта рапса, люпина, гороха и вики с минимальным количеством антипитательных веществ. В связи с этим назрела необходимость по замене в существующих добавках дефицитных и дорогостоящих компонентов (подсолнечный и соевый шрот) более дешевыми источниками белка, энергии и минерально-витаминного сырья.

Исследованиями установлено, что скармливание бычкам энергопротеиновых добавок, содержащие рапс, горох, люпин, вику и витамин D на основе соли, фосфогипса, фосфата, сапропеля и премикса в количестве 15 % по массе в составе комбикормов взамен части подсолнечного шрота с дополнительным включением пробиотика на фоне летних рационов из зеленой массы кукурузы 34%, комбикормов – 66% по питательности оказывает положительное влияние на потребление кормов, показатели рубцового пищеварения, переваримость питательных веществ рационов, морфо-биохимический состав крови и позволяет получить среднесуточные приросты животных 850-920 г, контроль – 835 г при затратах кормов 4,7-4,9 ц корм. ед. на 1 ц прироста.

Нормирование рационов только по содержанию в кормах сырого и переваримого протеина, без учета его расщепляемости и ферментативно-биохимических процессов в преджелудках часто приводит к перерасходу кормового белка, недополучению и удорожанию продукции и нарушению обмена веществ. Установлено, что

скармливание бычкам живой массой 369-461 кг рационов с уровнем нерасщепляемого протеина на 10% выше нормы повышает трансформацию обменной энергии в энергию прироста с 19,10 МДж до 20,81 МДж или 9%, обеспечивающую увеличение среднесуточных приростов на 5%, снижение затрат энергии корма на 5% в расчете на единицу энергии, отложенной в приросте.

В настоящее время с недостатком в рационах энергии, протеина, сахара и других элементов питания сельскохозяйственных животных остро ощущается дефицит биологически активных веществ. Одним из местных источников минерального и витаминного сырья может быть озерный сапропель. Запасы сапропелей в Беларуси, по данным института проблем использования природных ресурсов и экологии Академии наук Беларуси, составляют 3,73 млрд. м<sup>3</sup>.

Сапропели обладают стимулирующим действием на обменные процессы, продуктивность и состояние здоровья животных. Ценность сапропелей состоит в том, что по своему химическому составу они близки ко многим кормам, которые являются основными поставщиками питательных веществ в рационах сельскохозяйственных животных.

Включение в состав комбикорма 4%, 6% и 8% обезвоженного сапропеля взамен зерна злаков повышает на 3,4-12,5% трансформацию обменной энергии рациона в приросты живой массы, в результате чего коэффициент продуктивного использования обменной энергии корма повышается с 0,27 до 0,29-0,33. Скармливание молодяку крупного рогатого скота при выращивании на мясо обезвоженного кормового сапропеля взамен зерна злаков до 2,9 % в сухом веществе рациона, позволяет не только экономить фуражное зерно, но и повысить эффективность использования энергии корма на прирост живой массы.

В настоящее время внимание животноводов привлекают недорогие высокоэффективные биологически активные вещества естественного происхождения, так как они наиболее доступны, не токсичны и не оказывают нежелательного влияния на организм животного при длительном их применении.

К числу таких препаратов относится получаемый из торфа гуamat натрия. Установлено, что препарат содержит целый ряд макро- и микроэлементов, а также аминокислот, вступающих в комплексные связи с помощью гуминовых кислот.

Скармливание молодяку крупного рогатого скота комбикорма с включением добавки гуamat натрия в количестве 0,3-0,5 мл на 1 кг

живой массы обеспечивает среднесуточные приросты на уровне 1040-1092 г. (контроль – 1015 г), позволяет получить дополнительную прибыль от повышения продуктивности и снижения себестоимости прироста в расчете на голову – 112,7-354,7 тыс. рублей.

Вторичные продукты, полученные после переработки растительного сырья на предприятиях пищевой и легкой промышленности, содержат значительное количество питательных веществ и с успехом могут быть использованы в качестве кормовых средств в составе рационов и комбикормов. Благодаря особенностям технологии переработки свеклы свеклосахарное производство является крупным источником образования вторичных сырьевых ресурсов и отходов (свекловичный жом, меласса, фильтрационный осадок (дефекат), рафинадная патока, свекловичный бой и др.)

В связи с этим изучена эффективность использования кормового дефеката в составе комбикорма для дойных коров. Для этого разработаны комплексные кормовые белково-минеральные концентраты в состав которых вводили (% по массе): сушеный жом – 65, меласса (патока) – 35, дефекат – 10.

Исследованиями установлено, что включение в рацион коров в основной цикл лактации комбикормов с включением 15, 20, 25% по массе кормового концентрата оказывает положительное влияние на поедаемость кормов, морфо-биохимический состав крови, обеспечивает повышение молочной продуктивности на 4,8-8,4%, жирномолочности – на 0,05-0,08 п. п., а также снижение затрат кормов на синтез молока на 3,3-5,6% и себестоимости его на 2,1-2,6%

Ежегодно на молокоперерабатывающих предприятиях получают огромное количество молочной сыворотки. Проблема использования ее обусловлена низким уровнем промышленной переработки. При этом часть сыворотки сливается в канализацию, что наносит непоправимый ущерб окружающей среде. Биологическая ценность молочной сыворотки обусловлена содержанием в ней белковых азотистых соединений, углеводов, липидов, витаминов, органических кислот, ферментов, макро- и микроэлементов. По данным исследований, сывороточные белки, как и рыбная мука, способствуют более быстрому росту животных. В белках сыворотки находится большое количество аминокислот.

Поэтому молочная сыворотка может быть использована как дополнительное кормовое средство, источник биологически ценных питательных веществ для нужд животноводства.

Одним из способов переработки и хранения этого продукта является сгущение и сушка. Сгущение сыворотки позволяет значительно (в 5-8 раз) уменьшить ее объем, снизить транспортные расходы и увеличить сроки хранения.

Исследованиями установлено, что скармливание комбикормов, содержащих 6% молочной сгущенной соленой сыворотки молодняку крупного рогатого скота в возрасте 5 – 7 месяцев оказывает положительное влияние на их физиологическое состояние. При этом продуктивность молодняка крупного рогатого скота увеличивается на 4,9%, затраты кормов на получение прироста снижаются на 3,3%.

В Беларуси производят технический казеин с осаждением белков молока соляной и серной кислотами. Такая сыворотка еще не нашла своего широкого применения и требует дополнительной переработки. В результате исследований лучшие показатели были получены при использовании в рационах телят раскисленной казеиновой сыворотки, при этом энергия роста животных возросла, а экономические затраты на их выращивание снизились.

Многими учеными установлено, что функции клеток в живом организме связаны с минеральными веществами и витаминами. Исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, подтверждают более эффективное положительное влияние на продуктивность животных микроэлементов в органической форме по сравнению с неорганической. Для исследований был разработан органический микроэлементный комплекс (ОМЭК) Минимальное содержание микроэлементов в нем составило: железа – 108 г, марганца – 105 г, цинка – 118 г, меди – 115 г, кобальта – 110 г. Включение ОМЭК в составе комбикормов для молодняка крупного рогатого скота повышает среднесуточные приросты животных на 12,3% ( $P < 0,05$ ) при снижении затрат кормов на получение прироста на 10%, себестоимости прироста на 10,9%, что обеспечивает получение дополнительной прибыли в размере 336,0 тыс. рублей или 37,2 у.е. на голову за период опыта.

Кормление стельных животных, особенно нетелей – наименее разработанный раздел науки о кормлении сельскохозяйственных животных, хотя общеизвестно, что от того, как подготовлена корова или нетель к отелу, во многом зависит качество приплода, здоровье матери и продуктивность ее после отела.

Использование в кормлении нетелей разработанных рационов и комбикорма повысило концентрацию в рационах сырого протеина на 17,2%, нерасщепляемого в рубце протеина на 44%, сахара на

28%, способствовало повышению среднесуточных приростов живой массы 7,8%, снижению затрат кормов на прирост живой массы 6,3%, себестоимости продукции выращивания на 1,8%.

Сотрудниками лаборатории разработан состав комбикорма-концентрата и рационы с повышенным содержанием концентратов с учетом химического состава кормов для бычков абердин-ангусской породы в зависимости от возраста и живой массы, позволяющие получать среднесуточные приросты молодняка в возрасте 15-16 месяцев 1011 г, 11-14 месяцев – 1451 г, 10-11 месяцев – 973 г при затратах кормов 13,1, 7,8 и 10,1 корм. ед. соответственно.

Важное значение при выращивании телят имеют молочные корма. В настоящее время с целью экономии средств и снижения затрат молока на выращивание молодняка крупного рогатого скота широкое распространение получили заменители цельного молока (ЗЦМ). Использование ЗЦМ при выращивании телят позволяет сократить срок выпойки молока до 10 дней, а его количество до 50-60 кг на голову.

В результате исследований разработан заменитель цельного молока «Старт-1» для телят с 7-ми дневного возраста. На основании полученных результатов можно отметить, что использование заменителя цельного молока «Старт-1» в рационах молодняка крупного рогатого скота оказывает положительное воздействие на организм животных и позволяет получить в расчете на 1 голову дополнительную выработку в размере 17 тысяч рублей.

Разработан заменитель цельного молока «Старт-4», предназначенный для телят старше 30-дневного возраста. Использование нового заменителя цельного молока в рационах молодняка крупного рогатого скота оказывает положительное влияние на физиологическое состояние животных и способствует более быстрому приучению телят к потреблению растительных кормов и повышению их потребления на 35-52%.

### **Заключение**

На основании проведенных исследований разработана усовершенствованная технология производства говядины, внедрение которой позволяет получать среднесуточный прирост живой массы не менее 1 килограмма, при затратах корма на его производство не более 6,5 кормовых единиц на 1 килограмм.

## **ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

А.В. Китун, д.т.н., профессор

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

### **Введение**

В специализации сельского хозяйства Республики Беларусь явный приоритет принадлежит животноводству. Именно в этой отрасли формируется около 80% выручки от реализации сельскохозяйственной продукции и на основе ее переработки более 90% аграрного экспортного потенциала. В перспективе, перед агропромышленным комплексом страны, стоит ряд крупных задач. Нужно ориентироваться на производство около 10 млн. тонн молока и 1,5 млн. тонн мяса в год. Для этого необходимо выйти на надои молока от одной коровы на уровень выше 6 тыс. килограммов в год, среднесуточные привесы крупного рогатого скота на откорме – 1100 граммов, наращивать объемы производства свинины.

Вместе с тем с изменением экономических отношений произошел рост цен на энергоносители и металл. В результате повысился удельный вес затрат на энергию в общих издержках производства продукции животноводства. Достичь намеченных производственных показателей, при минимальных энергетических затратах, возможно только путем внедрения в сельскохозяйственное производство инновационных технологий и машин для их реализации.

*Одним из способов повысить эффективность животноводческой отрасли является повышение эффективности скармливания кормов.*

### **Основная часть**

Анализ рационов различных групп крупного рогатого скота показывает, что животным скармливаются корма, производство которых можно наладить в каждом хозяйстве. Это силос, сенаж, корнеклубнеплоды, зерновые и грубые корма. Использование перечисленных видов кормов является необходимым условием нормального ведения хозяйства, так как позволяет соблюдать севооборот. Для обогачения и сдобривания рационов применяют мелассу, минеральные и другие добавки. Больший же удельный вес в рационах занимают концентрированные корма, силос (сенаж) и корнеплоды.

Общеизвестно, что улучшить отдачу кормов позволяет подготовка их перед скармливанием и выдача в кормушки в виде сбалансированных по питательным веществам кормовых смесей.

Выполнить поставленную задачу позволяет *малозатратная технология* в соответствии с которой, высокоэнергетические корма и сочные корма скармливаются животным с учетом их продуктивности. Реализовать предлагаемую малозатратную технологию предлагается путем дозированной выдачи названных групп кормов. В этом случае животное или группа животных получают определенную зоотехническими требованиями, норму кормов, что исключает их непроизводительные потери. Для механизации предлагаемой малозатратной технологии необходим раздатчик кормов с принципиально новыми инновационно-техническими элементами. Машина должна быть оборудована двумя бункерами – для сочных и высокоэнергетических кормов. Такая конструкция обеспечивает одновременную выдачу двух групп кормов на кормовой стол в виде полнорационной кормосмеси.

Важным элементом раздатчика является компьютерное обеспечение машины. Программа, с учетом продуктивности животного, автоматически регулирует положение дозирующих элементов.

Степень точности отмеривания заданного количества корма обусловлена зоотехническими и технологическими требованиями, а также экономическими соображениями.

Малозатратная технология и раздатчик кормов с элементами автоматизации позволяет: предлагать животным строго рассчитанное количество кормов; исключить неравномерное попадание в организм животных, включаемых в состав рациона белково-витаминных добавок, премиксов и других добавок, следствием чего может быть нарушение обменных процессов в организме животных, отравление и снижение продуктивности.

Следует отметить, что потребность в механизированной малозатратной технологии приготовления и раздачи кормов неизмеримо возрастает при переводе стада на круглосуточное однотипное кормление заготовленными впрок кормами.

Результаты энергетического анализа показали, что при организации работ в соответствии с предлагаемой малозатратной технологией энергоемкость снижается на 10,1%.

В последние годы получает распространение технология *консервирования плющеного зерна* на ранних стадиях спелости. Зерно в этом случае не высушивается, а закладывается на хранение сразу после подготовки.

Для плющения зерна используются плющилки, в которых рабочими органами являются вращающиеся навстречу друг другу вальцы. В

процессе работы машины зерна поступают в зазор между смежными вальцами. Действием рабочих поверхностей валцов происходит их раздавливание. Перед закладкой зерна на хранение, с целью лучшей консервации, в массу вводится консервант. Для сохранности зерна в период хранения консервант необходимо распределять как можно равномернее, с соблюдением дозировки и тщательного перемешивания. Необходимость высокой равномерности распределения консерванта обусловлена тем, что необработанное зерно не только плесневет само, но и становится причиной порчи обработанного, соседнего. Смешивание зерна и консерванта производится смесителем, дополнительно установленным за плющилкой. При закладке плющеного зерна на хранение его уплотняют. Данная технологическая операция выполняется с целью удаления воздуха с корма. Наличие воздуха в монолите корма вызывает окислительные процессы, значительно снижающие качество продукта кормления животных. Энергоемкость процесса уплотнения зависит от размеров плющеного зерна – с его увеличением затраты энергии на уплотнение возрастают.

При явных преимуществах рассмотренной технологии заготовки зерна на корм животным на ранних стадиях его спелости, машина для ее исполнения имеет недостатки. Как было указано, рабочие органы плющилки предназначены только для выполнения одной технологической операции – раздавливания зерна. Узкая специализация машины ограничивает продолжительность ее эксплуатации в хозяйстве. Практически, значительный промежуток времени плющилка простаивает ввиду отсутствия области применения. В данном случае окупаемость машины возрастает, что увеличивает себестоимость животноводческой продукции. Необходимость смесителя зерна с консервантом дополнительно увеличивает энергоемкость и металлоемкость процесса.

Для реализации данного способа предлагается *усовершенствованная технология, в соответствии с которой влажное зерно измельчается*. В данном случае нарушается не только целостность зерна, но и уменьшаются его геометрические размеры. При измельчении зерна исключены потери питательных веществ. Разделение зерна на части исключает восстановление его прежней формы, а следовательно, при закладке на хранение снижается энергоемкость процесса уплотнения корма.

С точки зрения снижения затрат энергии и металлоемкости оборудования, эффективно применять для реализации данного способа заготовки на корм зерна молочно-восковой спелости, многофункциональный измельчитель-смеситель кормов с вертикально расположенной рабочей камерой. Данная машина способна, без специальной перена-

стройки рабочих органов, измельчать зернофураж любой влажности, корнеклубнеплоды и грубые корма, при необходимости смешивать их, позволит упростить технологическую схему подготовки кормов к скармливанию, а следовательно, снизить энергоемкость и металлоемкость технологического процесса подготовки кормов к скармливанию.

Проведенный поисковый экономический расчет показывает, что, применив для заготовки на фуражные цели зернофуража влажностью более 14% многофункциональный измельчитель вертикального типа, коэффициент интенсификации равен 5,1%.

*Одним из направлений сокращения* энергоемкости и металлоемкости машин и оборудования, задействованных в процессе приготовления и раздачи кормов животным, является выбор машин для погрузки кормов. Эта задача может выполняться мобильными кормораздатчиками. Однако эффективность эксплуатации машин донного типа снижается в условиях крупных животноводческих ферм.

Перспективным видится разработка сменных многофункциональных машин для погрузки кормов. Они должны иметь модульный принцип комплектования рабочими органами, обеспечивающими, при минимуме затрат на переналадку, как погрузку кормов, так и подачу их животным на кормовом столе во время поедания.

*Как показали проведенные в РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»* исследования, переваримость плющеного консервированного зерна составляет 60–65 %, что явно недостаточно. На основании проведенных исследований установлено, что для повышения усвояемости зернофураж перед скармливанием необходимо подвергать обработке, в том числе и влаготепловой. Из известных способов обработки зерна наибольший интерес представляет гидродинамический как наименее энергоемкий.

Ценность такой обработки заключается в том, что можно получить однородную мелкодисперсную массу для кормления взрослого поголовья КРС и свиней. В последнем случае тепловая обработка корма уничтожает болезнетворные бактерии и тем самым исключает заболевание этого вида животных.

Предварительный экономический расчет показывает, что данный способ позволит повысить переваримость кормов и увеличить прирост живой массы на 15 %.

### **Заключение**

На основании проведенного анализа можно сделать вывод о достаточно широком спектре возможных как фундаментальных, так и прикладных исследований, конечной целью которых является получение положительного экономического результата.

## **РАЗРАБОТКА РЫХЛИТЕЛЯ-ВЫРАВНИВАТЕЛЯ ПОЧВЫ ДЛЯ ОРОШАЕМОЙ ЗОНЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ КАЗАХСТАНА**

А.С. Рзалиев, к.т.н., профессор, С.Б. Бекбосынов, к.т.н., профессор,  
Ш.Б. Бекмухаметов

*Казахский национальный аграрный университет  
г. Алматы, Республика Казахстан*

### **Введение**

Площадь орошаемых земель на юге Казахстана составляет 1200 тыс. га. Технология подготовки почвы под посев сельскохозяйственных культур в южном регионе Казахстана включает основную и предпосевную обработку почвы. Основная обработка почвы в орошаемой зоне выполняется отвальными плугами. Это наиболее энергоемкая операция. Из-за отсутствия в хозяйствах юга Казахстана энергонасыщенных тракторов вспашка производится с использованием тракторов МТЗ-80(82). При этом глубина вспашки на тяжелых по механическому составу почвах не превышает 18-20 см. Ежегодная, примерно на одинаковую глубину, вспашка приводит к образованию плужной подошвы, что в итоге препятствует накоплению влаги и снижает урожайность возделываемых культур. Отвальная вспашка под озимые культуры выполняется в период с 15 августа по 15 сентября и приводит к иссушению верхнего слоя почвы [1-3]. Анализ агротехнологических показателей предпосевной обработки почвы в хозяйствах орошаемой зоны Алматинской области, проведенный в предыдущие годы (таблица 1), показал, что обработка почвы однооперационными машинами (плугами, дисковыми боронами, культиваторами) не обеспечивает должного выравнивания почвы и ее крошения.

Основным условием получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур в условиях засушливого резко-континентального климата юга Казахстана является качественная предпосевная обработка почвы, обеспечивающая сохранение влаги и стабильную глубину заделки семян. Для сохранения максимального количества влаги в почве и обеспечения хорошего качества посева необходимо разуплотнить плужную подошву с помощью глубокой чизельной обработки на глубину до 35 см [4], создать мелкокомковатый выровненный слой почвы, сократить разрыв во времени между технологическими операциями предпосевной обработки почвы.

Таблица 1 – Показатели гребнистости и крошения почвы однооперационными орудиями при предпосевной обработке орудиями в хозяйствах орошаемой зоны земледелия Алматинской области

Хозяйство	Показатели гребнистости поверхности поля				Содержание фракции почвы размером до 25мм			
	по агро- требованиям, не более	$\bar{X}$ ,	$\pm\sigma$ ,	$\gamma$ ,	по агро- требованиям, не более	$\bar{X}$ ,	$\pm\sigma$ ,	$\gamma$ ,
		см	см	%		см	см	%
КХ «Мухамедиева» Тургеневского района, Алматинской области	±5 см	10,2	3,57	35	85%	65	17,55	27
КХ «Ак-Бота» Алакульского района Алматинской области	±5 см	11,3	3,16	28	85%	50	15,0	30
		12,0	3,6	30	85%	60	19,20	32
		11,7	2,64	22,6	85%	55	19,25	35
		9,0	3,15	35	85%	65	18,20	28
		10,5	2,42	23	85%	45	11,25	25
В среднем по хозяйствам Алматинской области	±5 см	10,8	3,09	28,6	85%	6,7	16,74	29,5

Основным условием получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур в условиях засушливого резкоконтинентального климата юга Казахстана является качественная предпосевная обработка почвы, обеспечивающая сохранение влаги и стабильную глубину заделки семян. Для сохранения максимального количества влаги в почве и обеспечения хорошего качества посева необходимо разуплотнить плужную подошву с помощью глубокой чизельной обработки на глубину до 35 см [4], создать мелкокомковатый выровненный слой почвы, сократить разрыв во времени между технологическими операциями предпосевной обработки почвы.

Высококачественное выравнивание поверхности поля существенно повышает эффективность использования орошаемых площадей, производительность труда тракторных агрегатов и улучшает условия труда на последующих работах, а также уменьшает эрозию почвы. Все это в конечном итоге повышает урожайность сельскохозяйственных культур и обеспечивает большой экономический эффект.

Основной целью текущей планировки земель в сельском хозяйстве является устранение неровностей поверхности поля, которые за-

трудняют проведение поливных и механизированных агротехнических мероприятий. Ровная поверхность поля обеспечивает эффективное использование оросительных вод, снижение затрат труда на поливах. По данным ряда исследователей производительность труда поливальщика на поливе по бороздам на не спланированных орошаемых участках составляет 0,43-0,5 га за смену, а на хорошо спланированных - 1,82 га. На спланированном участке поливальщик может управлять большим поливным током – 70-80 л/с, а на не спланированном участке трудно управлять поливным током даже в пределах 20 л/с [5].

Текущая планировка по агропотребованиям должна проводиться после рыхления почвы на глубину не менее 15 см. Однако разрыв во времени между проходами рыхлителя и планировщика приводит к значительной потере влаги, что отрицательно сказывается на всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур [6].

В связи с этим возникает необходимость в создании комбинированного орудия, выполняющего разуплотнение плужной подошвы почвы путем ее чизелевания на глубину до 30-35 см, предпосевное выравнивание поверхности поля и прикатывание почвы.

Зарубежные выравниватели почвы не вписываются в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в этом регионе, поскольку на иссушенных и сильно уплотненных в результате поливов заплывающих почвах не обеспечивают необходимую выровненность полей. В республику по импорту они практически не завозятся из-за несоответствия почвенным условиям и высокой стоимости, что и предопределяет необходимость разработки рыхлителя-выравнивателя почвы для орошаемой зоны земледелия в южном регионе Казахстана.

Нами предложена новая конструктивно-технологическая схема комбинированного орудия для рыхления, выравнивания и прикатывания почв различного механического состава в условиях южного Казахстана.

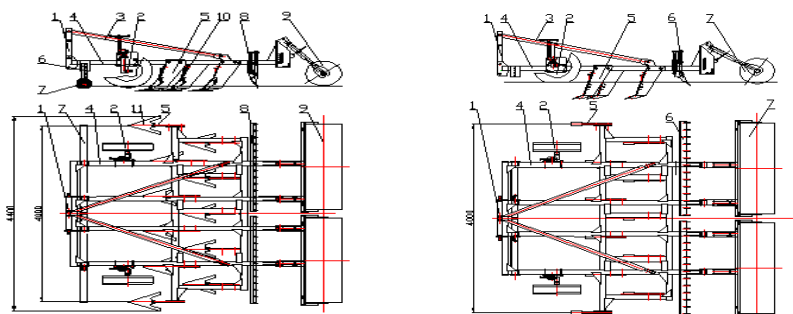
### **Основная часть**

Применяемая технология текущей планировки, осуществляемая однооперационными машинами, имеет ряд недостатков. Типичные сельскохозяйственные операции предпосевного и предпланировочного рыхления (боронование, культивация и дискование), по времени отделены от планировки, что приводило к дополнительному увеличению числа проходов, затрат материально-технических средств [6-11]. В связи с этим зарубежными фирмами сельхозмашиностроения разработан ряд комбинированных машин.

Приведенные в литературе результаты испытаний указанных выше агрегатов показали, что у них низкое качество выравнивания и крошения на тяжелых и заплывающих почвах, а также при обработке иссушенных почв, которые довольно часто встречаются в условиях резко-континентального климата Казахстана. В связи с этим возникает необходимость универсального рыхлителя-выравнивателя, позволяющего осуществлять: предпосевную подготовку почвы (рыхление почвы, выравнивание ее, уплотнение почвы в слое залегания семян); в случае необходимости глубокого рыхления с разрушением плужной подошвы.

На основании анализа существующих конструкций комбинированных орудий для предпосевого рыхления и выравнивания почвы, результатов хозяйственной проверки работоспособности макетного образца в 2015 году доработана его конструктивно-технологическая схема (рисунок 1, 2).

Орудие комплектовалось рабочими органами для предпосевной поверхностной обработки и выравнивания поверхности поля и рабочими органами для глубокого рыхления почвы (рисунок 1, 2, таблица 2).



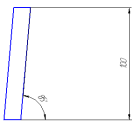


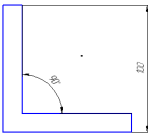
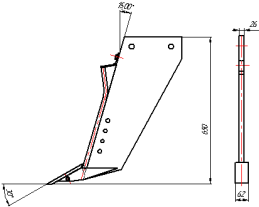
1 – навесное устройство; 2 – колесо опорно-регулируемое; 3 – подкос; 4 – рама; 5 – рабочий орган для рыхления почвы; 6 – механизм регулировки положения переднего выравнивающего устройства; 7 – переднее выравнивающее устройство; 8 – подпружиненная зубовая борона; 9 – каток для выравнивания и прикатывания почвы; 10 – переходник; 11 – стрелчатая лапа.

Рисунок 1. – Конструктивно-технологическая схема рыхлителя-выравнивателя почвы РВП-4 для рыхления и выравнивания почвы

1 – навесное устройство;  
2 – колесо опорно-регулируемое;  
3 – подкос; 4 – рама; 5 – рабочий орган для рыхления почвы;  
6 – подпружиненная зубовая борона;  
7 – каток для выравнивания и прикатывания почвы.

Рисунок 2. – Конструктивно-технологическая схема орудия рыхлителя-выравнивателя почвы РВП-4 для чизельной обработки почвы

Таблица 2 – Параметры рабочих органов рыхлителя-выравнивателя

Наименование	Параметры
<p>Передняя выравнивающая доска</p> 	<p>Рабочая высота выравнивающей доски <math>h_p=100</math> мм Угол установки выравнивающей доски <math>\beta=90; 85; 80; 75; 70</math></p>
<p>Стрельчатые лапы</p> 	<p>КПЭ-3,8; КТС-10-1 Ширина захвата - 410 мм Угол крошения 8 - 12 ° Стойка - упругая, подпружиненная Расстановка на раме - в 2 ряда. Междуследие - 400 мм</p>
<p>Прикатывающий каток</p> 	<p>Прутковый. Диаметр катка - 496 мм. Шаг расстановки прутков - 140 мм. Полка уголка - 40 мм Диаметр прутка - 18 мм</p> <p>Кольчатый каток. Диаметр катка 500 мм. Шаг расстановки колец - 50,10,150,200мм.</p>
<p>Заднее выравнивающее устройство</p> 	<p>Уголок 100×100 мм Угол установки к поверхности поля - 90° Зубовая подпружиненная борона.</p>
<p>Чизельный глубокорыхлитель</p> 	<p>Ширина долота - 62 мм Угол крошения - 30° Высота стойки - 650 мм Угол наклона стойки - 85°</p>

По результатам испытаний макетного образца рыхлителя-выравнивателя в 2015 г было установлено, что передняя выравнивающая доска удовлетворительно выполняет технологический процесс при глубине обработки 5-7 см. При больших значениях глубины происходит сгруживание почвы. Ее

назначение – предварительное выравнивание за счет среза верхних частей гребней и частичного засыпания борозд для уменьшения колебаний опорных колес в вертикальной плоскости. При доработке макетного образца орудия параметры передней выравнивающей доски остались прежними.

Основной выравнивающий эффект при работе машины достигается за счет использования стрельчатых лап. При работе перед лапой образуется почвенный валик, размеры которого будут постоянными на идеально выровненном поле. В реальных условиях при встрече лапы с гребнями размеры валика увеличиваются, и почва за счет внутреннего трения транспортируется на какое-то расстояние и затем часть ее перемещается в бороздку. Далее этот процесс повторяется, таким образом, происходит выравнивание почвы стрельчатыми лапами.

Второй ряд установленных на раме лап работает в условиях свободного резания. Зона распространения деформации вокруг лаповых рабочих органов достаточно хорошо изучена Труфановым В.В. и Капустиным А.Н. [12]. Ими установлено, что движение отдельных элементов пласта после его разрушения лапами происходит по двум направлениям: по стойке вверх и по рабочим поверхностям самой лапы (рисунок 3).



Рисунок 3. – Траектория движения пласта почвы относительно лапы культиватора

При движении машин лапа ребром клина отрезает слой почвы, а рабочими гранями раздвигает почву, сминая и перемещая ее частицы, при этом открывается борозда, которая при проходе лапы должна засыпаться почвой. Но в некоторых случаях этого не происходит. На это могут влиять такие факторы, как механический состав почвы, ее влажность, засоренность почвы сорняками, форма поверхности лапы и скорость движения машины. Это усугубляется еще тем, что в некоторых случаях слой почвы не скользит по профилю хвостовика лапы, а прилипает к ней и движется вместе лапой. В результате чего на поверхности лапы от носка к верхней части хвостовика образуется клин из почвы, который определяет рабочие параметры лапы и влияет на качество обработки поверх-

ности поля. Ширина клина соответствует ширине хвостика лапы, а угол его наклона зависит от механического состава почвы, высоты хвостика и способа крепления лапы к стойке.

Чем больше налипают почвы на лапу, тем глубже получается борозда и тем сложнее получить выровненную поверхность. В работе орудия отрезанный ребром лапы пласт почвы надвигается на лапу, перетекает через ее крылья и укладывается на дно борозды, а по профилю стойки почва скользит по почвенному клину, поднимается вверх до стойки и приобретает ее скорость. Встречные частицы верхнего слоя почвы сталкиваются с ней, приобретают некоторую скорость и отбрасываются в сторону от стойки. При этом на теле стойки образуется небольшой треугольник из почвы, выступающий над поверхностью почвенного конуса, основание его равно ширине стойки, а угол при вершине равен  $23-24^{\circ}$ . Толщина слоя почвы, образующего треугольник, увеличивается от середины хвостика лапы к стойке и достигает у верхнего края хвостика до 20-30 мм.

Налипание почвы на лапу наблюдается даже при влажности  $W=10\%$ . С образованием почвенного клина на лапе, почва скользит по почве, налипшей на лапу, и коэффициент трения увеличивается.

В результате за стрельчатыми лапами второго ряда образуется борозда, которая не полностью заделывается задним выравнивающим устройством. Борозда, образуемая за стрельчатыми лапами первого ряда, закрывается почвой, отбрасываемой лапами второго ряда. При испытаниях макетного образца был использован рабочий орган тяжелого культиватора КТС-10,7 (КПЭ-3,8). На стойку устанавливались лапы с углом установки  $8-12^{\circ}$  и  $25-27^{\circ}$ . Существенных различий по выравнивающей способности между лапами с различными углами крошения не наблюдалось. Величина борозды после прохода лап второго ряда была примерно одинаковой.

В связи с этим, вместо использованного при испытаниях в 2015г. заднего выравнивающего устройства в виде угольника  $100 \times 100$ , приводящего к сгуживанию почвы в отчетном году за стрельчатыми лапами устанавливалась пружинная и зубовая подпружиненная борона. Использование пруткового катка, деформаторы (прутки) которого изготавливались из уголка или круга  $d = 22$  мм, не дали ощутимых результатов. В отчетном году они были заменены на кольчатый каток диаметром 550 мм. При испытаниях сравнивались качественные показатели работы катка с шагом колец 50, 100, 150 и 200 мм.

Техническая характеристика и основные требования к рыхлительно-выравнивателю приведены в таблице 3. Согласно этим требованиям, а также результатам производственной проверки работоспособности макетного образца проведенной в 2015 году, было доработано техническое задание и рабочие чертежи на изготовление улучшенного варианта макетного образца рыхлителя-выравнивателя РВП-4. Был изготовлен улучшенный макетный образец рыхлителя выравнивателя в двух компоновочных схемах (рисунки 4, 5). Конструкция макетного образца предусматривает возможность замены пруткового катка (рисунок 4а, и 5а) на кольчатый (рисунок 4б, и 5б) с целью исследования сравнительной эффективности различных типов катков, а также угла наклона выравнивающей доски.

Таблица 3 – Техническая характеристика и основные требования к рыхлительно-выравнивателю РВП-4

Наименование показателя	Значение
1	2
Ширина захвата, м:	
- с чизельными рабочими органами;	4,0
- со стрелчатými лапами	4,4
Глубина рыхления почвы, см:	
- стрелчатými лапами	до 16
- чизельными рабочими органами	до 35
Агрегируется с тракторами, класса	2,0; 3,0
Рабочая скорость, км/ч	до 10
Транспортная скорость, км/ч	до 15
Расчетная производительность, га/ч	до 4,4
Рама сварная	труба прямоугольного сечения 100x100x6мм
Стрелчатые лапы:	
- количество, шт.	11
- ширина захвата стрелчатой лапы, мм	410
- устанавливаются на брусках рамы в два ряда с расстоянием между рядами, мм	600
- междуследием, мм	400
Чизельные рабочие органы:	
- количество, шт.	11
- устанавливаются на раме орудия в два ряда с расстоянием между рядами, мм	600
- с междуследием, мм	400

1	2
<p>На продольных брусках рамы за рабочими органами устанавливаются секции прикатывающих катков:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- тип катков</li> <li>- количество секций, шт.</li> <li>- ширина захвата каждой секции, мм</li> <li>- тип соединения катков с рамой</li> <li>- механизм соединения секций катков с рамой</li> </ul> <p>- расстояние между последним рядом рыхлительных органов и прикатывающими катками не менее, мм</p>	<p>прутковый, кольчатый 2 1925</p> <p>радиально-шарнирный должен устанавливать их на поверхности поля при любой глубине рыхления почвы стрельчатыми лапами или чизельными рабочими органами</p> <p>400</p>
Количество выравнивающих досок при компоновочной схеме для мелкого рыхления, выравнивания и прикатывания почвы, шт.	1
Количество секции в выравнивающей доске	2
Пределы регулировки выравнивающей доски по высоте относительно поверхности поля, см:	24,0
Высота выравнивающей доски, см	10,0
Пределы регулировки зубовой борона по высоте относительно поверхности поля, см:	24,0
Расстояние между зубьями, см	15,0
Угол наклона рабочей поверхности выравнивающей доски к вертикальной плоскости, град.	0; 5; 10; 15
Опорно-регулируемые колеса:	
- пневматические	Модель Вл-35 (Ø760мм)
- количество, шт.	2
должны обеспечивать:	
- установку необходимой глубины рыхления почвы, см:	
стрельчатыми лапами	12...16
чизельными рабочими органами	20...35



а)



б)

Рисунок 4. – Рыхлитель-выравниватель в компоновочной схеме для рыхления почвы на глубину до 16 см, выравнивания и прикатывания почвы: а – с прутковым катком; б – с кольчатым катком



а)



б)

Рисунок 5. – Рыхлитель-выравниватель в компоновочной схеме для чизелевания на глубину до 35 см, выравнивания и прикатывания почвы: а – с прутковым катком; б – с кольчатым катком

Лабораторно-полевые испытания макетного образца рыхлителя-выравнивателя почвы проводились с 20 апреля по 20 мая 2016г на операциях по предпосевному выравниванию и рыхлению почвы в Алматинской области, Енбекшиказахском районе, к/х «Мухамедиев» и с 15 сентября по 1 октября на операции по глубокому чизелеванию почвы на полях стационара Каз НИИЗиР. Почва опытных участков как в к/х «Мухамедиев», так и в КазНИИЗиР светло каштановая, средне-суглинистая.

*Задачи испытаний:* определение функциональных, энергетических и эксплуатационно-технологических показателей работы макетного образца при различных компоновочных схемах и глубинах обработки почвы; выбор типа и параметров прикатывающего катка, обеспечивающего лучшие показатели крошения и выравнивания почвы; выбор оптимального угла наклона выравнивающей доски, обеспечивающего лучшие качественные показатели обработки почвы; выбор оптимального типа и параметров чизельного рыхлителя обеспечивающего лучшее качество рыхления почвы.

Испытания макетного образца РВП, изготовленного по компоновочной схеме включающей выравнивающую доску, рыхлительные (стрельчатые) лапы, зубовую пружинную борону, каток проводились по фону зяблевой вспашки на глубину до 23 см и весеннего закрытия влаги зубовыми боронами на глубину до 4 см (рисунок 6). Условия проведения испытаний представлены в таблице 4.



а)



б)

Рисунок 6. – Макетный образец рыхлителя-выравнивателя почвы в работе: а – с прутковым катком; б – с кольчатым катком

Согласно полученным данным условия испытаний соответствовали исходным требованиям и техническому заданию, разработанному на РВП-4. При проведении испытаний орудия определялись функциональные показатели его работы при различном заглублении рыхлительных лап. Качественные показатели работы макетного образца рыхлителя-выравнивателя с прутковым и кольчатым катком приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Функциональные показатели работы макетного образца на предпосевной обработке почвы

Показатели	По ТЗ	По результатам испытаний					
		глубина обработки почвы, см			глубина обработки почвы, см		
		8	12	16	8	12	16
Агрегат (энергомашина + орудие)	Тр. кл. 2+ РВП-4	Беларус 2022.3 + РВП-4 с прутковым катком			Беларус 2022.3 + РВП-4 с кольчатым катком с шагом между кольцами 100 мм		
Фактическая глубина обработки почвы, см	8-16						
$\bar{X}$ , см	-	7,5	12,4	15,7	8,2	11,7	15,4
$\pm\sigma$ , см	-	1,4	2,1	2,8	1,22	2,4	3,03
$\gamma$ , %	-	18,7	16,9	17,8	14,9	20,2	19,7
Плотность почвы, г/см <sup>3</sup> по слоям, см	до 1,3						
0-10		0,90	0,80	0,83	0,85	0,79	0,78
10-20		1,20	1,17	1,12			
Твердость почвы	до 2						
0-10		1,0	0,95	0,90	0,97	0,96	1,0
10-20		1,5	1,42	1,30	1,52	1,40	1,34
Крошение почвы, % по фракциям, мм	содержание комков размером менее 20мм не должно быть ниже 60%						
>50		14,3	8,6	5,0	9,2	5,8	1,4
50-20		40,5	41,0	37,7	40,3	39,2	35,8
20-10		22,9	24,9	25,4	22,7	26,4	31,6
<10		22,3	25,5	31,9	27,8	28,6	31,2
Гребнистость поверхности поля, $\pm$ см	не более $\pm 4$ см						
- среднее арифметическое значение, $\bar{X}$ (см)		4,0	4,7	5,2	2,5	3,7	4,5
- среднеквадратическое отклонение, $\pm\sigma$ (см)		0,81	0,76	0,75	0,46	0,72	0,86
- коэффициент вариации, $\gamma$ (%)		20,3	16,2	14,4	18,4	19,5	19,1

Анализ результатов испытаний показывает, что глубина обработки почвы была стабильной и практически соответствовала установочной. Так среднее квадратическое отклонение ( $\pm\sigma$ ) и коэффициент вариации ( $\gamma$ ) составили: 1,4 см и 18,7% при глубине обработки 8 см; 2,1 см и 16,9% при глубине обработки 12 см; 2,8 см и 17,8% при глубине обработки 16 см. Таким образом, исследование зависимости качественных показателей рыхления почвы от типа и параметров чизельных рабочих органов и катка позволило установить их оптимальные варианты – чизельный рабочий орган с наклонной стойкой и кольчатый каток.

### **Заключение**

На основании результатов проработки научно-технической и патентной литературы, результатов проверки работоспособности макетного образца доработана конструктивно-технологическая схема рыхлителя-выравнивателя и на опытно-экспериментальном заводе ТОО «КазНИИМЭСХ» изготовлен его улучшенный макетный образец в двух компоновочных схемах: для проведения операций по предпосевному выравниванию и рыхлению почвы; для глубокого чизелевания почвы до 35 см. Проведены лабораторно-полевые испытания макетного образца орудия, которые позволили определить оптимальные типы и параметры рабочих органов орудия. Качественные показатели обработки почвы были удовлетворительными и соответствовали требованиям технического задания. Установлено, что лучшее качество крошения и выравнивание почвы обеспечил кольчатый каток с шагом между кольцами 100 мм. Оптимальный угол наклона выравнивающей доски составляет 75-80°. При глубоком рыхлении почвы лучшие результаты по крошению были получены при работе РВП-4 с чизельным рабочим органом, имеющим наклонную стойку. Результаты хозяйственных испытаний подтвердили эффективность использования разработанного орудия.

### **Список использованной литературы**

1. Ерлеспесов М.И., Алмантаев Е.А. Орошаемое земледелие. «Кайнар» – Алматы. – 1968. – 231с.
2. Система ведения сельского хозяйства Алматинской области: Рекомендации. – Алматы: ТОО «Нурлы Алем». – 2005. – 296с.

3. Рзалиев А.С. и др. Комбинированное почвообрабатывающее орудие для предпосевной обработки почвы в орошаемой и богарной зонах земледелия юга Казахстана. / Материалы международной научно-практической конференции. Книга 1, Алматы. – 2004.

4. Беляев В.И., Татарников В.О., Зуборев А.А. Совершенствование основной обработки почвы и обоснование параметров глубокорыхлителя. Ж. «Вестник» Алтайского государственного аграрного университета, Выпуск – № 2 (том 14).

5. Ахмеджанов, М. А Комплексное исследование и разработка технологии и средств механизации при эксплуатационной планировке орошаемых земель в зоне хлопкосеяния СССР. Автореферат диссертации, Ташкент, 1983.

6. Догановский М.Г., Фролов В.П. Эффективность предпосевного выравнивания почвы // Техника в сельском хозяйстве. 1969. – № 2.

7. Дмитриев А.М., Мацепуро О.М. Статистическое исследование технологического процесса выравнивания поверхности почв // Сб. научн. работ / ЦНИИМЭСХ Минск, 1976. – т. XII. – С. 29–46.

8. Добышев А.С., Карташевич А.Н. Машины и агрегаты с пассивными рабочими органами // Промышленность и сельское хозяйство. Сборник статей <https://forindustry.com> 26.05.2015.

9. Добышев А.С. Комбинированные машины и агрегаты для подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур / А.С. Дробышев // Промышленность и сельское хозяйство. Сборник статей <https://orindastr.com> 26.05.2016.

10. Несмиян А.Ю., Должиков В.В. Обзор культиваторов для сплошной обработки почвы и тенденции их производства. / Тракторы и сельскохозяйственные машины. – № 4. – 2013.

11. Беков М.В., Таранин В.И. Технологические особенности комбинированных почвообрабатывающих агрегатов для мелкой обработки почвы. / Техника и оборудование для села. – № 6. – 2004.

12. Капустин А.Н. Основы теории и расчета машин для основной и поверхностной обработки почв, посевных машин и машин для внесения удобрений, Томск. – 2013. – 137 с.

## КРИТЕРИЙ НАДЕЖНОСТИ КАК ОСНОВНОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

В.В. Азаренко<sup>1</sup>, д.т.н., доцент, член-корреспондент НАН Беларуси,  
Н.Г. Бакач<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,

<sup>1</sup>*Национальная академия наук Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь*

### Введение

Агропромышленный комплекс Республики Беларусь является основой развития национальной экономики и обеспечения продовольственной безопасности страны. Технологическое развитие сельского хозяйства неразрывно связано с внедрением в сельскохозяйственное производство новейших машин и оборудования. При этом современная рыночная экономика предъявляет принципиально новые требования к качеству разрабатываемой техники. При этом первоочередная задача – это надежность машин.

Надежность любых технических устройств и их элементов обуславливается, главным образом, безотказностью и ремонтпригодностью составных их элементов в заданных объемах функционирования (рисунок 1).

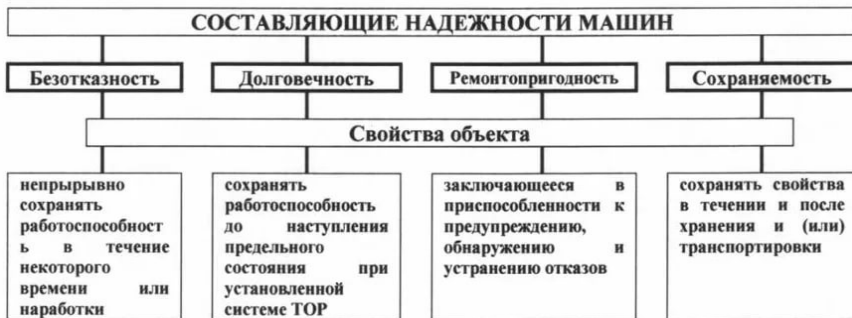


Рисунок 1. – Составляющие надежности машин

Сложностью расчета и проектирования комбинированных сельскохозяйственных машин можно объяснить и то, что при расчете отдельных параметров машин используются главным образом методы общей теории равновесия механических систем. На основании таких статических методов в первом, весьма грубом, приближении определяют основные параметры сельскохозяйственных машин. В этом случае существенное значение приобретают испытания экспериментальных образцов машин в полевых условиях, после которых образцы совершенствуются и вновь испытываются.

Однако такой метод экспериментирования на реальных машинах имеет принципиальные недостатки: высокая стоимость изготовления экспериментальных образцов и длительность экспериментирования (от сезона к сезону).

Такая методика затрудняет создание оптимального варианта машин и ограничивает возможность использования полученных результатов при разработке и проектировании новых машин, когда отсутствуют опытные их образцы.

В связи с этим возникает необходимость в моделировании технологических процессов работы сельскохозяйственных машин. При этом возникает потребность учета внутренних структур изучаемых процессов, что, в свою очередь, требует более полного математического их описания и выполнения ряда сложных расчетов, связанных с условиями работы машин.

Поэтому внедрение системы компьютерного проектирования в сельхозмашиностроении позволяет создать новую технологию проектирования, в которой традиционный комплекс этапов рассматривается как единая задача во всей сложности ее взаимосвязей.

### **Основная часть**

В последние годы наметилась тенденция увеличения доли сельскохозяйственных машин с активным приводом рабочих органов. Однако существенным тормозом для разработчиков является отсутствие обобщенной методики технико-экономической оценки и обоснования рационального соотношения между показателями надежности, сроком службы и лимитной стоимостью разрабатываемых машин.

Известно, что передача энергии к активным рабочим органам может осуществляться через механические, гидравлические, элек-

трические и пневматические приводы, а также комбинированные (гидромеханические, электромеханические, электрогидравлические и др.). Наибольшее применение в сельскохозяйственных машинах получили механические приводы, которые в зависимости от источника получения крутящего момента могут быть условно разбиты на 4 группы:

- с приводом от ходовых колес (*сеялки, посадочные машины*);
- с приводом от ВОМ базового трактора (*машины агрегатируемые с трактором*);
- с приводом от собственного двигателя (*самоходные комбайны*);
- с приводом от электродвигателя (*стационарные и полустационарные машины*).

В тоже время механические приводы различаются по своей конструктивной сложности, типу (открытые или закрытые), что требует обоснование их рациональных параметров, от которых во многом зависит функциональная работа, безотказность и срок службы машин. При этом следует учитывать, что механические приводы сельхозмашин относятся к системам многократного действия, для эксплуатации которых характерна цикличность, сезонность и работа при значительных динамических нагрузках в абразивной и агрессивной средах.

Так, в зависимости от назначения машины ее эксплуатационный сезон составляет 150...270 часов ежегодно, а общий срок службы – 5...10 лет. Следовательно, расчетная долговечность привода или его составных частей должна соответствовать 750...2700 ч. Поэтому при проектировании механических передач следует стремиться достигнуть долговечности, равной сроку службы машины. Если для редуктора и карданных передач подобный подход экономически оправдан, то для гибких передач (клиноременных и цепных) это может привести к неоправданному увеличению массы и удорожанию конструкции.

В связи с этим технический уровень механического привода, характеризующий ряд показателей (назначение, надежность, технологичность, ремонтпригодность, унификация), отражает не только общий уровень технического совершенства изделия, но и технико-эксплуатационные и экономические показатели машины в целом.

Применительно к машинам с активными рабочими органами безотказность зависит, в основном, от надежности элементов привода.

В статистически-вероятностном аспекте структурная схема надежности машины может быть представлена последовательным соединением всех входящих в нее рабочих элементов. При этом вероятность безотказной работы машины ( $H_M$ ) оценивается произведением вероятностей безотказной работы входящих в нее элементов ( $H_i$ ), т.е.

$$H_M = H_1 \cdot H_2 \cdot \dots \cdot H_n = \prod_{i=0}^n H_i, \quad (1)$$

где  $n$  – количество элементов.

Оценку уровня надежности отдельных элементов и машины в целом производится по обобщенному показателю надежности – коэффициенту готовности  $K_z$ , который для отдельных элементов определяется выражением (2), а для машины в целом (3):

$$K_{zi} = \frac{T_{cp.M}}{T_{cp.M} + t_{zi}}; \quad (2)$$

$$K_{zM} = \frac{T_{cp.M}}{T_{cp.M} + \sum_{i=1}^n t_{zi}}, \quad (3)$$

где  $T_{cp.}$  – среднее время работы машины за рассматриваемый период;  
 $t_{zi}$  – среднее суммарное время, затрачиваемое на восстановление работоспособности отдельных элементов за рассматриваемый период.

Выразив из формулы (2) значение  $t_{zi}$  и подставив его в выражение (3), получим

$$K_{zM} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{K_{zi}} - 1\right)}. \quad (4)$$

Данная формула позволяет в эксплуатации оценить коэффициент готовности машины по известным коэффициентам готовности входящих в нее элементов, полученным в результате статистической обработки эксплуатационной информации о надежности. Если принять для упрощения, что  $K_{z1} = K_{z2} = \dots = K_{zn} = K_{zcp.}$ , то выражение (4) примет вид

$$K_{эм} = \frac{1}{1 + n \cdot \left( \frac{1}{K_{ср.}} - 1 \right)}. \quad (5)$$

Таким образом, зная число элементов привода машины и определив в эксплуатации за определенный промежуток времени среднее значение коэффициента готовности или задавая его нормативом для всех элементов можно, используя выражение (5) определить уровень надежности всего привода машины.

Вместе с тем при расчете и конструировании сельскохозяйственной техники недостаточно учитываются реальные ситуации, имеющие место при нормальном функционировании машин. В большинстве случаев при расчете и конструировании машин с активными рабочими органами за основу принимают статические модели при существенной идеализации реальных условий работы, которые практически значительно сложнее и разнообразнее.

Например, в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» при разработке косилки для ухода за лугопастбищными угодьями было выполнено теоретическое обоснование параметров косилки и режущей части ножей, но без учета процесса колебания ножей. То есть исследования были проведены по режущим аппаратам с жестко закрепленными ножами, которые не учитывают специфических условий, работы лугопастбищных мульчирующих роторных косилок. Поэтому актуальной задачей стал теоретический анализ кинематических параметров косилки с учетом процесса колебания ножей косилки и величины перекрытия траекторий концов ножей.

Проверка теоретических положений была реализована путем проведения компьютерного эксперимента, спланированного с использованием стандартной программы ANSYS.v3, позволяющей получить анимационную интерпретацию поведения ножей на стадии разгона ротора.

Технологический процесс работы роторной косилки заключается в том, что на стадии разгона ротора, после включения ВОМ трактора и приведения во вращение несущей части, ножи под действием сил инерции отклоняются назад по ходу вращения. Приводить ножи во взаимодействие со срезаемой растительностью до дос-

тижения ими положения близкого к радиальному нельзя, поэтому важно определить длительность фазы разгона ножей (рисунок 2).

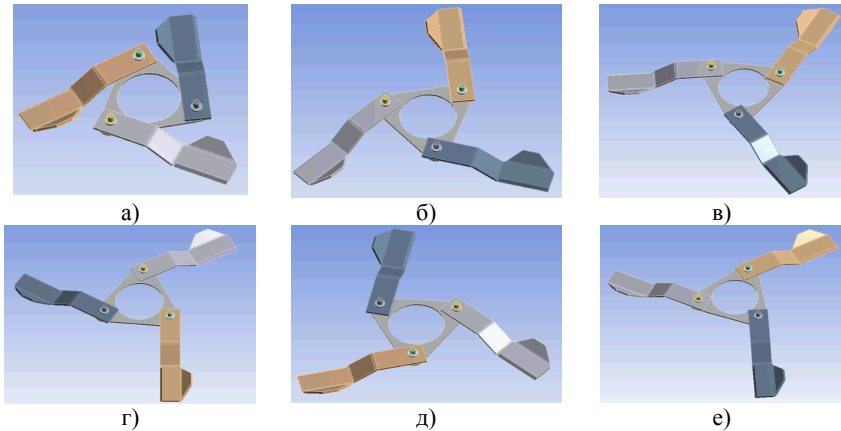


Рисунок 2. – Характерные положения ножей на роторе в процессе его разгона:

а – момент начала вращения, ножи отклонены от радиального положения на угол около  $90^\circ$ ; б – ротор повернулся на угол около  $90^\circ$ , ножи перемещаются к радиальному положению; в – дальнейший поворот ротора и перемещение ножей; г – продолжающийся поворот ротора и переход ножей за радиальное положение; д – отклонение ножей в противоположное крайнее положение; е – ротор совершил примерно один полный оборот, ножи отклоняются в обратном направлении.

В фазе разгона роторов от состояния покоя до скорости  $v_p$  в начальный момент, вследствие возникающих сил инерции, ножи отклоняются от радиального положения на угол близкий к  $90^\circ$ , затем ножи под действием центробежных сил начинают совершать колебания в плоскости своего вращения. Причем, вследствие сопротивления воздуха и трения, в шарнире колебания будут затухающими. К радиальному положению нож стремится вернуться под действием момента, создаваемого центробежной силой, и прямо пропорционального величине плеча действия центробежной силы, приложенной в центре масс, относительно оси колебания ножа.

Из приведенного анализа, задавшись допустимой величиной отклонения ножа, т.е. амплитудой колебаний и рассчитав период колебаний, было определено необходимое время разгона ротора, по истечению которого может начинаться процесс скашивания.

Анализ процесса затухающих колебаний показывает, что через две секунды после включения ВОМ трактора колебания ножей практически прекращаются.

Таким образом, практической рекомендацией является то, что перед началом скашивания растительности необходимо в течение не менее двух секунд на холостом ходу выполнить разгон ротора.

Данные исследования позволяют внести соответствующие рекомендации в процесс эксплуатации косилки, тем самым повысить надежность работы машины в целом.

### **Заключение**

Сельскохозяйственные машины с активными рабочими, как уже отмечалось, являются сложными многомерными динамическими системами. Даже в линейной модели поведение машины определяется сложной системой дифференциальных уравнений. К тому же в условиях нормального функционирования на вход машины поступают воздействия в виде случайных функций и последовательностей, что обуславливает случайный характер выходных показателей машины и ее рабочего процесса. Эти факторы и определяют специфику основных практических задач:

а) прогнозирование выходных показателей работы машин по информации об условиях работы и известному оператору (задача анализа);

б) определение динамических характеристик машины по информации о входных и выходных процессах, полученной при испытании макета или экспериментального образца машины (задача синтеза);

в) определение оптимальных параметров машины (рабочего органа), обеспечивающих желаемые показатели работы (задача оптимизации);

г) оценка входных воздействий, недоступных для непосредственного измерения;

д) установление степени идентичности и степени нелинейности модели, а также ее технологической надежности.

Решение этих задач моделирования является одним из важных этапов конструирования машин и их рабочих органов.

В процессе проектирования сельхозмашин одна из основных проблем – обеспечить качество выполнения сельскохозяйствен-

ных операций, для механизации которых они предназначены. Назначение машины и требования к качеству выполнения ею технологического процесса устанавливаются агротехническими требованиями. При этом качество работы достигается методами воздействия на среду функциональных элементов рабочих органов будущих машин.

Особенность создания системы компьютерного проектирования в сельхозмашиностроении, в частности, для машин с активными рабочими органами, позволяет унифицировать процесс проектирования на всех этапах создания таких машин и при переходе на новый объект не всегда приходится заново формировать его математическую модель, устанавливать формы и виды зависимостей, характеризующие направление проектирования и очередность процедур.

Широкое внедрение системы компьютерного проектирования позволяет:

- сократить сроки разработки проектов, благодаря снижению затрат времени при обмене и получении информации;
- ускорить переработку графической и текстовой информации;
- механизировать процессы выпуска графических материалов (чертежей, схем, графиков);
- контролировать текущее состояние проекта;
- снизить стоимость разработки за счет сокращения затрат на переделки (исправления);
- уменьшить концептуальные ошибки, характерные для начальных этапов проектирования;
- сократить затраты трудовых ресурсов в связи с ликвидацией ручной обработки графической информации и промежуточных вычислений и использования большего числа математических моделей взамен натуральным исследованиям;
- повысить качество всех работ за счет многовариантной проработки проектных решений, более детального и глубокого анализа информации, возможности решать оптимизационные задачи, сопровождающиеся комплексным моделированием на компьютере элементов объекта в натуре, использования новых методов и технических средств, позволяющих расширять диапазон возможностей проектировщика в принятии принципиально новых решений.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.Н. Леонов<sup>1</sup>, д.т.н., профессор, В.О. Китиков<sup>2</sup>, д.т.н., доцент,  
Ли Цинчжэнь<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Национальная академия наук Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### Введение

Прежде чем рассматривать общую проблему моделирования и многокритериальной оптимизации технических систем в сельском хозяйстве, рассмотрим принципиальное отличие сельского хозяйства от других видов производственной деятельности человека. Сельское хозяйство единственная область производства, в котором человек играет вспомогательную роль. Основную функцию по созданию растений и животных выполняет природа, однако все закономерности того, как она это делает, до сих пор до конца еще не изучены. В основе функционирования живых систем лежит молекула ДНК, обеспечивающая хранение, передачу и реализацию генетической программы развития живых организмов из поколения в поколение. Копирование молекулы ДНК позволяет получить молекулу РНК, которая после того как покидает ядро клетки, попадает в цитоплазму, где руководствуясь полученной от ДНК информацией, обеспечивает синтез аминокислот в соответствующие белки, способные осуществлять свои строительные, гормональные и ферментные функции. И хотя человек уже научился получать простейшие искусственные молекулы ДНК, и их копии в виде молекул РНК, и все аминокислоты, тем не менее, самоорганизация материи на базе триады макромолекул ДНК→РНК→белки, приведшая 3,3 млрд. лет тому назад к возникновению жизни в океане, до сих пор не может быть воспроизведена человеком.

Один миллиард лет тому назад в результате естественной эволюции возникли первые растения, которые в настоящее время яв-

ляются *основным источником* пищи и энергии для человечества. На рисунке 1 дана схема фотосинтеза белков, жиров и углеводов в растениях, содержащих молекулы хлорофилла. С помощью фотосинтеза растение преобразует энергию света в энергию химических связей органических веществ. Растения на Земле появились задолго до появления человека (*Homo sapiens* возник на Земле всего лишь 50 тыс. лет тому назад). Благодаря растениям на Земле появился кислород, который явился мощным эволюционным стимулом возникновения и развития разнообразных форм жизни, в том числе рыб, птиц и млекопитающих. Основная масса растений (джунгли, тайга и т.п.) рождается и живет на Земле без участия человека.

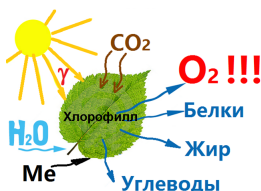


Рисунок 1. – Схема фотосинтеза в растениях



Рисунок 2. – Структура сельского хозяйства

В неживой природе в результате всех происходящих процессов внутренняя энергия вещества уменьшается, а энтропия возрастает. Например, все элементы периодической системы подвержены окислению, в результате чего внутренняя энергия оксидов меньше внутренней энергии чистых элементов (исключение составляет золото). Фотосинтез – удивительное природное явление, которое «руководствуется» прямо противоположными тенденциями, в результате которых из неорганических веществ (вода, углекислый газ и микроэлементы) создается органическое вещество, внутренняя энергия которого больше своих неорганических предшественников, а энтропия меньше!

Второй вид деятельности человека, направленный на обеспечение себя высокоэффективным белком в качестве пищи является животноводство. Животноводство – это производственная деятельность человека с целью получения животной продукции – рыбы, птицы, мяса, молока, яиц, необходимых, прежде всего для полноценного развития мозга. Следует подчеркнуть, что энергия, необ-

ходимая для реализации процессов биоконверсии – это та же энергия Солнца, законсервированная в растительных продуктах. Полезность животноводства, продукты которого отличаются от своих предшественника большей концентрацией белка, заключается еще и в том, что благодаря нему, можно даже несъедобный растительный белок (сено, трава) в результате биоконверсии преобразовывать в съедобный животный белок, полезный для человека. Задача человека заключается в том, чтобы используя закономерности фотосинтеза, и биоконверсии создать эффективное производство полезных для жизнедеятельности человека растений и животных – источника полезного для человека белка. И хотя человек в силу своих способностей «помогает» природе при производстве растений и животных (сажает, поливает, убирает, кормит), все-таки, самое главное в сельском хозяйстве Солнце и природа делают самостоятельно. Сознательный вид деятельности человека, направленной на «оказание помощи природе» в производстве растений, полезных для человека, возник на Земле 27 тыс. лет тому назад (растениеводство). Животноводство как сознательный вид деятельности человека, возник на Земле 25 тыс. лет тому назад.

На рисунке 2 схематично показана структура сельского хозяйства и взаимодействие между отдельными ее элементами.

*Цель настоящей работы* – показать возможности повышения эффективности сельскохозяйственного производства путем моделирования и многокритериальной оптимизации технических систем в растениеводстве и животноводстве.

### **Основная часть**

Таким образом, в производстве продуктов органического происхождения, необходимых для жизни и общественно-полезной деятельности человека, участвуют 2 стороны: природа (Солнце и неорганические элементы) и человек. Эффективность такого взаимодействия может быть описано следующим критерием

$$\gamma_0 = \frac{q_0}{q_{00}}, \quad (1)$$

где  $q_0$  – удельная энергия продукта растительного или животного происхождения, Дж/т;  $q_{00}$  – удельная энергия, затраченная человеком, на производство продукта растительного или животного происхождения, Дж/т.

Можно возразить против энергетического подхода при сравнительной оценке эффективности продуктов растениеводства и животноводства. В конце концов, пищевая ценность продуктов определяется не только, и, даже не столько энергией, сколько конкретным содержанием белков, жиров и углеводов. Однако, на самом деле, энергетический подход учитывает не только удельную энергию полученного продукта, но и суммарное содержание белков, жиров и углеводов. Дело в том, что энергия 1 г жира несет в себе 9,0 ккал энергии (37,7 ГДж/т); 1 г белка— 4,1 ккал (17,2 ГДж/т); 1 г углеводов— 4,0 ккал (16,7 ГДж/т). И если учесть, что основная масса растений и животных (в сухом остатке) в среднем содержат  $\approx 20\%$  жира (основная доля— это белки, содержание которых не менее 50%), то общая удельная энергия биомассы составляет  $\approx 21$  ГДж/т. Например, если удельная энергия молока составляет 2,6 ГДж/т, то это означает, что в нем  $\approx 88\%$  воды.

Очевидно, чем больше коэффициент  $\gamma_0$ , тем эффективнее сельскохозяйственная деятельность человека, и это притом, что фотосинтез и биоконверсия происходят без его участия. Анализ уравнения (1), показывает, что для повышения коэффициентов  $\gamma_0$  необходимо повышать удельную энергию продукта растительного или животного происхождения  $q_0$ , и снижать удельную энергию, затраченную человеком на производство продуктов растительного или животного происхождения  $q_{00}$ . Рассмотрим оба способа подробнее. Очевидно, что повысить  $q_0$  можно за счет выведения новых сортов растений и пород животных, в которых процессы фотосинтеза и биоконверсии будут протекать более интенсивно. Это возможно либо за счет традиционной селекции и гибридизации, либо за счет генной модификации (отрицательные и положительные стороны существенного повышения урожайности растительных культур и продуктивности животных за счет ГМО, выходят за рамки этой статьи, ограничимся лишь констатацией факта, что в настоящее время производство кукурузы и сои в большом количестве связано с генетически модифицированными сортами).

При анализе проблемы повышения эффективности фотосинтеза и биоконверсии следует различать две стороны этой проблемы:

1) глубокое понимание теории 2) возможность экспериментального воздействия на эффективность на урожайность и продуктивность. Да, человечество еще далеко от точного теоретического понимания основных принципов самоорганизации и функционирования живых биологических систем. Однако можно не уметь создать из неорганических элементов даже простейший живой микроорганизм в питательном бульоне (как это сделала сама природа  $\approx 3,3$  млрд. лет тому назад), но изучив закономерности естественного отбора, можно экспериментально разработать методы искусственного отбора для изменения растений и животных в нужном для человека направлении. Аналогично в XVII веке Исаак Ньютон не понимал природу всемирного тяготения, но это не помешало ему количественно описывать это явление  $F = \gamma m_1 m_2 / r^2$ . Можно не сомневаться, что со временем молекулярная биология разработает методы создания живых организмов, во всех смыслах полезных и безвредных для человека, но в которых процессы фотосинтеза и биоконверсии будут протекать более интенсивно.

Вторая возможность повышения эффективности сельского хозяйства, как следует из уравнения (1), связана со снижением удельных затрат человека при производстве с/х продуктов. Очевидно, что процессы и оборудование сельского хозяйства относятся к классу сложных систем. Математическое определение: сложная система – это система, в которой тезис и антитезис одинаково справедливы. Одной из особенностей описания сложных систем заключается в том, что простое решение не является оптимальным. Дело в том, что сложные технические системы описываются комплексом, частично или полностью конфликтующих между собой параметров оптимизации. Для нахождения приемлемого решения для описания сложной технической системы, наиболее перспективным, по мнению авторов, является метод моделирования с последующей многокритериальной оптимизацией: один из параметров оптимизации принимается в качестве целевой функции, а на остальные накладываются функциональные ограничения. Например, пусть функционирование технической системы описывается комплексом параметров оптимизации:  $Y_i(\bar{x})$ ,  $i = 1, \dots, n$ ;  $\bar{x} \in X$ . В качестве целевой функции принимаем 1-й параметр оптимизации  $Y_1(\bar{x}) \rightarrow \min (\max)$ , а на остальные параметры оптимизации на-

кладываются функциональные ограничения  $Y_i(\bar{x}) \leq \varepsilon_i$  ( $Y_i(\bar{x}) \geq \varepsilon_i$ ),  $i = 2, \dots, n$ . Значения  $\varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$  рассматриваются как допустимые значения для параметров оптимизации  $Y_2(\bar{x}), \dots, Y_n(\bar{x})$ . Поэтому для определения оптимального состояния технической системы, необходим выбор критерия, который принимается в качестве целевой функции [1, 2]. От того насколько этот критерий эффективно характеризует функционирование технической системы, зависит комплекс факторов, определяющий ее оптимальное состояние.

*Однокритериальная оптимизация.* В качестве целевой функции выбирается один из параметров оптимизации. Рассчитывается комплекс факторов, который обеспечивает максимальное значение целевой функции  $V$ . Однако остальные параметры оптимизации, играющие пассивную роль, могут получить значения, которые не удовлетворяют заказчика.

Например, при производстве пшеницы в качестве целевой функции выберем величину урожайности. В этом случае рассчитывается комплекс управляющих факторов, который действительно для этого сорта обеспечит максимально возможную урожайность пшеницы  $V \rightarrow \max$ . Пусть поиск решения даст, например, значение  $V_{\max} = 53$  ц/га. Однако, другой важнейший для фермера параметр оптимизации – уровень удельных затрат, для полученного комплекса управляющих факторов, будет иметь относительно высокое значение, например,  $\gamma = 205$  \$/т, при том, что рыночная цена составляет 230 \$/т. Можно в качестве целевой функции выбрать уровень удельных затрат  $\gamma \rightarrow \min$ . Рассчитанный в этом случае управляющий комплекс факторов действительно обеспечит при тех же условиях получение минимально возможного значения  $\gamma_{\min} = 190$  \$/т, но при этом урожайность пшеницы будет иметь относительно невысокое значение, например,  $V = 37$  ц/га.

*Многокритериальная оптимизация* «активно использует» все параметры оптимизации. Один из них играет роль целевой функции, а на другие накладываются приемлемые ограничения. В качестве целевой функции, для рассматриваемого выше примера, выберем урожайность пшеницы  $V \rightarrow \max$ , а на уровень удельных затрат наложим приемлемое для фермера ограничение  $\gamma \leq 195$  \$/т. По-

иск оптимального решения даст максимальное значение урожайности  $V_{\max} = 48$  ц/га, но уровень удельных затрат  $\gamma = 195$  \$/т. Несложные подсчеты показывают, что в последнем случае прибыль фермера будет наибольшей из всех 3-х рассматриваемых случаев. Добиться того, чтобы урожайность пшеницы была максимальной, а удельные затраты минимальными одновременно, концептуально невозможно, так как эти параметры оптимизации имеют конфликтующий характер изменения. Следует обратить внимание на то, что полученные параметры при многокритериальной оптимизации меньше своих аналогичных оптимальных значений при однофакторной оптимизации. Урожайность при многокритериальной оптимизации составила 48 ц/га, и это меньше максимальной урожайности при однофакторной оптимизации  $V_{\max} = 53$  ц/га. Уровень удельных затрат при многокритериальной оптимизации составил  $\gamma = 195$  \$/т, и это больше минимального уровня удельных затрат при однофакторной оптимизации  $\gamma_{\min} = 190$  \$/т.

Проиллюстрируем пример, когда ошибочная цель при производстве зерна чуть было, не привела к существенному ослаблению продовольственной безопасности большой страны. В таблице 1 приведены данные по производству зерна в Китае (2015 год). Из данных таблицы, с учетом того, что в Китае традиционно меньше употребляют мясомолочных продуктов (поэтому меньше зерна идет на фураж), чем в Европе видно, что по основным видам зерна продовольственная безопасность страны обеспечена (исключение составляет производство сои). В стране была поставлена цель любым путем добиться производства максимального количества зерна (на языке математики была использована однофакторная оптимизация, а в качестве целевой функции  $V \rightarrow \max$ ).

Таблица 1 – Производство и импорт зерна Китая, млн. т

Культура	Рис	Пшеница	Кукуруза	Соя
Объем производства	200	140	220	12
Чистый импорт	3	3	5	82

Поставленная цель: валовое производство риса, пшеницы и кукурузы была достигнута. Однако, следует, сказать, что Китай явля-

ется членом ВТО, и, следовательно, его рынок открыт для других стран, в частности США, который является крупнейшим мировым экспортером зерна. В таблице 2 приведена стоимость зерна, произведенного в США и в Китае. В результате китайским потребителям зерна для производства продуктов питания в своей стране стало выгоднее покупать американское зерно, так как оно оказалось на 100 \$/т дешевле зерна китайского производства. Ситуация могла закончиться весьма драматично, так как китайское зерно осталось невостребованным, и объем его производства стал сокращаться. Отчасти ситуацию спасло то обстоятельство, что обеспечить зерном все население Китая численностью в 1.4 млрд. человек, не под силу даже такому мощному экспортеру, как США. Сейчас перед фермерами Китая поставлена математически более грамотная задача: при сохранении такого же валового объема производства зерна минимум в 2 раза снизить уровень удельных затрат.

Таблица 2 – Стоимость зерна в США и Китае, 2015 год, \$/т

Страна-производитель зерна	Кукуруза	Пшеница	Соя
Цена зерна США в США	200	200	400
Цена зерна США в Китае	300	300	500
Цена зерна Китая в Китае	400	400	650

Рассмотрим подробно суть моделирования и многокритериальной оптимизации для повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Первое с чего следует начинать – выбор параметров оптимизации, адекватно характеризующих функционирование технической системы. Полный комплекс параметров оптимизации можно разделить на две группы; активные, которые принимает участие в многокритериальной оптимизации, и пассивные, которые позволяют получить вспомогательную количественную информацию, также характеризующую функционирование технической системы. Полный комплекс параметров оптимизации обусловлен, как правило, рынком, который в контексте данной работы аккумулирует в себе все многообразие потребительских, природных, отраслевых, производственных, экологических, социальных и политических условий. Следующий этап – выбор комплекс управляющих факторов. Управ-

ляющие факторы должны, во-первых, удовлетворять требованиям взаимонезависимости, управляемости и измеряемости, и, во-вторых, однозначно определять значения выбранных параметров оптимизации. Третий этап заключается в моделировании технических систем, или на языке математике – нахождение зависимости параметров оптимизации от управляющих факторов. Система уравнений, полученных в результате моделирования технической системы, представляет собой модель эксплуатации, которая является теоретическим вариантом натуральных испытаний. Четвертый этап – разработка критерия работоспособности состоящего из параметров оптимизации, факторных ограничений, функциональных ограничений на параметры оптимизации и целевую функцию, за которую принимается один из параметров оптимизации. На этом этапе через факторные и функциональные ограничения, а также через целевую функцию осуществляется включение требований рынка в систему науки. Полученная система математических уравнений и неравенств (критерий работоспособности) решается методами компьютерной математики, например, в MS Excel или Mathcad (поиск решений). На практике для более полного изучения функционирования технической системы полезно для одной той же целевой функции использовать различный комплекс ограничивающих значений. Кроме того, весьма полезно попробовать провести многокритериальную оптимизацию, используя для этого различные целевые функции. Приведем несколько примеров.

*Растениеводство.* В качестве примера рассмотрим формирование комплекса машин для производства зерновых культур (например, производство озимой пшеницы).

*1-й этап – выбор параметров оптимизации:*

$\varepsilon$  – удельные затраты, Дж/т;

$U$  – урожайность зерновой культуры, т/га;

$W$  – производительность труда, т/ч-ч.

Выбор приведенных параметров оптимизации обусловлен тем, что они по своей природе носят конфликтующий характер, и все-сторонне описывают агротехнический процесс производства зерновой культуры.

*2-й этап – выбор управляющих факторов:*

$x_1, x_2$  – агросроки вспашки и уборки, дн;

$z_1, z_2$  – мощность двигателей трактора и комбайна, кВт.

Самое главное, что все управляющие факторы являются взаимозависимыми.

*3-й этап – моделирование технической системы:*

$\varepsilon = \varepsilon(x_1, x_2, z_1, z_2)$  – удельные затраты, Дж/т;

$U = U(x_1, x_2, z_1, z_2)$  – урожайность зерновой культуры, т/га;

$W = W(x_1, x_2, z_1, z_2)$  – производительность труда, т/ч-ч.

Кроме уравнений, отражающих зависимость активных параметров оптимизации от управляющих факторов, необходимо также получить зависимость пассивных параметров оптимизации от управляющих факторов, что позволит рассчитать, например, комплекс машин.

*4-й этап – многокритериальная оптимизация.*

В таблице 3 показаны примеры построения критериев работоспособности технической системы, позволяющие найти для каждого критерия свой оптимальный комплекс управляющих факторов, который позволяет рассчитать свой оптимальный комплекс активных и пассивных параметров оптимизации.

Таблица 3 – Примеры критерия работоспособности в растениеводстве.

Критерий 1	Критерий 2	Критерий 3
$\varepsilon(x_1, x_2, z_1, z_2) \rightarrow \min$	$\varepsilon(x_1, x_2, z_1, z_2) \leq \varepsilon_0$	$\varepsilon(x_1, x_2, z_1, z_2) \leq \varepsilon_0$
$U(x_1, x_2, z_1, z_2) \geq U_0$	$U(x_1, x_2, z_1, z_2) \rightarrow \max$	$U(x_1, x_2, z_1, z_2) \geq U_0$
$W(x_1, x_2, z_1, z_2) \geq W_0$	$W(x_1, x_2, z_1, z_2) \geq W_0$	$W(x_1, x_2, z_1, z_2) \rightarrow \max$
$x_{1\min} \leq x_1 \leq x_{1\max}; \quad x_{2\min} \leq x_2 \leq x_{2\max}; \quad z_{1\min} \leq z_1 \leq z_{1\max}; \quad z_{2\min} \leq z_2 \leq z_{2\max}$		

*Животноводство.* Аналогичный пример по моделированию и многокритериальной оптимизации приведем из области молочного животноводства. Однако, прежде чем привести данные, аналогичные данным по растениеводству, следует сказать несколько слов об особенностях молочном животноводства Беларуси в настоящее время. Начиная с 2010 года темпы роста удоев, являющихся важнейшим количественным показателем эффективности молочной отрасли, значительно снизились, и наступил период насыщения. Те мероприятия, которые в первом десятилетии XXI века позволили увеличить молочную продуктивность стада, перестали «работать». Теоретики социальной функции науки Бернал и Прайс разработали количественные критерии, позволяющие объяснить подобные закономерности, характерные для различных этапов научно-

технического прогресса. Согласно Д. Прайсу [3] поступательное развитие технологии представляет собой последовательность периодов, каждый из которых характеризуется экспоненциальным ростом, перегибом и выходом на насыщение [3]. На рисунке 3 показана характерная временная зависимость процессов, которые исчерпали свой потенциал.

Очередной экспоненциальный рост на новом витке развития возможен только при условии, что он подпитывается принципиально новыми знаниями, и, как правило, из смежных областей науки. Нисколько не умаляя значимости селекционной работы и процессов сбалансированного кормления, улучшения санитарно-гигиенических условий содержания животных в коровнике и зооветеринарной профилактики можно утверждать, что в настоящее время процесс машинного доения является самым узким местом молочного животноводства.

Самое убедительное доказательство этого утверждения – высокий уровень заболеваемости коров маститом до 30 %, недопустимо низкая жирность молочного сырья 3,4 %, относительно невысокий удой 4,7 т/гол/год. Поэтому процесс машинного доения, именно в настоящее время, играет ключевую роль в повышении молочной продуктивности, так как если процесс и доильное оборудование неэффективны, то генетический потенциал, кормление и условия преддоильного содержания коров не имеют решающего значения.

Отличительная особенность нового этапа развития молочной отрасли в Беларуси заключается в том, что новый этап в развитии молочного животноводства может быть решен только путем *инновационной модернизации*. Перспективным направлением инновационной модернизации процесса машинного доения в настоящее время является привнесение в него новейших научных знаний, выработанных в молекулярной биологии о гормональной природе молоковыведения. Необходимо, чтобы новый процесс машинного доения был «подстроен» под генетическую программу молоковыведения, созданную в процессе эволюции этого вида животных на протяжении 40 миллионов лет [4]:

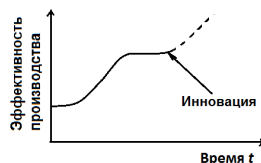


Рисунок 3. – Характерные этапы научно-технического прогресса

1) переход альвеолярного молока в цистерну вымени (это 80 % удоя), возможен *только* при наличии в крови животных гормона окситоцин, который, воздействуя на гладкую мускулатуру альвеол, «отжимает» молоко в цистерну вымени. Время действия гормона окситоцин для коров черно-пестрой породы в Беларуси составляет 4 – 5 мин;

2) стресс во время доения сопровождается выделением в кровь гормона адреналин, который блокирует действие окситоцина и, следовательно, препятствует молоковыведению;

3) первые порции альвеолярного молока содержат менее 1 % жира, последние порции молока содержат до 20 % жира;

4) полнота альвеолярного выдаивания помимо того, что обеспечивает максимальный удой и высокую жирность молока, стимулирует секрецию молокообразования, увеличивая лактационный период. В противном случае, остаточное альвеолярное молоко через обратную протеиновую связь запускает механизм, снижающий лактационную секрецию, что приводит к преждевременному самозапуску.

Очевидно, что *инновационная модернизация* процесса машинного доения не может осуществляться «вслепую». Необходим критерий, позволяющий количественно определять эффективность инновации. В качестве критерия эффективности молочной отрасли нами предложен уровень удельных затрат, равный отношению общих затрат к единице нормализованного продукта [5]

$$\gamma = \frac{\beta(1 + n_0/n) \cdot E(N_k)}{\alpha W_k(1 - \delta) \cdot N_k}, \quad (2)$$

где  $\gamma$  – уровень удельных затрат, ГДж/т;  $n_0$  – время выращивания ремонтного молодняка, лет;  $n$  – среднее продуктивное долголетие животных, лет;  $E(N_k)/N_k$  – общие затраты, ГДж/гол/год;  $\alpha$  – коэффициент, пропорциональный жирности молока;  $\beta$  – коэффициент, пропорциональный концентрации соматических клеток;  $W_k$  – средний удой лактирующих коров в стаде, т/гол/год;  $\delta$  – доля маститных коров, временно исключенных из технологического процесса.

Введенный критерий не зависит от рыночной конъюнктуры и потому отражает *технологический интеллект* молочной отрасли любой страны мира. Критерий отражает основной ресурс – здоровье животных (продуктивное долголетие  $n$ ; сорт молока  $\beta$ , определяемый содержанием соматических клеток – важнейший показатель мастита).

Следует отметить, что повышение суточного удоя, жирности и сортности молока, продуктивного долголетия коров, а также уменьшение доли животных болеющих маститом при неизменном рационе кормления, в значительной степени, зависит от совершенства процесса машинного доения. В настоящий момент уровень удельных затрат в молочном животноводстве Беларуси составляет 19 ГДж/т (для сравнения в Германии – 13 ГДж/т, Новой Зеландии – 10 ГДж/т).

Сформулируем этапы моделирования и многофакторной оптимизации для физиологически-щадящего процесса машинного доения.

*1-й этап – выбор параметров оптимизации:*

$\gamma$  – уровень удельных затрат (см. уравнение (2)), Дж/т;

$Y_1$  – электропроводимость молока (параметр качества), См/м;

$Y_2$  – скорость доения, кг/мин;

$Y_3$  – суточный удой (параметр количества), кг/сут;

В данной работе процесс машинного доения характеризуется 4 параметрами оптимизации:  $\gamma$  – уровень удельных затрат, который в конечном итоге дает оценку эффективности инновационной модернизации процесса машинного доения;  $Y_1$  – электропроводимость молока характеризует качество молока, так как зависит от содержания жира в молоке и концентрации соматических клеток. Чем выше жирность молока и ниже концентрация соматических клеток, тем меньше электропроводимость молока. Значение  $Y_1$  для молока сорта «Экстра»  $Y_1 \leq 0,44$  См/м (жирность  $\geq 5\%$ , концентрация соматических  $\leq 3 \cdot 10^5$  см<sup>-3</sup>). При концентрации соматических клеток  $\geq 7 \cdot 10^5$  см<sup>-3</sup> (клинический или субклинический мастит)  $Y_1 \geq 0,8$  См/м, и такое молоко в пищу не используется,  $Y_2$  – скорость машинного доения, определяемая суточным удоем и временем действия гормона окситоцин:  $Y_3$  – суточный удой, характеризует количество произведенного молока.

*2-й этап – выбор управляющих факторов:*

$\Delta P$  – вакуумное разрежение в доильном аппарате, 0,40 – 0,48 кПа;

$t$  – время доения, 4 – 5 мин (должно совпадать со временем действия окситоцина);

$\tau$  – температура лактации, 0 – 20 °С;

3-й этап – моделирование технической системы:

$\gamma = \gamma(\Delta P, t, \tau)$  – удельные затраты, Дж/т;

$Y_1 = Y_1(\Delta P, t, \tau)$  – электропроводимость (качество молока), См/м;

$Y_2 = Y_2(\Delta P, t, \tau)$  – скорость доения, кг/мин;

$Y_3 = Y_3(\Delta P, t, \tau)$  – суточный удой (количество молока), кг/сут;

4-й этап – многокритериальная оптимизация:

В общем случае для создания эффективного процесса машинного доения было бы очень хорошо найти такой комплекс факторов, при котором  $\gamma \rightarrow \min$ , (высокое качество молока),  $Y_2 = Y_{2\text{опт}}$ ,  $Y_3 \rightarrow \max$  (высокий суточный удой). Но с точки зрения математики, если параметры оптимизации носят конфликтующий характер, такой вариант невозможен. В таблице 4 приведены примеры построения критериев работоспособности процесса машинного доения, позволяющие найти оптимальный комплекс управляющих факторов и оптимальный комплекс параметров оптимизации.

Таблица 4 – Пример критерия работоспособности в области животноводстве

Критерий 1	Критерий 2	Критерий 3
$\gamma = \gamma(\Delta P, t, \tau) \rightarrow \min$	$\gamma = \gamma(\Delta P, t, \tau) \leq \gamma_0$	$\gamma = \gamma(\Delta P, t, \tau) \leq \gamma_0$
$Y_1(\Delta P, t, \tau) \leq Y_{10}$	$Y_1(\Delta P, t, \tau) \rightarrow \min$	$Y_1(\Delta P, t, \tau) \leq Y_{10}$
$Y_{2\min} \leq Y_2(\Delta P, t, \tau) \leq Y_{2\max}$	$Y_{2\min} \leq Y_2(\Delta P, t, \tau) \leq Y_{2\max}$	$Y_{2\min} \leq Y_2(\Delta P, t, \tau) \leq Y_{2\max}$
$Y_3(\Delta P, t, \tau) \geq Y_{30}$	$Y_3(\Delta P, t, \tau) \geq Y_{30}$	$Y_3(\Delta P, t, \tau) \rightarrow \max$
$\Delta P_{\min} \leq \Delta P \leq \Delta P_{\max}$ ; $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$ ; $\tau_{\min} \leq \tau \leq \tau_{\max}$		

В результате многокритериальной оптимизации физиологически-щадящего процесса машинного доения был рассчитан оптимальный комплекс факторов, который для всех 3-х критериев работоспособности оказался одинаковым?! Сравним с примером по растениеводству. Это математически маловероятный случай, но это означает, что в данном случае все 4 параметра оптимизации носят непротиворечивый характер. Но, если проанализировать физиологически-щадящий процесс машинного доения, то полученный результат является вполне логичным следствием. Дело в том, полное извлечение молока из альвеол обеспечивает и максимально возможный удой  $Y_3 = Y_{3\max}$ , и максимально возможную жирность молока одновремен-

но  $Y_1 = Y_{1\min}$  (высокое значение коэффициента  $\alpha$ , см. уравнение (2)). Если учесть, что выдаивание происходит только при наличии гормона окситоцин в крови животных, то есть процесс молоковыведения является щадящим, не травмирующим нежную плоть животных, и, следовательно, концентрация соматических клеток в молоке минимальна (низкое значение коэффициента  $\beta$ , см. уравнение (2)), что обеспечивает хорошее здоровье животных, которое выражается в снижении заболеваемости коров маститом  $\delta$  и увеличении срока продуктивного долголетия  $n$ . Увеличение удоя ( $W_k$ ), коэффициента  $\alpha$  и продуктивного долголетия  $n$ , уменьшение коэффициентов  $\beta$  и  $\delta$  позволило в 2,2 раза снизить уровень удельных затрат  $\gamma$  до 19 ГДж/т при тех же общих удельных затратах (см. уравнение (2)) [5]. На рисунке 4 [6] приведена количественная информация, подтверждающая выше сказанное. Тот факт, что при скорости молоковыведения 2,2 кг/мин одновременно достигаются и минимум параметра  $Y_1$  (высокое качество молока), и максимум параметра  $Y_3$  (высокие удои), является косвенным доказательством того, при выбранной скорости удалось обеспечить равенство времени доения и времени активного действия гормона окситоцин в организме животных. При скорости доения 2,2 кг/с и разовом удое 10 кг время доения составило 4,5 мин, что *косвенно* подтверждает тот факт, что время активного действия гормона окситоцин находится в пределах 4–5 мин [4]. Измерение времени активного действия гормона окситоцин, который является объектом исследований молекулярной биологии, впервые «измерено» технологом при анализе экспериментальных данных по физиологически-щадящему процессу машинного доения.

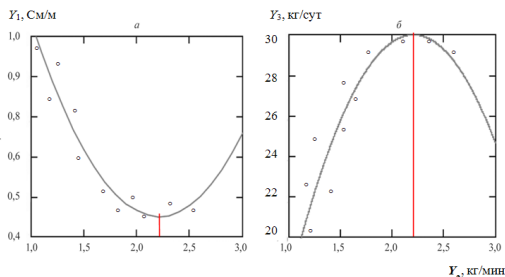


Рисунок 4. – Зависимость параметров, отражающих количество и качество молока, от скорости молоковыведения в физиологически-щадящем процессе машинного доения

## Заключение

1. Моделирование и многокритериальная оптимизация является эффективным инструментом создания сложных технических систем, в том числе и в области сельского хозяйства. Созданный критерий работоспособности выполняет ключевую методологическую роль в создании технических систем, так как обеспечивает включение рыночных требований в систему прикладных научных исследований. Наиболее эффективным способом снижения уровня удельных затрат является повышение урожайности растений или продуктивности животных.

2. Создание новых технических систем эффективно только путем инновационной модернизации. Конечно, традиционная модернизация также необходима для научно-технического прогресса, так как плохое исполнение дискредитирует хорошую идею, но все-таки традиционная модернизация, это удел инженеров, а инновационная модернизация это удел ученых!

3. Можно смело утверждать, что XXI век пройдет под знаменем внедрения в различные области сельского хозяйства знаний, полученных в молекулярной биологии по самоорганизации биологических систем. Это можно сравнить с внедрением электронной теории в технологию металлов в XX веке.

### Список использованных источников

1. Steuer R.E. Multiple Criteria Optimization: Theory, Computations, and Application. – New York: John Wiley & Sons, Inc. – ISBN 047188846X.

2. Sawaragi Y. Theory of Multiobjective Optimization (vol. 176 of Mathematics in Science and Engineering). – Orlando, FL: Academic Press Inc. – ISBN 0126203709.

3. Price, D. Little Science, Big Science. New York, 1963. (Перевод: Прайс, Д. Малая наука, большая наука / Д. Прайс // Наука о науке. – М.: Прогресс, 1966. – С. 281 – 384.

4. Грачев, И.И. Физиология лактации сельскохозяйственных животных / И.И. Грачев // М.: Колос, 1974. – 280 с.

5. Китиков, В.О. Стратегическое направление развития машинного доения коров / В.О. Китиков, А.Н. Леонов // Вес. Нац. навук. Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2013. – № 4. – С. 91 – 104.

6. Леонов А.Н. Оптимизация процесса машинного доения / А.Н. Леонов, В.О. Китиков // Вес. Нац. навук. Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2014. – № 1. – С. 93 – 100.

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПОЧВОЩАДЯЩИХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ**

А.Н. Орда, д.т.н., профессор, В.А. Шкляревич  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Известно, что почвы республики Беларусь обладают неблагоприятными агрофизическими свойствами. Проблема ухудшения физико-механических и биологических свойств почвы усугубляется ее переуплотнением от воздействия ходовых систем мобильной сельскохозяйственной техники. Так, плотность пахотных слоев почвы под воздействием ходовых систем машинно-тракторных агрегатов возрастает до  $1550 \text{ кг/м}^3$ , в то время как оптимальная плотность для возделывания сельскохозяйственных культур составляет –  $1000\text{-}1300 \text{ кг/м}^3$ . Плотность подпахотных слоев почвы достигает величины –  $1650 \text{ кг/м}^3$ , близкой к критической [1]. Чрезмерное уплотнение почвы приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, повышению затрат энергии и расхода топлива, уменьшению производительности для технологических операций, связанных с обработкой почвы.

Помимо радикальных средств снижения давления на почву, заключающихся в создании принципиально новых типов ходовых систем, значительного эффекта снижения уплотнения почвы можно добиться оптимизацией параметров и компоновки ходовых систем, режимов работы машинно-тракторных агрегатов, учитывающих тип и состояние почвенного агрофона.

Имеющиеся к настоящему времени результаты экспериментальных и теоретических исследований зачастую указывают на противоречивость данных по воздействию на почву ходовых систем машинно-тракторных агрегатов [2].

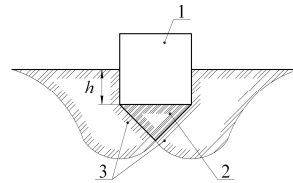
Цель работы – разработка методики расчета параметров ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, обеспечивающих их допустимый уровень воздействия на почву, на основании установленных

зависимостей между напряжением и осадкой почвы, являющихся результатом уплотняющего воздействия и учитывающих форму и размеры деформатора, а также тип и состояние почвенного агрофона.

### Основная часть

При деформировании почвы происходят смещения и разрушения частиц и структурных агрегатов, выжимание воды и воздуха из пор. Относительная доля того или иного из приведенных выше явлений зависит от состояния почвы. Имеющиеся сдвиги частиц и разрушение структурных элементов определяют собой необратимые деформации, а сжатие воды и защемленных объемов воздуха – упругие.

Осадка почвы растет не только из-за уплотнения, но и в результате выдавливания частиц из-под штампа в окружающую среду. Сжатие сопровождается образованием уплотненной зоны, имеющей форму конуса – ядро уплотнения, основанием которого служит опорная поверхность штампа (рисунок 1).



1 – штамп; 2 – ядро уплотнения;  
3 – поверхности сдвига и скольжения  
почвы

Рисунок 1. – Образование ядра  
уплотнения при вдавливании  
штампа в почву

С окончанием образования уплотненной зоны возникает устойчивое движение частиц почвы около штампа по поверхностям скольжения, сжимающее усилие при дальнейшем погружении его в почву практически не увеличивается. Давление, с которым штамп действует в этом случае на почву, достигает предела несущей способности почвы [3].

В земледельческой механике наибольшее распространение находят следующие зависимости между напряжением сжатия почвы  $\sigma$  и осадкой штампа  $h$  [3]:

$$\sigma = k h, \quad (1)$$

$$\sigma = p \frac{P}{A} h, \quad (2)$$

$$\sigma = c h^m, \quad (3)$$

$$\sigma = c_0 \varepsilon^m, \quad (4)$$

$$\sigma = p_0 \left(1 - e^{-h/k_0}\right), \quad (5)$$

$$\sigma = p_0 \left(1 - e^{-L\varepsilon}\right), \quad (6)$$

$$\sigma = p_0 th \left( \frac{k}{p_0} h \right), \quad (7)$$

$$\sigma = \frac{p_0}{1 + c e^{-c_1 p_0 h}}, \quad (8)$$

где  $k$  – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м<sup>3</sup>;  $\bar{p}$  – среднее удельное давление, Па;  $P$  – периметр опорной площади, м;  $A$  – площадь опорной поверхности, м<sup>2</sup>;  $c$  – константа;  $\mu$  – 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;  $c_1$  – константа.

К недостаткам линейной (1) и степенной (3) функций следует отнести то, что в них не отражена физическая сущность деформации почвы. Линейная зависимость приводит к якобы непрерывному и беспредельному росту сопротивления сжатию с увеличением деформации. Степенная функция имеет, с одной стороны, тот же недостаток, с другой – приводит к маловероятному выводу о бесконечно большой интенсивности нарастания напряжения в начале процесса сжатия.

Зависимость (2), предложенная Ф.А. Опейко [4], может применяться при давлениях, не превышающих 30–40 кПа. В зависимости (4), предложенной С.С. Саакяном абсолютная деформация заменена относительной, благодаря чему константа  $c_0$  имеет постоянную размерность. Однако зависимость (4) не устраняет недостатков формулы (3).

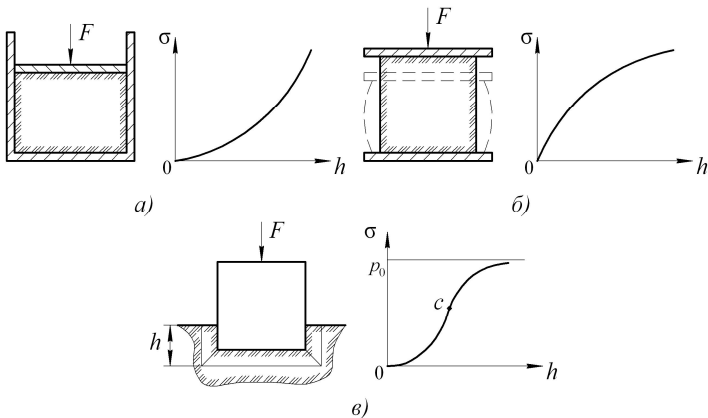
Теоретически более обоснованы формулы (5) и (6), предложенные С.С. Корчуновым и М.Н. Троицкой. Однако их можно получить из преобразований предложенной В.В. Кацыгиным зависимости (7), которая получена в результате более общего предположения о характере изменения свойств почвы при деформации. Анализ зависимости (8), предложенной Г.И. Покровским показал, что кривая, построенная на ее основании, симметрична относительно точки ее перегиба [5].

Все рассмотренные зависимости (1)–(8) не отображают того многообразия почвенных условий, которые имеют место при эксплуатации мобильных сельскохозяйственных машин и применимы лишь в частных случаях при соблюдении определенных условий.

Для того, чтобы перейти к изучению сжатия массива почвы под воздействием ходовых систем машинно-тракторных агрегатов вначале рассмотрим деформацию изолированных образцов почвы [2].

При сжатии почвы в жесткой обойме (компрессионное сжатие) зависимость между напряжением и осадкой штампа имеет вогнутый характер относительно оси абсцисс (рисунок 2, а). При неограниченном увеличении напряжения деформация почвы имеет определенный предел. Зависимость между напряжением и деформацией почвы при сжатии образца с возможностью бокового расширения описывается выпуклой кривой (рисунок 2, б).

При вдавливании же штампа в массив почвы одновременно происходят процессы сжатия почвы и сдвига ее в стороны от вертикальной оси, объединяющие оба рассмотренных выше вида деформации почвы и описываемые зависимостями (7) и (8). Поэтому путем объединения и обобщения обеих указанных деформаций установлено [6], что кривая вдавливания имеет сложный вогнуто-выпуклый (S-образный) характер (рисунок 2, в).



а – компрессионное сжатие; б – сжатие с возможностью бокового расширения;

в – вдавливание штампа в массив почвы

Рисунок 2 – Сопrotивление почвы при деформации

Для того чтобы можно было применить закономерности деформирования почвы штампом применительно к качению движителя, применяются следующие допущения [7].

1. Сила реакции почвы на элементе поверхности колеса проходит через его ось и равна напряжению  $\sigma$ , умноженному на площадь элемента  $dA$ .

2. Напряжение  $\sigma$  под колесом равно напряжению под штампом, вдавленным в почву на глубину, на которой находится рассматриваемый элемент поверхности колеса (рисунок 3).

При выполнении данных допущений можно применять более обобщенные зависимости между напряжением  $\sigma$  и осадкой штампа  $h$  (7) и (8) для определения напряжений в размеченных точках контакта движителя с почвой.

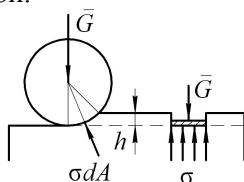


Рисунок 3 – Схема деформирования почвы колесом и штампом

На основании проведенных теоретических исследований и преобразований закономерностей (7) и (8) получены зависимости, которые процесс осадки почвы под воздействием движителя описывают кривой вдавливания (рисунок 4), состоящей из вогнутого и выпуклого участков.

Так, зависимость напряжения от осадки почвы (глубины следа) в первой стадии, характеризуемой вогнутым участком кривой, имеет вид [6]:

$$\sigma_1 = \sigma_y - \frac{k_m h_y}{\text{Arch} \sqrt{\frac{k_m}{k_0}}} \text{th} \left( \frac{h_y - h}{h_y} \text{Arch} \sqrt{\frac{k_m}{k_0}} \right), \quad (9)$$

где  $\sigma_y$  – сопротивление вдавливанию в точке перегиба кривой, Па;  $k_m$  – коэффициент объемного смятия почвы в точке перегиба  $C$ , Н/м<sup>3</sup> (равен тангенсу угла  $\alpha_{max}$ );  $h_y$  – деформация почвы в точке перегиба  $C$ , м.

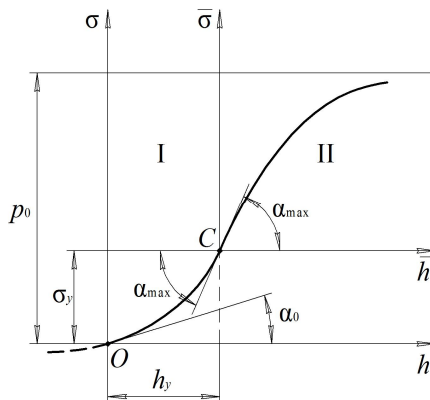


Рисунок 4. – Зависимость между напряжением и осадкой почвы

Для выпуклого участка кривой зависимость между напряжением и осадкой почвы выражается следующим образом [6]:

$$\sigma_2 = \sigma_y + (p_0 - \sigma_y)th \frac{k_m}{p_0 - \sigma_y} (h - h_y). \quad (10)$$

где  $\sigma_2$  – сопротивление вдавлению деформатора во второй стадии, характеризуемой выпуклым участком кривой, Па.

Полученные закономерности, отражающие зависимость напряжения почвы (давления движителя на почву) от ее осадки (глубины следа), целесообразно использовать при определении основных показателей и параметров, позволяющих оценить степень уплотняющего воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву.

Так, плотность почвы с одинаковыми по глубине физико-механическими свойствами в следе после прохода движителя определяется по формуле [2]:

$$\rho = \rho_0 \left( 1 + \frac{\beta}{k} \sigma \right), \quad (11)$$

где  $\rho_0$  – плотность верхнего слоя почвы до нагружения, кг/м<sup>3</sup>;  $\beta$  – коэффициент распределения напряжений в почве, зависящий от свойств почвы и размеров колесного движителя [8], м<sup>-1</sup>.

Полученное по формуле (11) значение плотности почвы можно сравнить либо с ее допустимым значением либо с оптимальной плотностью, необходимой для возделывания определенной сельскохозяйственной культуры.

Глубина проникновения деформаций почвы под воздействием колесных движителей определяется по зависимости [2]:

$$x_h = \frac{1}{\beta} \ln \left( \frac{\sigma}{\sigma_{\text{упр}}} \right), \quad (12)$$

где  $\sigma_{\text{упр}}$  – напряжение, которое соответствует условиям развития в зоне его действия только упругих деформаций почвы, Па. Его значение обусловлено свойствами почвы и колеблется в пределах 5-20 кПа.

Допустимое давление движителя на почву  $q_{\text{доп}}$  может быть несколько больше, чем допустимое напряжение в контакте колеса с почвой  $\sigma_{\text{доп}}$ . Это объясняется тем, что при движении машинно-тракторного агрегата с определенной скоростью  $\mathcal{V}$  движитель не успевает полностью погрузиться в почву на глубину, соответствующую давлению  $q$ . Зная величину  $\sigma_{\text{доп}}$  допустимое давление движителя на почву находится по зависимости [8]:

$$q_{\text{доп}} = \sigma_{\text{доп}} \left( 1 + \frac{k_{\mathcal{V}} \cdot \mathcal{V}}{l_x} \right), \quad (13)$$

где  $k_{\mathcal{V}}$  – опытный коэффициент,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\mathcal{V}$  – скорость движения, м/с;  $l_x$  – проекция длины опорной поверхности колеса на горизонтальную ось, м.

Предложенные закономерности (11), (12) и (13), составляющими которых являются зависимости напряжения от осадки почвы (9) и (10), позволяют определить параметры ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, обеспечивающие их допустимый уровень воздействия на различную по свойствам почву.

### Заключение

1. На основании закономерностей деформации почвы штампом получены зависимости напряжения сжатия от осадки почвы для двух стадий, которые описывают более общий случай деформирования почвы по сравнению с рассмотренными закономерностями и графически описываются S-образной кривой. График этой зависимости, имеющий вогнутый и выпуклый участки, является ассиметричным относительно точки его перегиба.

2. Полученные зависимости напряжения сжатия от осадки почвы при определенных допущениях применимы к описанию процессов, имеющих место при взаимодействии движителей мобильной сельскохозяйственной техники с почвой.

3. На основании полученных зависимостей напряжения сжатия от осадки почвы предложены закономерности, описывающие процессы слеодообразования, позволяющие определить параметры ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, обеспечивающие допустимый уровень их воздействия на различные почвенные агрофоны.

### **Список использованной литературы**

1. Афанасьев, Н.И. Влияние уплотнения машинно-тракторными агрегатами на свойства, режимы почвы и урожай сельскохозяйственных культур: Дерново-подзолистые почвы Белоруссии / Н.И. Афанасьев, И.И. Подобедов, А.Н. Орда // Переуплотнение пахотных почв: Причины, следствия, пути уменьшения. – М.: Наука, 1987. – с. 46-59.

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. Опейко, Ф.А. Торфяные машины / Ф.А. Опейко. – Минск: Вышэйшая школа, 1968. – 408 с.

5. Бойков, В. Обоснование зависимости между сжимающими напряжениями и осадкой почвы / В. Бойков, Ч. Жданович, А. Орда // Y Miedzynarodowe sympozjum Ekologiczne aspekty mechanizacji nawozienia, ochrony roslyn i uprawy gleby. – Warszawa, 1998. – S. 161-168.

6. Орда, А.Н. Закономерности деформирования почв под воздействием колес сельскохозяйственной техники // А.Н. Орда, В.А. Шкляревич А.С. Воробей. – Известия НАН РБ, № 1. – 2015. С. 98-104.

7. Кулен, А. Современная земледельческая механика / А. Кулен, Х. Купперс. – Москва, Агропромиздан, 1986. – 350 с.

8. Кацыгин, В.В. Почводающие ходовые системы / В.В. Кацыгин, А.Н. Орда // Тягово-энергетические мобильные средства для сельскохозяйственного производства. – Минск, 1985. – С. 16-27.

**СЕКЦИЯ 1**  
**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В СЕЛЕКЦИОННОЙ**  
**РАБОТЕ, КОРМЛЕНИИ И СОДЕРЖАНИИ**  
**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ**

УДК 636.2.03:628.8

**ВЛИЯНИЕ ТИПОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**  
**ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ**  
**НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА**  
**В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА**

В.Н. Тимошенко, д.с.-х. н., профессор, А.А. Музыка, к.с.-х. н.,  
доцент, А.А. Москалев, к.с.-х. н., С.А. Кирикович, к.с.-х. н.,  
Л.Н. Шейграцова, к.с.-х. н., Н.Н. Шматко, к.с.-х. н.,  
М.П. Пучка, к.с.-х. н., М.В. Тимошенко, к.э.н.  
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,*  
*г. Жодино, Республика Беларусь*

**Введение**

Животноводческая ферма представляет собой весьма сложную биотехническую систему, в которой животные выступают не только как средство переработки корма в конечную продукцию, но и как средство воспроизводства стада. В этой системе технологии содержания и обслуживания животных, машины и помещения, т.е. технологические, технические и объемно-планировочные решения, составляют единое целое.

Оптимальному сочетанию факторов микроклимата, определяющему нормальное течение физиологических процессов влияющему на резистентность организма животных и распространение болезней, необходимо уделять особое внимание. 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.

Нарушение нормативных параметров микроклимата приводит к снижению молочной продуктивности коров на 7...8% и увеличению потребления кормов на единицу продукции до 25...30% [1, 2, 3].

Целью наших исследований явилось изучение показателей микроклимата в животноводческих помещениях с различными конструктивными решениями в разные сезоны года.

### **Основная часть**

Исследования проведены в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смоленского 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).

Содержание дойных коров на всех вышеперечисленных объектах групповое, беспривязное, боксовое, с организацией отдыха в индивидуальных боксах. В коровниках принято шестирядное расположение боксов с одним кормовым столом, размещенным в центральной части здания. Доеение коров предусмотрено в доильно-молочном блоке. Кормление животных проводится по рационам, применяемым в хозяйстве, в соответствии с нормами кормления. Раздача кормов производится с помощью мобильных кормораздатчиков-смесителей на кормовой стол. Уборка навоза в коровниках МТК «Березовица» производится скреперной системой, в зданиях МТФ «Жажелка» – бульдозером.

Представленные здания коровников – с ненормируемым микроклиматом. Помещения оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией с естественным побуждением воздуха - воздухообмен производится за счет естественного выхода теплого воздуха через свето-аэрационные коньки в покрытии коровника, тем самым исключается образование застойных зон и сквозняков и обеспечивается поступление света в коровник и притока свежего через имеющиеся проемы в здании, представленные системой штор, играющих функцию боковой вентиляции. В зимний период система штор закрывается, и оставляется небольшой проем вверху минимум 5 см для поступления свежего воздуха. 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.

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 (таблица 1).

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

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 °С, в зданиях из металлоконструкций без утепления

кровли – 15,2°C, в то время как в зданиях из металлоконструкций с утепленной кровлей при более оптимальных условиях микроклимата она равнялась 19,6°C или на 4,2 и 4,4°C соответственно, выше.

Относительная влажность воздуха в зданиях из сборных полурамных железобетонных конструкций в переходный период составила в торцовой 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 (таблица 2).

Таблица 2 – 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 в переходный период находилась практически на одном уровне: в торцовой части помещения в пределах 6,3-8,1°C, в центральной части – 6,7-8,7°C. 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 29,4°C.

Температура воздуха в зданиях из металлоконструкций без утепления кровли в летний период составила в торцовой части здания 29,1°C, в зданиях из сборных полурамных железобетонных конст-

рукций 29,4°С, что на 1,6 и 1,9°С выше по сравнению со зданиями из металлоконструкций с утепленной кровлей (таблица 3).

В центральной части здания разница по температуре воздуха составила, соответственно, 1,6 и 1,2°С. Наивысшая относительная влажность воздуха отмечена также в зданиях из металлоконструкций без утепления кровли и из сборных полурамных железобетонных конструкций.

Таблица 3 – Микроклимат животноводческих зданий в летний 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	29,4	29,1	27,5
Влажность воздуха, %	52,2	53,1	50,3
Скорость движения воздуха, м/с	0,11	0,42	0,46
Центральная часть зданий			
Температура воздуха, °С	29,5	29,9	28,3
Влажность воздуха, %	57,5	55,2	50,7
Скорость движения воздуха, м/с	0,07	0,43	0,44

В торцевой части этих здания данный показатель составил 53,1 и 52,2% или на 2,8 и 1,9% соответственно, выше, чем в зданиях с утепленной кровлей, в центральной части здания разница по относительной влажности составила 4,5 и 6,8%. Причиной этому послужило отсутствие утепления кровли в зданиях. В здании из сборных полурамных железобетонных конструкций была отмечена недостаточная подвижность воздушных масс: в торцевой части здания она составила 0,11 м/с, в центральной – 0,07 м/с. В зданиях из металлоконструкций скорость движения воздуха была на уровне 0,42-0,46 м/с.

Благодаря движению воздуха по помещению вместе с температурой и его влажностью в зданиях из металлоконструкций с утеп-

лением кровли в летний период создавались более комфортные условия для процессов жизнедеятельности животных. Так, в процессе движения воздух сменяет нагретую воздушную оболочку вокруг тела и оказывает охлаждающее действие, вызывая снижение температуры сначала на поверхности волосяного покрова, затем в толще его и на поверхности кожи (конвективная теплопередача). При этом усиливается отдача тепла и за счет испарения. Таким образом, при высоких температурах подвижный воздух предохраняет животных от перегревания.

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 32,1 до 33,7°C.

### **Заключение**

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: оптимизация объемно-планировочных, конструктивных и технологических решений коровников способствует нормализации среды обитания животных. В зимний, переходный и летний периоды исследования показателей микроклимата животноводческих помещений показали, что в здании из металлоконструкций с утепленной кровлей создается оптимальный микроклимат по температурно-влажностному режиму и обеспечиваются не только более комфортные для животных условия жизнеобеспечения, но и оптимальный режим работы технологического оборудования (системы навозоудаления и водопоения животных) по сравнению с обследованными животноводческими зданиями из сборных полурамных железобетонных конструкций и из металлоконструкций без утепления кровли.

### **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.
3. Егоров, Ю.Г. Зоогигиенические требования к строительству современных коровников / Ю.Г. Егоров, Н.И. Васильев. – 2011 г. – 24 с.

## **МИКРОКЛИМАТ В СВИНОВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ ДЛЯ РЕМОНТНЫХ СВИНОК И СВИНОМАТОК МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ**

Д.Н. Ходосовский, к.с.-х. н., доцент,  
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь*

### **Введение**

Неблагоприятные условия содержания являются одной из главных причин снижения продуктивности и сокращение сроков эксплуатации животных. Ветеринарная обстановка в промышленном свиноводстве в последнее время существенно усложнилась и вызвала необходимость перехода к безвыгульному содержанию маточного поголовья, что увеличило важность соблюдения нормативных параметров микроклимата на свинокомплексах [1-4].

Ввод в строй новых свинокомплексов и завоз из-за рубежа большого количества племенных свиней мясных пород требует тщательного изучения оптимальных температурных режимов при разведении животных, отличающихся по осаленности и интенсивности роста от свиней отечественной селекции. Имеются существенные отличия в рекомендациях зарубежных специалистов и действующими нормами. Наблюдаются также различия в рекомендациях по температурным режимам содержания животных в литературе и в повседневной практике зарубежного свиноводства. Взрослым свиноматкам в период супоросности достаточно 13-19 °С тепла, для ремонтного молодняка 18-22 °С (по РНТП-1-2004). Однако, при посещении свиноводческих ферм в Германии, Дании, Польше нами постоянно регистрировались случаи когда температура для этих групп животных составляла 23-25 °С. И по мнению владельцев свиноферм это помогало достигать высоких производственных результатов. Имеются различия в рекомендациях зарубежных ученых по этому вопросу [5-11].

Цель работы – изучить новые температурно-влажностные режимы при выращивании ремонтного молодняка и содержании свиноматок мясного направления продуктивности.

## Основная часть

Исследования проводились в условиях фермы «Пересады» филиала «Лощница» ОАО «Борисовский мясокомбинат» на ремонтных свинках, холостых и супоросных свиноматках. Для опыта отбирались двухпородные свиноматки и свинки сочетания йоркшир х ландрас. Изучалось влияние на продуктивность следующих температурных режимов: для холостых и супоросных свиноматок – 13-19 °С (контрольная группа), 15-21°С (I опытная группа), 17-23 °С (II опытная). При содержании ремонтного молодняка изучались три температурных режима – 18-22 °С (контрольная группа), 16-20 °С (I опытная группа) и 20-24 °С (II опытная).

Ремонтные свинки перед осеменением содержались в групповых клетках по 10-12 голов в каждой. Размеры клетки составляют 4,6х2,4 м. Общая площадь станка составляет 11 м<sup>2</sup>. Сплошная часть пола в станке занимает 8,4 м<sup>2</sup>. В секции располагается 40 станков для выращивания ремонтных свинок. Кормление осуществляется из одной самокормушки на станок. Подача свежего воздуха идет через крышные шахты и стеновые фрамуги, а удаление – одним стеновым вентилятором производительностью 20 тыс. м<sup>3</sup> воздуха. В холодный период года применяется установка подогрева воздуха, работающая на печном топливе.

В секциях для холостых и условно супоросных свиноматок подача и удаление воздуха устроены аналогично, как и в предыдущем помещении. Свиноматки содержатся в индивидуальных станках. Кормление сухими комбикормами дозируется для каждой свиноматки в зависимости от питанности.

В секциях для свиноматок первого и второго периодов супоросности содержание групповое по 10-12 голов в станке. Системы кормления, вентиляции аналогичны как в предыдущих секциях. Система вентиляции контролируется компьютерными установками фирмы Big Duchman. Для подогрева воздуха до необходимых гигиенических значений в переходный и зимний периоды в секциях установлены калориферы, работающие на печном топливе.

В контрольной группе ремонтных свинок за период опыта средняя температура воздуха составила 19,8°С. В первой опытной группе температура воздуха в секции составила 17,5 °С или на 2,3

°C ниже по сравнению с контрольной, а во второй группе она была выше на 1,5 °C по отношению к контрольной (21,3 °C).

Относительная влажность воздуха, как в контрольной, так и опытной группах различалась не существенно, ее значения находились в пределах 67,8 - 69,9 %. Концентрация аммиака во второй опытной группе - 7,8 мг/м<sup>3</sup>, или ниже по сравнению с первой опытной группой на 1,1 мг/м<sup>3</sup> и контрольной на 0,5 мг/м<sup>3</sup>. В контрольной секции для содержания ремонтных свинок средняя скорость движения воздуха составила - 0,12 м/сек. против 0,14 и 0,13 м/сек. в первой и второй опытных группах.

Холостые и супоросные свиноматки контрольной группы содержались при средней температуре за период опыта 15,5 °C. В секциях для содержания свиноматок первой и второй опытных групп температура воздуха была выше на 2,4 и 4,8 °C соответственно.

Средняя относительная влажность воздуха во всех секциях была практически одинаковой и не претерпевала существенных изменений. Этот показатель был в пределах от 69,9 до 71,1%. Концентрация аммиака во второй опытной группе составляла в среднем 7,5 мг/м<sup>3</sup>. Самая высокая концентрация аммиака установлена в секциях для содержания свиноматок контрольной группы - 8,8 мг/м<sup>3</sup>, или на 17,3 % больше, чем во второй опытной группе. В первой опытной группе этот показатель составил 8,3 мг/м<sup>3</sup>.

Скорость движения воздуха в контрольной секции в среднем за опыт была в пределах - 0,13 м/сек, в то время как в первой опытной группе она была на 8,3 % и второй опытной группе на 20 % выше по отношению к контрольной группе.

Для оценки воспроизводительных качеств свиноматок и ремонтных свинок в зависимости от температуры воздуха в секциях были сформированы группы из 25 животных. Супоросность у свиноматок устанавливали с помощью УЗИ-диагностики на 26-28 день после покрытия. Основными причинами выбытия свиноматок из отобранных групп были: не приход в охоту, прохолосты, аборт, травмы конечностей. Результаты осеменения свиноматок и ремонтных свинок представлены в таблице 1.

Плодотворно осеменились в контрольной группе 22 свиноматки или 88 % от поставленных на опыт, а опоросилось 19 голов или 86,4% от плодотворно осемененных. В первой опытной группе из поставленных на опыт плодотворно осеменили 21 свиноматку, или

84 %, а процент опоросившихся свиноматок по отношению к осемененным составил 90,4 %. Во второй опытной группе плодотворно осемененных свиноматок - 23, или 92 % от поставленных на опыт. Опоросилось из них 22 свиноматки, или 95,6 % от поставленных на опыт, во второй, соответственно, 23 головы, или 92%.

Таблица 1 – Результаты осеменения свиноматок

Группа	Поставлено на опыт, гол	Плодотворно осеменено, гол	% осеменения	Распоросилось, гол	% к оплодотворенным
Основные свиноматки					
контрольная	25	22	88	19	86,4
I опытная	25	21	84	19	90,4
II опытная	25	23	92	22	95,6
Ремонтные свинки					
контрольная	25	21	84	17	81
I опытная	25	20	80	18	90
II опытная	25	23	92	21	91,3

Анализ прихода в охоту и плодотворного осеменения ремонтных свинок показал, что в контрольной группе плодотворно осеменили 84 % животных. Из 21 плодотворно осемененной свинки опоросилось 17 или 81 %. В первой опытной группе из 25 свинок плодотворное осеменение произошло у 20 голов, или 80 %. Плодотворные опоросы у свинок этой группы составили 90%. Во второй опытной группе из отобранных для опыта 25 свинок покрытыми оказались 23, или 92 %. Из этого числа опоросы произошли у 21 матки, или 91,3%.

Продуктивность маток в зависимости от температурного режима представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Продуктивность основных свиноматок в зависимости от температуры содержания

Температура, °С	Количество поросят, гол				Средняя масса 1 поросенка, кг
	всего	живых	слабых	мертвых	
контрольная	11,2± 0,35	10,4± 0,28	1,3± 0,41	0,7± 0,18	1,25±0,02
I опытная	11,3± 0,41	10,1± 0,33	1,5± 0,56	1,2± 0,17	1,28±0,03
II опытная	11,8± 0,38	11,0± 0,27	1,3± 0,39	0,7± 0,20	1,3±0,03

Полноценных живых поросят в гнезде контрольной группы было 10,4. Первая опытная группа уступала контрольной на 0,3 поросенка или 2,9%. Вторая опытная группа свиноматок по количеству живых поросят превосходила контрольную группу на 0,6 поросенка или 5,4%.

Продуктивность ремонтных свинок по опоросу в зависимости от температурных режимов содержания представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Продуктивность ремонтных свинок в зависимости от температуры содержания

Температура, °С	Количество поросят, гол				Средняя масса 1 поросенка
	всего	живых	слабых	мертвых	
Контрольная	11,3±0,41	10,0±0,28	1,3±0,17	1,30±0,20	1,3±0,02
I опытная	10,7±0,48	9,8±0,33	1,4±0,28	0,9±0,15	1,3±0,02
II опытная	11,5±0,35	10,3±0,37	1,4±0,24	1,25±0,23	1,2±0,03

Во второй опытной группе количество поросят в помете составило 11,5, или на 0,2 головы больше, чем в контрольной группе, живых во второй опытной группе было на 0,3 или 3% больше, чем в контроле. Однако средняя масса одного поросенка оказалась несколько меньше - на 0,1 кг по сравнению с контролем.

### **Заключение**

1. В исследованиях по изучению оптимального температурного режима для ремонтного молодняка мясного направления продуктивности установлено, что при температуре 20-24 °С увеличивается на 8% число ремонтных свинок, пришедших в охоту, а их продуктивность возрастает на 3%.

2 Свиноматки мясного направления продуктивности более комфортно чувствуют себя при температуре 17-23 °С. Свиноматки, содержащиеся при этой температуре, приходили лучше в охоту на 4 % по сравнению с животными, содержащимися при температуре 13-19 °С. Продуктивность по опоросу у них была выше на 5,6 %.

### **Список использованной литературы**

1. Республиканские нормы технологического проектирования новых, реконструкции и технического перевооружения животноводческих объектов. – РНТП-1-2004//Попков Н.А., Аксенов А.М., Карсеко И.В., Ковалев Ф.И., Дудко Н.В., Лазаревич Н.И., Войтович С.С., Брухан А.Л., Тимошенко В.Н., Трофимов А.Ф., Музыка А.А., Беззубов В.И., Богуш А.А., Каменская Т.Н., Кучинская М.П., Каза-

ровец Н.В., Кольга Д.Ф. - УП «Институт Белгипроагропищепром», – Минск, - 2004. -92 с

2. Григорьев В. С. Влияние микроклимата на физиологическое развитие свиней в раннем постнатальном онтогенезе/ В.С. Григорьев // Свиноферма. - 2007. - № 11. - С. 44-46.

3. Усманова, Е.М. Влияние условий содержания на клинико-физиологическое состояние и продуктивность свиноматок породы дюрок/ Усманова Е.М. Науке нового поколения - знания молодых. - Киров : 2001. - С. 76-78Б.

4. Черный, Николай. Генотип и микроклимат / Н. Черный, О. Шевченко, И. Двиллок // Животноводство России. - 2007. - № 9. - С. 37Б.

5. Винник, С. С. Мясная продуктивность молодняка свиней, откармливаемого при различном температурно-влажностном режиме в условиях Белоруссии : автореф. дисс... канд. с.-х. наук : 16.808 / Винник С.С. – Жодино, 1970. – 18 с.

6. Высоцкий, В. Г. Физиологическое состояние и продуктивность свиней в свинарниках из сборных конструкций промышленных комплексов : автореф. дисс... канд. с.-х. наук : 06.02.04 / Высоцкий В.Г. ; БелНИИЗ. – Жодино, 1977. – 20 с.

7. Козловский, В. Г. Технология промышленного свиноводства / В.Г. Козловский. – Москва : Россельхозиздат, 1984. – 334 с.

8. Водяников, В.И. Микроклимат и здоровье свиней / В.И. Водяников // Животноводство России. – 2000. - № 10. – С. 16-17.

9. Микроклимат и продуктивность свиней // Borona.net [Электрон. ресурс]. – 2011-2017. – Режим доступа: [http://borona.net/high-technologies/pigs/Mikroklimat\\_i\\_produkktivnost\\_svinej.html](http://borona.net/high-technologies/pigs/Mikroklimat_i_produkktivnost_svinej.html)

10. Параметры микроклимата в помещениях для свиней // Студопедия — Ваша школопедия [Электрон. ресурс]. – 27.02.2015 – Режим доступа: [http://studopedia.ru/5\\_134309\\_parametri-mikroklimata-v-pomeshcheniyah-dlya-sviney.html](http://studopedia.ru/5_134309_parametri-mikroklimata-v-pomeshcheniyah-dlya-sviney.html)

11. Ходосовский, Д. Н. Микроклимат в свиноводческих зданиях для молодняка свиней мясного направления продуктивности / Д.Н. Ходосовский // Сборник материалов XXII Междунар. науч.-практ. конф. (9-11 сен. 2015 г.). – Гродно, 2015. – С. 426-430.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУБСТРАТА ВЕШЕНОК ПРИ КОРМЛЕНИИ БЫЧКОВ**

В.Ф. Радчиков<sup>1</sup>, д.с.-х.н., профессор,

В.А. Люндышев<sup>2</sup>, к.с.-х. н., доцент, А.С. Моисеенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,

г. Жодино, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

### **Введение**

В повышении продуктивности скота большое значение имеет полноценное кормление и наличие прочной кормовой базы.

Исследования показали, что около одной трети органического вещества, поступающего с кормом, обычно не переваривается животными. Снижение этих потерь только на 2-3 % позволяет получить сотни тонн дополнительной продукции [1-3]. Одним из путей решения этой задачи является добавление в корм животным отходов производства грибов, т.е. субстрата после их выращивания. Особенно актуально применение данного субстрата, где недостаточно грубых кормов или они не соответствуют качественным показателям.

### **Основная часть**

Перед проведением балансового опыта нами проведены исследования по переваримости сухого вещества и протеина методом «in vivo» т.е. путем помещения корма в нейлоновых мешочках непосредственно в рубец через хронически вживленную фистулу. Исследовали субстрат без размола и размолотый. Наиболее высокий результат по переваримости сухого вещества и протеина получен при размоле субстрата. Так переваримость сухого вещества без размола составила 9,6% а размолотого 22,2%, что в 2,3 раза выше, протеина соответственно 18,4 и 32, клетчатки 7,2 и 18,3%. На основании полученных предварительных данных по переваримости этих веществ решено скармливать данный субстрат в размолотом виде.

Кормление и содержание животных осуществлялось согласно схеме опытов, принятой в физиологическом опыте.

Субстрат перед скармливанием размалывали и смешивали с сенажом, данные операции проводились для улучшения поедания данного корма и увеличения переваримости его питательных веществ.

Сам продукт представляет собой в большем количестве субстрат, на котором произрастали грибы, состоящий в основном из шелухи гречихи и небольшого количества зерен овса, опилок и собственно мицелия грибов вешенки.

Таблица 1 – Химический состав

Показатель	Содержание
В % к абсолютно сухому веществу	
Сырой жир	1,26
Общий азот	1,03
Сырой протеин	6,44
Сырая клетчатка	42,62
Зола	6,58
Кальций	2,41
Фосфор	0,33
При натуральной влажности, г	
Сухое вещество	632,8
Органическое вещество	591,16
БЭВ	272,75
Сырой жир	7,97
Сырой протеин	40,74
Клетчатка	269,7
Зола	41,64
Кальций	15,25
Фосфор	2,09

Из данных химического анализа видно, что в субстрате содержится при натуральной влажности большое количество сухого вещества, основную часть органического вещества составляет клетчатка и БЭВ, отмечено низкое содержание протеина и жира на 1 кг корма

На основании проведенных физиологических исследований по потреблению и выделению питательных веществ рациона рассчитаны коэффициенты переваримости. Анализируя полученные данные можно отметить, что при включении в рацион бычков 0,5 кг (5,5% от сухого вещества рациона) коэффициенты

переваримости всех питательных веществ находились на одинаковом уровне с контрольной группой. При увеличении дозы субстрата в рационе до 1 и 2 кг (10,6 и 20,1% от сухого вещества рациона) происходит снижение коэффициентов переваримости питательных веществ кормов, что можно предположить об угнетающем действии повышенных доз мицелия на пищеварительные процессы желудочно-кишечного тракта животных.

### **Заключение**

1. Методом «in vivo» установлено, что переваримость сухого вещества в не размолотом виде составила 9,6%, протеина – 18,4, клетчатки – 7,2, в размолотом соответственно 22,2, 32 и 18,3%.

2. Включение в рацион бычков живой массой 280-290 кг 0,5 кг или 5,5% от сухого вещества его субстрата не оказывает отрицательного влияния на переваримость питательных веществ кормов рациона.

3. Скармливание бычкам 1 кг или 10,6% от сухого вещества рациона субстрата снизило переваримость сухого и органического веществ, БЭВ, жира. Увеличение количества изучаемого корма в рационе бычков до 2 кг на голову или 20,1% от сухого вещества рациона снизило переваримость всех питательных веществ.

### **Список использованной литературы**

1. Эффективное использование кормов при производстве говядины: монография. / Н.А. Яцко, В.К. Гурин, В.Ф. Радчиков и др. – Мн.: Хата, 2000. – 254 с.

2. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. / Под ред. А.П. Калашникова и др. – Москва. 2003. – 456 с.

3. Питательные и антипитательные вещества в кормах: монография. / Ю.А. Пономаренко. – Минск : Экоперспектива, 2007. – 960 с.

## **ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ САПРОПЕЛЯ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ**

В.А. Люндышев<sup>1</sup>, к.с.-х. н., доцент,  
В.Ф. Радчиков<sup>2</sup>, д.с.-х.н., профессор, В.П. Цай<sup>2</sup>, к.с.-х. н., доцент,  
А.Н. Кот<sup>2</sup>, к.с.-х. н., доцент, Г.В. Бесараб<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*  
<sup>2</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь*

### **Введение**

По данным ряда исследователей сапропели оказывают положительное действие на обменные процессы, продуктивность и состояние здоровья животных. Их ценность состоит в том, что по своему химическому составу они близки ко многим кормам, которые являются основными поставщиками питательных веществ в рационах сельскохозяйственных животных. Исходя из этого исследования, в этом направлении имеют научную и практическую значимость [1-4].

Цель исследований – изучить влияние скармливания сапропелей на физиологическое состояние и продуктивность молодняка крупного рогатого скота.

### **Основная часть**

Для выполнения поставленной цели проведен научно-хозяйственный опыт, для которого были отобраны три группы бычков средней живой массой 236,0-241,6 кг по 15 голов в каждой. Продолжительность исследований составила 90 дней.

В опыте изучали следующие показатели:

- общий зоотехнический анализ кормов – по общепринятым методикам;
- поедаемость кормов – проведением контрольных кормлений 1 раз в 10 дней 2 смежных дня;

- интенсивность роста и уровень среднесуточных приростов – путем индивидуального взвешивания животных при постановке и снятии с опыта, а также в середине опыта с интервалом в один месяц;

Для контроля за физиологическим состоянием животных проведен анализ биохимического состава крови.

Достаточное, с физиологической точки зрения, потребление питательных и биологически активных веществ является важным моментом в поддержании высокой продуктивности и крепкого здоровья животных. В состав рационов бычков контрольной группы входил кукурузный силос, сенаж разнотравный и комбикорм КР-3. Животные II и III опытных групп в составе комбикорма получали 6 и 8% по массе сапропеля карбонатного и кремнеземистого взамен зерновой группы соответственно.

В суточном рационе бычков содержалось 7,41-7,5 корм. ед. Концентрация обменной энергии в сухом веществе составила в контрольной группе 8,69, а в опытных (II и III) – 8,44 и 8,36 соответственно. В рационе на 1 кормовую единицу приходилось 84,2 г переваримого протеина, а в опытных (II и III) 85,5 и 84,4 соответственно.

Гематологический состав крови сельскохозяйственных животных зависит от видовых и породных особенностей, уровня и типа кормления, продуктивности, условий содержания и других факторов. Наряду с этим, благодаря регуляторным системам организма, физико-химический состав крови сохраняется постоянным. Изменения биохимических показателей и морфологического состава дают возможность контролировать нарушения в обмене веществ, связанные с неправильным кормлением или заболеванием животных. В наших исследованиях все изучаемые показатели крови находились в пределах физиологических норм с недостоверными колебаниями в ту или иную сторону. Это свидетельствует о том, что включение в рацион бычков 6-8% сапропеля в составе комбикорма обеспечивает нормальное протекание физиологических процессов в организме животных.

Как показало контрольное взвешивание, среднесуточные приросты у бычков контрольной группы составили 879 г. Включение в состав 6% карбонатного сапропеля (II группа) и 8% кремнеземистого (III группа) среднесуточные приросты составили 920-921 г соответственно или на 4,6 и 4,8% выше, чем в контрольной группе (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика живой массы и среднесуточные приросты у подопытных животных

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса, кг:			
в начале опыта	241,6	236,0	238,0
в конце опыта	320,7	318,9	320,9
Валовый прирост, кг	79,1	82,9	82,9
Среднесуточный прирост, г	879	920	921
В % к контролю	100,0	104,6	104,8

Затраты кормов на 1 кг прироста во II опытной группе снизились на 6%, в III – 5%. Себестоимость 1 кг прироста снизилась на 2 и 5% (группы II и III). Прибыль от снижения себестоимости 1 кг прироста составила во II группе 0,11, в III – 0,06 у.е.

### **Заключение**

Включение в рацион бычков комбикормов с включением 6 и 8% сапропелей в составе комбикорма оказывает положительное влияние на физиологическое состояние животных, способствует увеличению среднесуточных приростов на 4,6 и 4,8% и экономии 6-8% зерна.

### **Список использованной литературы**

1. Елисеев, И.Г. Сапропель - комплексное биологически активное вещество / К.Г. Елисеев, Р.Г. Бинеев, Б.Р. Григорян // Минеральные подкормки в рационах сельскохозяйственных животных. - Горки, 1982. - Вып. 97. - С. 18-20.
2. Пестис, В.К. Сапропеля в кормлении сельскохозяйственных животных: моногр. - Гродно, 2003.-337 с.
3. Радчиков В.Ф. Конверсия энергии рационов бычками в продукцию при скармливании сапропеля / В.Ф. Радчиков, В.К. Гурин, В.П. Цай // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. СКНИИЖ по материалам 8-й научно-практич. конф. Ч. 2 – Краснодар, 2015. - С. 122-127.
4. Радчиков, В.Ф. Конверсия энергии рационов в продукцию при скармливании бычкам комбикормов с сапропелем/ В.Ф. Радчиков, И.Ф. Горлов, В.К. Гурин, В.Н. Куртина, В.А. Люндышев, А.А. Царенок //Современные технологии сельскохозяйственного производства: Сб. науч. статей по матер. XVIII Междунар. науч.-практич. конф. – Гродно: ГГАУ, 2015. - С. 100-101.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖМЫХА И ШРОТА ИЗ СЕМЯН «00» СОРТОВ РАПСА В КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

В.А. Люндышев<sup>1</sup>, к.с.-х. н., доцент, В.Ф. Радчиков<sup>2</sup>, д.с.-х.н., профессор, В.П. Цай<sup>2</sup>, к.с.-х. н., доцент, А.Н. Кот<sup>2</sup>, к.с.-х. н., доцент, В.О. Лемешевский<sup>3</sup>, к.с.-х. н.

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь*

<sup>3</sup>*Международный государственный экологический институт  
им. А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Включение в рацион сельскохозяйственных продуктов переработки семян рапса сдерживалось из-за содержания в них антипитательных веществ-глюкозинолатов. Повышение скармливания таких кормов отрицательно сказывалось на физиологическом состоянии и продуктивности поголовья. Использование «00» сортов рапса белорусской селекции позволило расширить границы нормы ввода [1-4].

Цель работы – определить норму ввода рапсового жмыха и шрота, полученных при переработке семян рапса с пониженным содержанием антипитательных веществ, в состав комбикорма КР-3 и изучить эффективность его скармливания молодняку крупного рогатого скота.

### **Основная часть**

Опыт проведен на 5 группах бычков живой массой 353-364 кг в возрасте 16 месяцев, по 10 голов в каждой группе в течение 61 дня.

Различия в кормлении заключались в том, что в состав комбикормов бычков контрольной группы включали подсолнечный шрот в количестве 15% по массе, II опытной – 15% рапсового жмыха, III – 20% рапсового жмыха, IV – 15% рапсового шрота, V – 20% рапсового шрота.

В результате опыта установлено, что поедаемость кормов быч-

ками в опыте была следующей: сенаж разнотравный 4,5-7 кг, отава тимофеевки – 8-11, комбикорм – 3, патока кормовая – 0,3, кормовой жир – 0,1 кг.

Рационы животных опытных групп содержалось практически одинаковое количество протеина, где в расчете на 1 корм. ед. его приходилось 96,5-98,3 граммов.

Сахаро-протеиновое отношение в рационах II – V опытных групп составило 0,83-9:1. Содержание сахара в сухом веществе рациона I контрольной группы составило 7,12%, в то время как во II и III опытных группах – 6,75 и 6,63%, в IV и V опытных группах – 7,15 и 6,65%, соответственно.

На 1 кг сухого вещества в II и III опытных группах при вводе в комбикорм 15 и 20% рапсового жмыха, приходилось 3,59 и 3,72 г сырого жира, что связано с большим его содержанием, чем в подсолнечном шроте, в 4,3 раза.

По динамике живой массы и среднесуточным приростам можно судить о продуктивном действии испытываемых кормов. Полученные данные свидетельствуют о том, что замена подсолнечного шрота продуктами переработки рапса (жмыхом и шротом) в повышенном количестве от массы комбикорма не оказало отрицательного влияния на энергию роста молодняка третьего периода выращивания.

Включение в состав комбикорма 15% рапсового жмыха вместо подсолнечного шрота обеспечило среднесуточный прирост живой массы бычков аналогичный контролю. Доведение уровня жмыха до 20% способствовало увеличению прироста на 1,8%, при снижении затрат кормов на получение продукции (незначительно).

Включение в состав комбикорма молодняка, выращиваемого на мясо, рапсового шрота вместо подсолнечного, в количестве 15% по массе, способствовало получению прироста аналогичного контрольным животным. Отмечено, что при доведении уровня ввода рапсового шрота до 20% наблюдалось повышение энергии роста на 2,2% в сравнении с контрольными аналогами, при снижении затрат кормов на единицу продукции на 1,5 процента.

Полная замена подсолнечного шрота, как дорогостоящего белкового сырья в составе комбикормов на менее дорогостоящие белково-энергетические корма местного производства – рапсовые жмых и шрот (таблица 3.36), в количестве 15-20%, способствует снижению стоимости не только комбикорма, рациона, но и себе-

стоимости прироста, а также получению дополнительной прибыли от увеличения прироста.

Замена подсолнечного шрота рапсовым жмыхом в составе комбикорма в количестве 15-20% позволила снизить себестоимость 1 кг прироста на 13,8 и 17,5%. Включение рапсового шрота в комбикорма в количестве 15-20% взамен подсолнечного позволило снизить себестоимость 1 кг прироста на 9,9 и 12,3%.

Использование в кормлении бычков комбикорма, содержащего 20% рапсового жмыха или шрота взамен подсолнечного шрота показало наилучший результат, как по получению среднесуточного прироста, так и по снижению себестоимости прироста, увеличению прибыли по отношению к контролю, так и к опытным группам с вводом данных кормов в количестве 15%.

### **Заключение**

Включение в рацион бычков комбикормов с 15-20% рапсового жмыха взамен подсолнечного шрота способствовало увеличению среднесуточного прироста на 0,5-1,8% при снижении себестоимости прироста на 13,8-17,5. Замена подсолнечного шрота рапсовым в количестве 15-20%, позволила увеличить среднесуточный прирост на 0,6-2,2%, снизить его себестоимость на 9,9-12,3%.

### **Список использованной литературы**

1. Пилюк, Я.Э. Рапс – универсальная маслично-белковая культура / Я.Э. Пилюк // Материалы Международной научно-практической конференции (Жодино, 13-15 июля 2006 г.). – Жодино, 2006. – С. 162-167.

2. Пилюк, Н.В. Рапс в рационах животных / Н.В. Пилюк // Белорусское сельское хозяйство. – 2003. – № 11. – С. 34-35.

3. Радчиков, В.Ф. Жмых и шрот из рапса сорта «саноле» в рационах бычков, выращиваемых на мясо/В.Ф. Радчиков// Матер. междунар. науч.-практич. конф. (4-5 июня 2013 г.). Ч. 1 – Волгоград, 2013. – С. 63-65.

4. Радчиков, В.Ф. Рапсовый жмых в составе комбикорма КР-1 для телят / В.Ф. Радчиков, А.М. Глинкова, Т.Л. Сапсалева, С.И. Кононенко, А.Н. Шевцов, Д.В. Гурина// Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. Т. 49, ч. 2 / Науч.-практич. центр Нац. акад. Наук Беларуси по животноводству ; редкол. : И.П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жодино : Науч.-практический центр НАН Беларуси по жив-ву, 2014 - С. 139-147.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КОРМЛЕНИИ БЫЧКОВ**

В.А. Люндышев<sup>1</sup>, к.с.-х. н., доцент, В.Ф. Радчиков<sup>2</sup>, д.с.-х.н., профессор, В.П. Цай<sup>2</sup>, к.с.-х. н., доцент, А.Н. Кот<sup>2</sup>, к.с.-х. н., доцент,  
<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь*

### **Введение**

Исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, подтверждают более эффективное положительное влияние на продуктивность животных микроэлементов в органической форме по сравнению с неорганической [1-4].

Целью работы - изучить эффективность использования органического микроэлементного комплекса в составе комбикормов для молодняка крупного рогатого скота при выращивании на мясо.

### **Основная часть**

Исследования проведены в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской области на 2 группах молодняка крупного рогатого скота.

Различия в кормлении заключались в том, что в состав премикса животных II опытной группы включали органический микроэлементный комплекс.

Продолжительность научно-хозяйственного опыта составила 94 дня, начальная живая масса бычков составила 175,0-176,0 кг.

В течение исследований проводился анализ рационов по следующим показателям: содержание кормовых единиц, обменной энергии, сухого вещества, сырого, переваримого протеина, сырой клетчатки, сахара, жира, кальция, фосфора, магния, серы, натрия, меди, цинка, кобальта, марганца, йода, каротина и витаминов.

Цифровой материал проведенных исследований обработан методом вариационной статистики на персональном компьютере с использованием пакета анализа табличного процессора MicrosoftOfficeExcel 2007. Оценивали значение критерия достоверности в зависимости от объема анализируемого материала. Вероятность различий считалась достоверной при уровне значимости  $P < 0,05$ .

Изучение поедаемости кормов показало, что включение в состав комбикорма КР-3 органического микроэлементного комплекса оказало положительное влияние на потребление кормов. Так, комбикорма в структуре рационов занимали 47-49%, трава из злаково-бобовой смеси – 20-23%, сенаж разнотравный – 30-31% по питательности. Содержание обменной энергии в расчете на 1 кг сухого вещества рациона составило в контрольной группе 8,0 МДж, а в опытной – 8,4 МДж.

На 1 кормовую единицу в контрольной группе приходилось 110 г переваримого протеина, а в опытной – 111 г.

Установлены достоверное повышение количества общего белка в крови бычков опытной группы на 7,8%, глюкозы – на 4,7%, снижение мочевины – на 14,3% по сравнению с контрольной.

Скармливание комбикорма КР-3 с органическим микроэлементным комплексом (группа II) оказало положительное влияние на минеральный состав крови (таблица 1).

Таблица 1 – Минеральный состав крови

Показатель	Группа	
	I	II
Кальций, ммоль/л	2,9±0,4	3,2±0,1
Фосфор, ммоль/л	1,4±0,2	1,6±0,2
Магний, ммоль/л	1,1±0,1	1,2±0,15
Калий, ммоль/л	5,6±0,5	5,7±0,6
Натрий, ммоль/л	104,5±2,4	106,6±2,7
Железо, мкмоль/л	17,4±0,4	19,2±0,6
Цинк, мкмоль/л	29,4±0,8	31,2±0,9
Марганец, мкмоль/л	2,0±0,3	2,2±0,6
Медь, мкмоль/л	11,9±1,2	12,8±1,4

Установлена тенденция в повышении количества кальция на 10,3%, фосфора – на 14%, магния – на 9%, калия – на 2%, натрия – на 2%, железа – на 10,3%, цинка – на 6,1%, марганца – на 10%, меди – на 7,6%.

Включение в рацион бычков органического микроэлементного комплекса оказало положительное влияние на живую массу и среднесуточные приросты (таблица 2).

В результате исследований установлено, что среднесуточные приросты бычков II опытной группы повышались на 9,5%.

Использование в кормлении бычков микроэлементов в органической форме способствует снижению себестоимости прироста живой массы на 7,0%, что обеспечивает увеличение прибыли на 9,6%.

Таблица 2 – Живая масса и среднесуточные приросты подопытных бычков

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса:		
в начале опыта, кг	175,0±6,5	176,0±5,5
в конце опыта, кг	252,8±5,9	261,3±7,1
Прирост живой массы:		
валовой, кг	77,8±6,1	85,3±4,8
среднесуточный прирост, г	828±5,0	907±6,1*
% к контролю	100,0	109,5

\*P<0,05

### Заключение

Использование в кормлении бычков органического микроэлементного комплекса в составе комбикормов КР-3 в количестве 10% от существующих норм оказывает положительное влияние на физиологическое состояние, активизирует обменные процессы в организме животных, о чем свидетельствует увеличение концентрации общего белка в крови на 7,8%, глюкозы – на 4,7% и снижение уровня мочевины на 13,0-14,3%, что способствовало увеличению среднесуточных приростов животных на 9,5% (P<0,05), снижению себестоимости прироста на 7,0% и увеличение прибыли на 9,6%, или 19,1 у.е.

### Список использованной литературы

1. Богданов Г.А. Кормление сельскохозяйственных животных. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 624 с.
2. Радчиков, В.Ф. Эффективность использования различных уровней селена в составе комбикорма КР-2 для бычков / В.Ф. Радчиков, В.К. Гурин, С.И. Кононенко, В.В. Букас, В.А. Ляндышев // Ученые записки УО «ВГАВМ», том. 46, выпуск 1, часть 2. – Витебск, 2010. - С. 190-194.
3. Гурин, В.К. Органические соединения микроэлементов в комбикормах для бычков / В.К. Гурин, В.Ф. Радчиков, В.П. Цай, А.Н. Кот, В.А. Ляндышев // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сб. науч. статей по материалам XIX Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 19, 13 мая 2016 года). – Гродно, 2016. – Ветеринария. Зоотехния. – С. 160-162.
4. Радчиков, В.Ф. Комбикорма с органическим микроэлементным комплексом в рационах бычков / В.Ф. Радчиков, Н.И. Масолова, В.К. Гурин, В.П. Цай, Т.Л. Сапсалева, В.А. Ляндышев // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. - Вып. 18, Ч.1 – Горки, БГСХА, 2015. - С. 299-309.

## **НОВЫЕ КОМБИКОРМА-КОНЦЕНТРАТЫ В РАЦИОНАХ НЕТЕЛЕЙ**

В.П. Цай<sup>1</sup>, к.с.-х.н., доцент, В.Ф. Радчиков<sup>1</sup>, д.с.-х.н., профессор,  
А.Н. Кот<sup>1</sup>, к.с.-х.н., доцент, В.А. Ляндышев<sup>2</sup>, к.с.-х.н., доцент,  
<sup>1</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

### **Введение**

Многие исследователи отмечают ряд преимуществ сенажа перед силосом и сеном, а также его положительное влияние на продуктивные качества и физиологическое состояние животных. И это вполне объяснимо, он является более пресным кормом, что больше соответствует физиологическим потребностям животных, позволяет решить проблему протеинового питания. Однако вопросы использования его в рационе крупного рогатого скота и особенно нетелей должно быть обусловлено потребностью животных [1-4].

Цель работы – разработать комбикорм-концентрат и определить влияние структуры рационов с его включением на обменные процессы в организме нетелей.

### **Основная часть**

Для реализации поставленной цели проведены физиологические исследования и научно-хозяйственный опыт. В процессе исследований использованы зоотехнические, биохимические и математические методы анализа.

Кровь для исследований отбирали на 5-6 месяце стельности через 2,5-3 часа после утреннего кормления. В крови и сыворотке крови определяли: содержание гемоглобина, эритроцитов, витамина А, каротина, содержание общего белка и его фракций, глюкозы, мочевины, холестерина, общего кальция, фосфора неорганического, щелочного резерва по общепринятым методикам. В физиологических исследованиях отбор образцов рубцовой жидкости осуществляли через вживленную фистулу рубца. Показатели рубцового пищеварения определяли по общепринятым методикам.

Перед проведением научно-хозяйственного опыта и физиологических исследований в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита», Смолевичского района, Минской области, осуществлен мониторинг кормле-

ния нетелей. На основании анализа кормления телок после осеменения, химического состава кормов рационов и проведенных физиологических исследований, разработана структура рационов, которая испытана в научно-хозяйственном опыте.

Опытная структура рационов в летний период состояла из 62% - провяленной зеленой массы, на 20% - комбикорма разработанного нами, 6% - кукурузного силоса, 12% - злаково-бобового сенажа. В зимний период рацион состоял на - 27-28% комбикорма, 30-35% - кукурузного силоса, 38-42% - злаково-бобового сенажа.

Использование данных рационов обеспечило содержанию в них 75-78 МДж обменной энергии, 9,0-9,2 кг сухого вещества. Чистая энергия лактации 1 кг сухого вещества рациона в контрольной группе составила 1,15 Мкал, в опытной на 1,7 % выше.

Исследованиями установлено, что все изучаемые показатели морфо-биохимического состава крови у животных подопытных групп в учетный период опыта находились в пределах физиологической нормы и не имели существенных различий между группами.

Установлено, что в крови опытных нетелей, происходит насыщение ее эритроцитами до 6,6 млн. в 1 мм<sup>3</sup>, или на 11,35% выше контроля. Использование наших рационов несколько снизило в пределах физиологической нормы концентрацию лейкоцитов в крови на  $1,8 \times 10^9$ /л относительно I контрольной группы.

В ходе исследований установлено, что с повышением качественного состава рационов, то есть с включением нового комбикорма, прослеживается рост содержания общего белка во II опытной группе на 7,0 г/л или на 9,2%.

При этом, концентрация мочевины между группами варьировала в пределах от 5,3 ммоль/л во II опытной до 4,7 в I контрольной группах. При скармливании разработанных рационов концентрация кальция возросла до 3,05 ммоль/л, или на 12,5 %. Сыворотка крови животных опытной группы отличалась несколько меньшим содержанием неорганического фосфора – 1,87. Достоверных различий между группами по данному показателю не установлено.

Включение в состав летних рационов нетелей разработанных комбикормов-концентратов позволяет повысить уровень рН среды рубцовой жидкости животных на 8,9%, это в свою очередь способствовало снижению на 2,2 и 3,0 молярных п.п. уровня уксусной и масляной кислот в сумме летучих жирных кислот соответственно. Использование в рационе комбикорма с защищенным протеином способствовало снижению уровня аммиака в содержимом рубца животных опытной группы на 28,5% и повышению концентрации инфузорий на 13,4%. Рацион зимнего перио-

да содержания подопытных животных способствовал уровню рН среды рубцовой жидкости на уровне 6,4-6,47. Концентрация уксусной кислоты в сумме ЛЖК опытной группы на 2 молярных п.п. была меньшей, что указывает на более физиологически обоснованный рацион нежели при использовании кукурузного силоса в качестве основного компонента рациона. Это подтверждается и меньшей концентрацией на 2 молярных п.п. масляной и большей 2 п.п. пропионовой кислоты. Скармливание опытного рациона снизило концентрацию аммиака в рубцовой жидкости на 2,9% и обеспечило повышение количества инфузорий на 2,6%.

### **Заключение**

Включение в рацион нетелей разработанного комбикорма-концентрата оказало положительное влияние на физиологическое состояние животных, способствовало повышению уровня рН среды рубцовой жидкости на 1,1-8,9%, пропионовой кислоты на 2-4 молярных п.п., количества инфузорий на 2,6-13,4%, снижению уровня уксусной и масляной кислот в сумме летучих жирных кислот соответственно на 2-2,2 и 2-3,0 молярных п.п. и концентрации аммиака на 2,9-28,5%.

### **Список использованной литературы**

1. Яцко, Н. А. Повышение протеиновой и минеральной питательности кукурузного силоса / Н. А. Яцко // Интенсификация производства продуктов животноводства : материалы междунар. науч.-произв. конф. – Жодино, 2002. – С. 161.

2. Радчиков, В.Ф. Влияние кукурузного силоса с консервантом-обогабителем на продуктивность коров/В.Ф. Радчиков, Е.П. Симоненко, С.Н. Пилюк // Зоотехническая наука Беларуси. Сб. науч. тр. - Жодино, 2005. – Т. 40. – С. 246-250.

3. Радчиков, В.Ф. Продуктивные показатели и качество мяса бычков при включении в рацион кукурузного силоса, обогащенного ДКМК с использованием мочевины // В.Ф. Радчиков, Е.П. Симоненко // Достижения зоотехнической науки и практики – основа развития производства продукции животноводства. Междунар. научно-практич. конф. (20-21 декабря 2005г.) - Волгоград – С. 257-260.

4. Симоненко, Е.П. Перспективы использования консерванта-обогапителя при заготовке кукурузного силоса и его влияние на переваримость и продуктивные качества молодняка / Е.П. Симоненко, В.Ф. Радчиков, В.П. Цай Актуальные вопросы зоотехнической науки и практики как основа улучшения продуктивных качеств и здоровья сельскохозяйственных животных: сборник научных трудов / Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь, АГРУС, 2007. – С. 30-33.

## **КОМБИНИРОВАННЫЕ СИЛОСА В КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

В.Ф. Радчиков<sup>1</sup>, д.с.-х.н., профессор, В.П. Цай<sup>1</sup>, к.с.-х. н., доцент,  
А.Н. Кот<sup>1</sup>, к.с.-х. н., доцент, В.А. Люндышев<sup>2</sup>, к.с.-х. н., доцент,  
<sup>1</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,

*г. Жодино, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Кукурузный силос обладает высокой кормовой ценностью и концентрацией энергии в единице сухого вещества. Сухое вещество его содержит достаточное количество энергии (0,94-0,95 корм.ед. или 8,3-8,6 МДж обменной энергии в 1 кг сухого вещества). Тем не менее, такой корм не сбалансирован по протеину, минеральным веществам и витаминам [1-4].

Для восполнения недостатка указанных элементов питания в кукурузном силосе, существенным резервом могут быть амарант, люпин и комплексная минеральная добавка.

Цель работы: изучить эффективность скармливания бычкам комбинированных силосов из кукурузы с амарантом или люпином.

### **Основная часть**

Для выполнения поставленной цели в СПК им. Кирова Гомельского района Республики Беларусь и физиологическом корпусе РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» проведено три научно-хозяйственных и два физиологических опыта, я.

В первом научно-хозяйственном опыте использовались бычки на доращивании живой массой на начало опыта 145-146 кг, во втором научно-хозяйственном опыте – молодняк с большей живой массой с целью проведения контрольного убоя для изучения мясной продуктивности и качества мяса. В третьем научно-хозяйственном опыте предусматривалось определить эффективность скармливания комбинированных силосов бычкам в составе рационов с дополнительным включением комплексной минеральной добавки на основе соли, сапропеля, фосфата, фосфогипса, также была снижена удельная масса концентратов на 50%.

Исследованиями установлено, что в структуре рационов первого научно-хозяйственного опыта занимали 53-56%, солома овсяная 14-18, зернофураж 17-18, барда 12% по питательности.

В структуре рационов во втором опыте силос занимал 64-65% по питательности, солома овсяная 12-13, зернофураж 12-13, барда 9-11%.

В третьем научно-хозяйственном опыте структура рационов была следующая (% по питательности): силос 42-46, солома овсяная 12-13, зернофураж 24-26, патока 10, барда 8-9. Частичная замена концентратов смешанными силосами обеспечила следующую структуру рационов (% по питательности): силос – 56, солома - 12-13, зернофураж – 12, барда – 9, патока – 10.

Скармливание кукурузно-амарантного или кукурузно-люпинового силосов (опыт 3) повысило среднесуточные приросты на 11-14%. Затраты кормов на 1 ц прироста снизились во II и III опытных группах с 8,9 до 8,2-8,3 ц корм.ед., или на 7-8%. В то же время, затраты зерна на 1 ц прироста во II и III опытных группах снизились с 2,3 ц до 2,1-2,0 ц, или на 9-13%.

Частичная замена концентрированных кормов (опыт III) силосом дала возможность получить среднесуточные приросты 896-905 г, или на уровне контрольной группы (870 г). Затраты кормов на 1 ц прироста в IV и V опытных группах, получавших пониженную норму концентратов, находились на уровне контрольной группы (8,7-8,8 ц корм. ед). Бычки опытных групп в I, II и III научно-хозяйственных опытах имели более высокие данные по эффективности использования энергии корма на среднесуточные приросты живой массы. Так, если у животных I группы (опыт – 1) конверсия энергии рациона в прирост живой массы составила 12,09%, то во II группе – 14,63, в III – 14,05%. Затраты энергии рационов в расчете на 1 МДж энергии прироста снизились с 8,3 МДж (контроль) до 6,8-7,1 МДж или на 14-18%. Аналогичные изменения в пользу опытных групп отмечены по затратам кормовых единиц в расчете на 1 кг прироста живой массы, которые составили 9-10%.

Во втором опыте конверсия энергии рациона в прирост живой массы составила 14,45%, во II и III группах 16,83 и 16,98%. Затраты энергии на 1 МДж прироста снизились в пользу опытных групп на 14-16%. Затраты кормов на 1 кг прироста снизились в опытных группах на 11%.

В третьем опыте конверсия энергии рациона в прирост живой массы составила 16,79%, а при использовании силосов из кукурузы

с амарантом или люпином – 18,52 и 17,94%. Замена части концентратов (на 50%) указанными силосами (группы IV и V) обеспечила конверсию протеина в прирост массы 16,12-16,30%. Затраты энергии рационов в расчете на 1 МДж энергии прироста снизились во II и III группах 5,96 МДж до 5,40-5,57 МДж или на 7-9%. Аналогичные изменения в пользу опытных групп отмечены и по затратам кормов на получение прироста, которые составили 6-7%. Снижение количества концентратов в рационе на 50% за счет комбинированных силосов (группы IV и V) обеспечило снижение затрат обменной энергии в расчете на 1 МДж энергии прироста на 3-4% и затрат кормов на 1 кг прироста – на 2,5-3%.

Скармливание бычкам силоса из кукурузы и ее смесей с амарантом и люпином позволяет снизить себестоимость прироста живой массы на 8-12% и увеличить прибыль на 7-8%.

### **Заключение**

Использование в кормлении бычков силосов из кукурузы в смеси с амарантом или люпином способствует усилению процессов пищеварения, что повышению конверсии энергии рациона в прирост живой массы на 2,4-2,5%, среднесуточных приростов на 12-17%, снижение затрат энергии на 1 МДж прироста на 9-16%.

### **Список использованной литературы**

1. Яцко, Н.А. Качество травяных кормов - важный фактор повышения протеиновой и энергетической питательности рационов крупного рогатого скота / Н. А. Яцко // Конкурентоспособное производство продукции животноводства в Республике Беларусь. – Жодино, 1998. – С. 14-16.

2. Радчиков, В.Ф. Влияние кукурузного силоса с консервантом-обогабителем на продуктивность коров / В.Ф. Радчиков, Е.П. Симоненко, С.Н. Пилюк // Зоотехническая наука Беларуси. Сб. науч. тр. - Жодино, 2005. – Т. 40. – С. 246-250.

3. Радчиков, В.Ф. Обогащение кукурузного силоса ДКМК с использованием мочевины в рационах коров/В.Ф. Радчиков, Е.П. Симоненко//Актуальные проблемы интенсификации производства продукции жив-ва. тезисы докл. науч.-произв. конф. Жодино (13-14 окт. 2005 г.). – С. 93.

4. Радчиков, В.Ф. Кукурузный силос с консервантом «BIOTAL» в рационах коров/В.Ф. Радчиков, В.П. Цай, А.Н. Шевцов // Международная научно-практич. конференция «Научные проблемы производства продукции животноводства и улучшения ее качества» (4-5 октября 2007 г.) Брянск: Из-во Брянской ГСХА, 2007. – С. 297-303.

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СБАЛАНСИРОВАННОГО КОРМЛЕНИЯ КОРОВ**

Н.С. Яковчик<sup>1</sup>, д.с.-х.н., д.э.н., профессор,  
П.П. Ракецкий<sup>1</sup>, к.с.-х.н., доцент, И.Н.Казаровец<sup>1</sup>, Ж.В.Романович<sup>2</sup>,  
П.В.Пестис<sup>3</sup>, к.с.-х.н., доцент, В.Н.Пиллюк<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь*

<sup>3</sup>*Гродненский государственный аграрный университет,  
г. Гродно, Республика Беларусь*

<sup>4</sup>*ОАО «Управляющая компания холдинга «Агрокомбинат «Мачулищи»,  
г.п. Мачулищи, Минский район, Республика Беларусь*

### **Введение**

Рацион обычно формируется на основе сухого вещества. Прежде чем балансировать рацион, необходимо принять во внимание следующие факты: количество доступных кормов; композиция кормов; потребности животных, для которых формируется рацион; применяемый метод кормления.

Составление рациона для каждой отдельной коровы является практически невозможной задачей, но также не рекомендуется составлять одинаковый рацион для всего стада. Вместо этого, во избежание недокармливания высокопродуктивных и перекармливания низкопродуктивных животных, рекомендуется составлять рацион для каждой отдельной группы животных, разделенных на группы по продуктивности.

### **Основная часть**

Количество питательных веществ, необходимых для организма коровы, зависит от следующих основных факторов: масса животного; возраст (количество отелов); молочная продуктивность (стадия лактации); процентное содержание жира в молоке; стадия стельности. Для определения потребности в питательных веществ-

вах группы животных эти факторы могут быть объединены в следующие две категории: поддержание жизнедеятельности животного; производство молока.

*Дополнительные факторы.* Когда корова телится в первый раз (в возрасте от 24 до 26 мес.), она еще не достигла полной зрелости и имеет потенциальную возможность роста. Обычно это необходимо учитывать при расчете количества требуемых питательных веществ, увеличивая норму в рационе (кроме витамина А и D) на 20 % в период 1-й лактации и на 10 % в период 2-й лактации.

Во время первых 8...10 недель лактации корова склонна к интенсивной потере массы (около 250 г в день). Это вызвано использованием зарезервированных в организме веществ, в результате чего покрываются некоторые потребности в энергии и протеине, необходимые в этот период в больших количествах для производства молока. В ранней стадии лактации за каждый день вырабатывается приблизительно 4,23 МДж чистой энергии лактации и 145 г протеина, которые могут быть исключены из расчетов рациона. Поэтому потраченные резервы энергии и протеина, использованные в ранней стадии лактации, должны быть возвращены в рационе в период поздней лактации. Ниже перечислена последовательность операций при определении потребностей в энергии и протеине:

- определите потребность на содержание коровы, средней по живой массе в группе;
- определите потребность на производство молока, соответствующую средней жирности молока в этой группе животных;
- умножьте потребность в энергии на производство 1 кг молока на среднее количество килограммов молока, полученное от коровы в группе;
- определите, находится ли корова в ранней стадии лактации (первые 8...10 недель) или в поздней стадии;
- сложите вместе потребности на поддержание жизнедеятельности, производство молока и изменение живой массы животного.

Грубые корма собственного производства являются наиболее дешевым и доступным ингредиентом для сбалансированного рациона. Корове нужно давать столько грубых кормов, сколько она может съесть. Однако существует ограничение потребления грубых кормов, связанное с наполнением желудка [1].

В среднем коровы потребляют грубых кормов около 1,8 % (в виде сухого вещества) от своей собственной массы при условии, что рацион содержит достаточно концентратов. Если стадо разделено на группы по продуктивности, тогда потребление грубых кормов высокопродуктивными коровами составит приблизительно 1,6 % от их массы. Коровы с низкой продуктивностью потребят их примерно 2 % от своей массы. В сравнении с низкопродуктивными животными рацион высокопродуктивных коров должен содержать меньше грубых кормов и больше концентратов в связи с высокими энергетическими и белковыми потребностями этой группы. Это означает, что животное массой 600 кг с высокой продуктивностью потребит 9,6 кг сухого вещества грубых кормов, в то время как корова с низкой продуктивностью и с той же живой массой потребит в среднем 12 кг сухого вещества грубых кормов.

Чтобы подсчитать количество питательных веществ в грубых и других кормах, нужно перемножить массу сухого вещества кормов на цифру содержания в них питательных элементов (таблица 1) или, что лучше, взятых из данных лабораторных анализов грубых кормов. Например, травяное сено содержит 5,29 МДж (среднее арифметическое от 5,57 и 5,02 МДж) на 1 кг сухого вещества. Корова потребляет 12 кг сена. Таким образом, количество энергии, содержащейся в сене, составит:  $5,29 \cdot 12 = 63,5$  МДж. Для расчета необходимого количества питательных веществ в концентратах необходимо вычесть количество питательных веществ, включенных в грубые и другие корма, из общего необходимого количества.

Большинство концентрированных кормов содержит энергии в пределах от 6,3 до 9,2 МДж на 1 кг сухого вещества. Если кукуруза является основной составляющей частью концентрированных кор-

мов, то в этом случае содержание энергии может достигать до 8,4 МДж на 1 кг сухого вещества. Однако если в концентрированных кормах содержатся отруби (ячмень, рожь), содержание энергии может быть значительно меньше и может сравниться с содержанием энергии на 1 кг сухого вещества в грубых кормах (3,8 МДж). В рассматриваемом примере количество энергии в концентрированных кормах составляет приблизительно 7,325 МДж на 1 кг сухого вещества. Поэтому количество концентрированной смеси, необходимой для удовлетворения энергетической потребности, определяется делением суточного количества энергии, которая должна содержаться в концентратах, на действительное количество энергии, содержащейся в них.

Таблица 1 – Подсчет потребностей в питательных веществах, содержание питательных веществ в грубых кормах и других кормовых компонентах, подсчет количества и композиции концентрированных смесей

Потребность	Энергия, МДж/кг СВ	Сырой протеин, г	Кальций, г	Фосфор, г
<i>Этап 1</i>				
Поддержание жизнедеятельности (живая масса 600 кг)	40,6	406	24,0	17,0
На 1 кг молока при жирности 3,5 %	2,9	84	2,97	1,83
На 18 кг молока при жирности 3,5 %	51,9	1512	53,5	32,9
Прибавка живой массы в средней стадии лактации	1,1	145	0	0
Общее количество	23,2	2062	77,5	49,9
<i>Этапы 2 и 3</i>				
Грубые корма (2 % от живой массы)	63,2	1104	33,6	39,6
Пивная дробина (1,2 кг)	4,2	381	5,0	8,3
Общее количество	17,4	1485	38,6	47,9
<i>Этап 4</i>				
Питательные вещества в концентрированных смесях	24,3	557	38,9	2,0

Количество килограммов сухого вещества концентрированной смеси в день:

$$\frac{24,3 \text{ МДж/день}}{7,32 \text{ МДж/кг СВ}} = 3,3 \text{ кг СВ в день.}$$

Для определения процентного содержания протеина, кальция и фосфора в концентрированных кормах необходимо разделить количество (выраженное в кг) каждого питательного элемента, находящегося в концентратах, на требуемое количество концентратов [2].

Процентное содержание в концентратах:

*протеин*:  $100 \cdot 0,577 \text{ кг}/3,3 \text{ кг} = 17,5 \%$ ;

*кальций*:  $100 \cdot 0,0389 \text{ кг}/3,3 \text{ кг} = 1,18 \%$ ;

*фосфор*:  $100 \cdot 0,00024 \text{ кг}/3,3 \text{ кг} = 0,01 \%$ .

### **Заключение**

1. Для того чтобы сбалансировать рацион, количество питательных веществ в нем (кг/день) должно быть равно количеству питательных веществ (кг/день), необходимых для поддержания жизнедеятельности животного, производства молока и функций воспроизводства.

2. Количество и тип источников энергии и протеина имеют большое значение при формировании хорошего рациона.

3. Производство молока упадет в тот же день, если корова испытывает недостаток воды.

4. Потребление сухого вещества и потребление энергии тесно взаимосвязаны.

5. С увеличением энергетической потребности животного вследствие увеличения производства молока потребление животным кормов также возрастает. Кроме того, необходимо увеличить энергетическую насыщенность рациона.

### **Список использованной литературы**

1. Яковчик Н.С., Лапотко А.М. Кормление и содержание высокопродуктивных коров. Под редакцией С.И. Плященко – Молодечно, РУП «Топография «Победа», 2005-297 с.

2. Казаровец Н.В., Яковчик Н.С., Ракецкий П.П. Племенная работа, кормление и содержание молочных коров. Под общей редакцией П.П. Ракецкого – Минск, БГАТУ, 2016. - 562 с.

## **СЕЛЕКЦИОННО-ПЛЕМЕННАЯ РАБОТА ПО СОЗДАНИЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО МОЛОЧНОГО ТИПА ЧЕРНО-ПЕСТРОГО СКОТА «БЕЛГОЛШТИН»**

Н.В. Казаровец<sup>1</sup>, д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси,  
П.П. Ракецкий<sup>2</sup>, к.с.-х.н., доцент, И.Н. Казаровец<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Республика Беларусь*

<sup>2</sup> *Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Разработка системы повышения конкурентоспособности производства молока и говядины на основе создания голштинской популяции молочного скота отечественной селекции, составляющей около 50% наличия маточного поголовья в республике, с генетическим потенциалом молочной продуктивности 10 – 11 тыс. кг молока, выведении двух новых линий животных в популяции, превышающих по продуктивности черно-пеструю породу на 1250 кг молока за лактацию, продуктивных качеств молочного и мясного скота, ресурсосберегающих технологий их содержания и использования, является одной из важных задач селекционно-племенной работы в молочном скотоводстве.

### **Основная часть**

Формирование специализированного молочного типа предполагается осуществлять в 600...700 сельскохозяйственных организациях с численностью 800...1000 коров в каждой, с годовым производством 4,8...5,0 млн т молока, или 60 % от общего объема его производства в республике. В процессе селекционно-племенной работы по созданию специализированного типа молочного скота в зависимости от основных решаемых задач необходимо выделить пять этапов (таблица 1). На каждом из указанных этапов преследуются разные цели, способствующие последовательному решению существующей проблемы [1].

Важнейшим инструментом племенной работы по совершенствованию молочного скота является интенсивное использование быков-производителей, признанных улучшателями, оцененных по качеству потомства. Доказано, что использование быков-улучшателей позволяет повысить молочную продуктивность коров

на 200...300 кг молока за одно поколение. В то же время получение быков-улучшателей – долгий и дорогостоящий процесс, поэтому использование таких производителей эффективно на маточном поголовье соответствующего генотипа и продуктивности [2].

Таблица 1 – Этапы создания нового специализированного типа молочного скота «БелГолштин»

Этап	Направление селекционно-племенной работы
1	Характеристика массива голштинизированного скота, оценка продуктивных, племенных достоинств, экстерьерных особенностей маточного поголовья
2	Разработка перспективного плана племенной работы, формирование племенной базы, обоснование стратегических и тактических задач по организации селекционного процесса
3	Создание генофондных стад, оптимизация генеалогической структуры, разработка целевых стандартов, определение критериев оценки и отбора племенных животных
4	Разработка нормативных и экономических параметров взаимодействия племенных хозяйств разного уровня, обоснование методик оценки и критериев отбора животных в племенное ядро, быкопроизводящую группу, быков по качеству потомства. Закладка новых линий, родственных групп и семейств
5	Совершенствование нового типа по продуктивным и племенным качествам путем подбора быков определенных линий американской и канадской селекции, соответствующих параметров целевых стандартов

С учетом опыта отечественной и зарубежной селекционных школ перспективными направлениями инновационной деятельности в племенном скотоводстве Республики Беларусь являются:

- выделение того или иного массива животных в качестве самостоятельного типа возможно в том случае, если установлены достоверные различия от среднего популяционного уровня по телосложению и продуктивным качествам;

- создание собственной племенной базы для выделенного массива скота, обеспечивающей возможность эффективной селекционной работы;

- формирование структурных элементов внутривидового типа: линии, семейства;

- создание высокопродуктивных стад голштинского скота для получения быкопроизводящих коров, в том числе выделение селекционной группы (нуклеуса);

- внедрение единой информационной системы по принципу: хозяйство–район–область–республика, использование системы однозначной регистрации и идентификации племенного скота и системы линейной оценки типа животных.

Внедрение отмеченных направлений селекции по совершенствованию черно-пестрого скота республики базируется на определении объективных предпосылок для выделения определенной группы голштинизированного скота и разработки системы по созданию специализированного молочного типа.

*На первом этапе* создания специализированного молочного типа предусматривается изучение процесса акклиматизации импортного поголовья и его потомков, обоснование экономической целесообразности формирования массива скота импортной селекции, адаптированного к условиям республики. Полученные результаты научных исследований свидетельствуют, что голштинизированный скот достоверно превосходит средние показатели животных белорусской черно-пестрой породы по продуктивным качествам, выделяется типом телосложения, характерным для животных специализированных молочных пород. В дойных стадах активной части популяции коровы проявляют устойчивую продуктивность на протяжении всей лактации, что свидетельствует о хороших адаптационных способностях потомков импортированного скота. Следовательно, задача племенной службы – системно выделять особей, соответствующих установленным параметрам, вести целенаправленную селекцию по созданию отечественного специализированного молочного скотоводства.

*На втором этапе* разрабатывается 10-летний план племенной работы и мероприятия по его реализации: закрепление быков-производителей согласно линейной специализации стада; выведение быков-производителей, продолжателей линий; повышение интенсивности выращивания ремонтного молодняка, отбор животных, отвечающих требованиям промышленной технологии.

Главными факторами наращивания генетического потенциала на данном этапе являются: выявление и активное использование производителей-улучшателей, выведенных в собственных племенных хозяйствах; завоз спермы, эмбрионов и племенного скота голштинской породы из-за рубежа (США, Канада); активизация отбора по основным селекционным признакам среди маточного поголовья и в первую очередь среди первотелок.

*На третьем этапе* важно обеспечить оптимизацию генеалогической структуры, так как сложившаяся генеалогия, наследственная неоднородность коров требуют изменений в направлении типизации и обеспечения в каждом последующем поколении достаточно высокого генетического потенциала за счет использования выдающихся продолжателей родственных групп. Большая масса гол-

штинизированных животных получена при использовании быков с разным генетическим потенциалом продуктивности. Уникальная наследственность отдельных животных не становится достоянием определенной группы, а растворяется в массиве всего стада, поэтому ценные качества высокопродуктивных животных не всегда устойчиво передаются потомству. Поэтому быков-производителей– продолжателей линий, проверенных по качеству потомства и признанных улучшателями, а также их сыновей необходимо, прежде всего, использовать на том маточном поголовье, на котором их проверяли.

Кроме того, при систематическом импорте спермы и быков-производителей структура породы (популяции) должна быть организована таким образом, чтобы каждый новый завоз не вызывал коренной ее перестройки. Генеалогическая структура должна быть простой, достаточно широкой и дифференцированной, обеспечивающей максимальный генетический прогресс по основным хозяйственно полезным признакам в племенных и товарных хозяйствах за счет интенсивного использования быков-лидеров.

Для ускоренного совершенствования активной части популяции голштинизированного скота рекомендуется в каждой области выделить ведущие племенные хозяйства и создать генофондное стадо (нуклеус) с целью формирования системы селекционно-племенной работы по созданию специализированного молочного типа «Бел-Голштин». Племенной репродуктор (нуклеус) крупного рогатого скота имеет функцию создания генофондного стада, комплектования высокоценными производителями госплемпредприятий, получения быкопроизводящих коров, апробирования в селекционно-племенной работе современных методов и приемов.

Задачами репродуктора являются: непрерывное совершенствование собственного генофондного стада; размножение ценных породных животных определенного типа и плановых линий; улучшающее влияние на стада ведущих племенных хозяйств; рекламирование и распространение апробированных, соответствующих мировым стандартам методик селекционно-племенной работы; организация выставок и выводок животных.

К каждой корове, содержащейся в репродукторе, должен проводиться заказной подбор (желательно внутрилинейный), возможен умеренный инбридинг для повышения гомозиготности по показателям молочной продуктивности. В подборе разрешается использование спермы быков-производителей только голштинской породы, причем на первом этапе ( $F1$ ,  $F2$ ) – быков лучших мировых селекций,

входящих в *TOP 100 TPI INTERNATIONAL*. Подбор осуществляется так, чтобы получить высокоценных животных, относящихся к плановым линиям и генеалогическим комплексам республики с учетом стандартов создаваемого типа.

Животные, отобранные для репродуктора, должны использоваться в первую очередь в качестве коров-доноров эмбрионов. От каждой коровы, реагирующей на гормональную обработку пoлиовуляцией, за год можно получить до 60 качественных эмбрионов, а от 150...180 животных (50...60 % коров, реагирующих пoлиовуляцией, от стада в 300 гол.) – до 9000...10 000 эмбрионов.

В качестве животных-реципиентов необходимо использовать телок белорусской селекции, содержащихся в хозяйствах с высокой кормовой базой, комфортными условиями содержания нетелей и хорошо налаженным племенным учетом.

Телят-трансплантантов после генетической экспертизы следует возвращать в репродуктор и вести направленное их выращивание. Нетелей рекомендуется оставлять для ремонта собственного стада или реализовать в племенные хозяйства, а бычков направлять в элеверы. Таким образом, от 300 маток племенного репродуктора за год можно получить до 9000...10 000 эмбрионов и 100...125 телят с генетическим потенциалом 12...15 тыс. кг молока.

Комплектование племенного репродуктора является важной составляющей организационного процесса племенной работы и требует разработки нормативных документов и экономической заинтересованности племенных хозяйств разного уровня. Возможны три варианта решения данной проблемы.

*Вариант 1.* Приобретение в ведущих племенных хозяйствах республики полновозрастных высокопродуктивных коров голштинской породы с удоем не ниже 12 000 кг молока за 305 дн. наивысшей лактации, массовой долей жира в молоке – 3,6 %, белка – 3,2 %. Средний удой за 305 дн. по всем законченным лактациям должен составлять не менее 10 000 кг. Родословная таких животных должна быть консолидирована по всем показателям молочной продуктивности не менее, чем в трех поколениях. Каждая корова должна пройти генетическую экспертизу (в том числе на достоверность происхождения и наличие генетических аномалий) и иметь генетический паспорт.

Оценка экстерьера должна проводиться на 2...3-м месяце первой лактации. Суммарный балл по 100-балльной шкале должен составлять не менее 85. При линейной оценке отклонения от оптимальных показателей по большинству оцениваемых признаков

должны быть незначительными, без ярко выраженных пороков. Живая масса коров – не ниже 600 кг.

Недостатки данного варианта комплектования репродуктора заключаются в следующем: взрослые, привыкшие к определенным условиям эксплуатации животные, получают стресс при переводе в новые условия, что может отрицательно сказаться на их воспроизводительной способности; использование взрослых коров может быть недолговременным; угроза ветеринарному благополучию репродуктора. Достоинства данного варианта заключаются в том, что каждая корова уже прошла проверку по собственной продуктивности как минимум за три лактации.

*Вариант 2.* В племенных хозяйствах приобретаются первотелки, закончившие 1-ю лактацию с удоем за 305 дн. не ниже 10 000 кг, массовой долей жира в молоке – 3,6 %, белка – 3,25 %. Остальные требования к первотелкам такие же, как и к полновозрастным коровам (вариант 1). К недостаткам данного варианта комплектования репродуктора можно отнести следующие: первотелки прошли проверку по собственной продуктивности только за 1-ю лактацию, неизвестно, какой будет повторяемость показателей молочной продуктивности в следующих лактациях; угроза ветеринарному благополучию репродуктора.

К достоинствам данного варианта можно отнести то, что эксплуатация первотелок может быть более длительной, чем полновозрастных коров, следовательно, от каждого животного можно получить большее количество племенной продукции. Кроме того, для молодых коров стресс, полученный от перемены условий обитания, будет менее ощутимым, чем для полновозрастных животных.

*Вариант 3.* Закупка нетелей голштинской породы лучшей зарубежной селекции в других странах. При закупке нетелей следует исходить из принципа «лучше меньше, да лучше», т. е. животные должны быть высочайшего класса. Удой матерей нетелей должен составлять не менее 15 000 кг за 305 дн. наивысшей лактации при массовой доле жира в молоке – 3,6 %, белка – 3,2 %. Отцы должны входить в *TOP 100 TPI INTERNATIONAL*. Также на этих животных должны быть паспорта, подтверждающие достоверность происхождения и отсутствие генетических аномалий.

К недостаткам данного варианта можно отнести то, что нетели не оценены по собственной продуктивности и существует угроза ветеринарному благополучию репродуктора. К достоинствам следует отнести максимально длительное использование животных для получения племенного материала и все достоинства молодого

организма по адаптации к условиям эксплуатации, подготовки к отелу, а также после отела приучение к технологии доения.

В дальнейшем комплектование репродуктора возможно за счет телок, полученных от лучших коров генофондного стада естественным путем и методом трансплантации эмбрионов. Для этого необходимо определиться с хозяйством (фермой), где будут выращивать такой молодняк. Комплектование репродуктора возможно одновременно по нескольким вариантам.

*На четвертом этапе* рассматриваются такие факторы, как создание новых племенных предприятий, выделение хозяйств-оригинаторов, обновление и укрепление их материально-технической базы, расширение и совершенствование экспериментальной базы. Внедрение новых методов племенной работы в данных племенных хозяйствах основывается на улучшении материального стимулирования труда специалистов и животноводов, совершенствовании экономических договорных отношений (регулирование цен), обеспечении самофинансирования племенных предприятий. Согласованность и взаимодействие указанных факторов интенсификации племенного молочного скотоводства на основе программы крупномасштабной селекции позволит получать высококлассный племенной молодняк [3].

### **Заключение**

В результате многолетней селекционной работы в Республике Беларусь с использованием генетического потенциала голштинской породы создан массив племенного черно-пестрого скота, продуктивность которого выше, чем у чистопородных черно-пестрых сверстниц. Уровень продуктивности, условий эксплуатации животных, а также качество используемых даже в племенных стадах производителей влияют на состояние маточного поголовья.

Поэтому в каждой области необходимо выделить хозяйства-оригинаторы по дальнейшему совершенствованию голштинизированного скота с целью создания молочного типа «БелГолштин».

### **Список использованной литературы**

1. Казаровец Н.В. Теоритические и практические аспекты селекционно-племенной работы. – Минск: БГАТУ, 2005. - 310 с.
2. Казаровец Н.В. Племенная работа в молочном скотоводстве: монография / Н.В. Казаровец [и др.] – Минск: БГАТУ, 2012. - 424 с.
3. Казаровец Н.В., Яковчик Н.С., Ракецкий П.П. Племенная работа, кормление и содержание молочных коров. Под общей редакцией П.П. Ракецкого – Минск, БГАТУ, 2016. - 562 с.

## **ВЛИЯНИЕ ЗООГИГИЕНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СОДЕРЖАНИЯ НА ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНУЮ СПОСОБНОСТЬ СВИНОМАТОК**

С.А. Костюкевич, к.с.-х.н., доцент, А.А. Якубовский  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Среди факторов среды важное место занимает микроклимат помещений, то есть температура и влажность воздуха, концентрация вредных газов, общий газовый состав, загрязненность микроорганизмами. На микроклимат свиноводческих предприятий влияют плотность размещения свиней, технология производства, режим и тип кормления, конструкция свинарников, системы навозоудаления и вентиляции, а также внешние климатические факторы. Несмотря на то, что в свиноводческих помещениях создается регулируемый микроклимат, он все-таки не всегда соответствует оптимальным параметрам. Такие отклонения от рекомендуемых норм могут быть обусловлены временем года, природно-климатическими условиями, конструкцией зданий, особенностями содержания, а также эффективностью функционирования систем обеспечения оптимальных зоогигиенических параметров. При несоблюдении оптимальных параметров микроклимата происходит снижение естественной резистентности организма, продуктивность свиней снижается на 20-30 %, а отход поросят может достигать 40-50 % [2].

Исследования С.И. Плященко (1980) показали, что нередко оптимальные параметры микроклимата не выдерживаются. В результате снижаются сохранность поросят (до 60–80 %) и их среднесуточные приросты (до 176–199 г), отъемная масса в возрасте 2 месяцев (до 11,6–13,1 кг) [1,3].

### **Основная часть**

С целью решения поставленных выше проблем научные исследования проводились в 2015 году на 2 группах свиноматок крупной белой породы по 12 голов в каждой. Группы были сформированы по принципу пар-аналогов по возрасту, живой массе, физиологическому состоянию и упитанности в условиях свинофермы РУСП «Победи-

тель» Слонимского района. При проведении исследований свиноматки контрольной группы в хозяйстве содержались с традиционной трехфазной технологией производства продукции свиноводства, а опытной – в условиях малозатратной энергосберегающей технологии производства продукции свиноводства. В контрольной группе кормление осуществлялось двукратно в день из групповых кормушек, а поение – из групповых корыт. В опытной группе – кормление с использованием кормушек с дозаторами, поение – из групповых поилок, оборудованных поплавковым механизмом. У свиной контрольной группы уборка навоза проводилась два раза в день, опытной – один раз в 4 месяца. Для кормления животных в течение всего периода исследований использовали комбикорм согласно нормам ВАСХНИЛ. Расход кормов устанавливали по данным группового учета фактического количества потребленных комбикормов за период опыта.

Состояние микроклимата помещений для содержания свиной исследовали в порядке текущего контроля с применением соответствующих измерительных приборов. По общепринятой методике определяли следующие показатели микроклимата: атмосферное давление, температуру воздуха, относительную влажность, скорость движения воздуха, содержание углекислого газа, аммиака, сероводорода, пыли и микроорганизмов. Полученные результаты обработаны вариационно-статистическим методом на ПК.

Анализ полученных данных по зооигиеническим параметрам воздушной среды в помещении цехов воспроизводства свиноматок показал, что почти все показатели находились в пределах нормативных требований. При сравнении показателей микроклимата помещений на свиноферме, разница между ними статистически недостоверна. Однако содержание в воздухе углекислого газа, аммиака, сероводорода и микробная загрязненность в опытной группе были в 7,1 раза меньше, чем при традиционной технологии ( $P < 0,01$ ).

Малозатратная технология содержания свиной и зооигиенические условия положительно отразились на воспроизводительной способности свиноматок. Так, у свиноматок опытной группы половая активность была выше на 5%, чем у аналогов контрольной группы. Многоплодие свиноматок в условиях малозатратной технологии составило 10,2 гол., традиционной – 9,3 гол., или на 13,3% выше, чем в контроле ( $P < 0,01$ ). Масса гнезда приплода составляла 9,5 кг в опытной группе и 9,0 кг в контрольной группе, что на 5,3% ( $P < 0,1$ ). Сохранность поросят при отъеме в 45 дней составила 90,9 и 82,1% соответственно. Среднесуточный прирост живой массы у

опытных животных составил 273 г, что на 14,1 % больше, в сравнении с контрольными животными. Затраты корма на 1 кг прироста в опытной группе были ниже на 0,16-0,25 ЭКЕ или 2,2-4,5%.

### **Заключение**

Таким образом, совершенствование технологии производства, зооигиенических условий содержания свиноматок крупной белой породы путем эффективного функционирования систем обеспечения регулируемого микроклимата в помещениях положительно отразилась на их воспроизводительной способности, показателях сохранности поросят, динамике живой массы и затратах корма на единицу продукции.

### **Список использованной литературы**

1 Гильман, З.Д. Повышение продуктивности свиней / З.Д. Гильман. – Минск : Ураджай , 1982. – 238 с.

2 Долженкова, Г.М. Влияние технологии содержания и параметров микроклимата при доращивании и откорме на рост и развитие поросят / Г.М. Долженкова, Р.С. Гизатуллин // Агрэкологические и социально-экономические проблемы и перспективы развития АПК Зауралья : мат. науч.-практ. конф. – Сибай. – 2014. 89–90.

3 Шейко, И.П. Свиноводство / И.П. Шейко. – Минск : ООО «Новое знание», 2005. – 337 с.

УДК 636.082

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННО-ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЫ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОПУЛЯЦИИ ЧЕРНО-ПЕСТРОГО СКОТА**

Н.В. Казаровец<sup>1</sup>, д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси,  
П.П. Ракецкий<sup>2</sup>, к.с.-х.н., доцент, И.Н. Казаровец<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Республика Беларусь*

<sup>2</sup> *Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

В связи с интенсификацией производства молока в последнее годы резко возросли требования качеству животных, ускоренному повышению генетического потенциала продуктивности животных.

Для решения этих задач необходимо, наряду с интенсивным выращиванием телок, использовать быков-производителей. Полученных от матерей с рекордной продуктивностью (на уровне 12-15 тыс. кг молока за 305 дней лактации). Таких коров в племенных хозяйствах республики единицы и, как показывает опыт работы этих хозяйств, в основном по общехозяйственным причинам они не могут значительно увеличить количество коров с рекордной продуктивностью. Поэтому в страну завозится по импорту селекционный материал (быки, их сперма, телки, эмбрионы), на что расходуются немалые валютные средства. Создание голштинской популяции молочного скота отечественной селекции, составляющей около 50 % от наличия маточного поголовья в республике, с генетическим потенциалом молочной продуктивности 10-11 тыс. кг молока с содержанием жира 3,6 %, белка 3,2% позволит повысить продуктивность дойного стада на 15-20 %, а также вывести заводские линии для широкого использования в селекционном процессе.

### **Основная часть**

Главной целью селекции по совершенствованию молочного скота республики является выведение животных, способных проявлять высокую продуктивность при наименьших затратах на ее производство, сохранении хорошего здоровья, плодовитости и передаче этих качеств своим потомкам. Комбинированный чернопестрый скот даже при хорошем кормлении уступает по удою и морфофункциональным свойствам вымени животным узкоспециализированных молочных пород. Поэтому улучшить массив крупного рогатого скота применительно к требованиям современного производства можно путем создания нового типа с использованием лучших отечественных и мировых генетических ресурсов, прежде всего, скота голштинской породы. В результате многолетней селекционной работы с использованием генетического потенциала голштинских животных в республике сформирован массив чернопестрого скота, отличающегося более высокой продуктивностью и характерным типом телосложения. Преобразовать, улучшить данный массив применительно к требованиям современного производства можно на основе внутрипородной селекции и путем создания новых высокопродуктивных групп и типов с использованием лучших мировых генетических ресурсов [1].

В масштабах государства концептуальные подходы по совершенствованию молочной отрасли должны основываться на следующих положениях:

- высокопродуктивные животные – основа рентабельного и конкурентоспособного молочного производства. Такие животные дают возможность получать прибыль не только от производимого молока, но и от реализации племенной продукции;

- действенный экономический механизм и система государственной поддержки производства племенной продукции увеличат заинтересованность отечественных производителей;

- оптимизация управленческих функций, улучшение организации сервисного обслуживания животных активной части популяции способствуют увеличению производства племенной продукции и улучшению экономической эффективности отрасли молочного скотоводства.

С учетом состояния маточного поголовья активной части популяции селекционно-племенная работа должна вестись по трем направлениям.

1. *Выведение нового специализированного молочного типа.* В племенных хозяйствах с устойчивой кормовой базой и ежегодными надоями на уровне 6000 кг молока на корову часть маточного поголовья (чистопородные и помесные голштинские коровы, отвечающие требованиям целевых стандартов) включается в ядро выводимого нового типа черно-пестрого скота «БелГолштин» (белорусский голштин).

Согласно данным РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» создаваемый специализированный молочный тип будет иметь параметры:

- молочная продуктивность коров – 9...10 тыс. кг молока с содержанием жира 3,6...3,9 % и белка 3,2...3,3 % за лактацию;

- живая масса полновозрастных коров – 650...700 кг;

- высота в крестце – 140 см, косая длина туловища – 165 см, обхват груди за лопатками – 205 см. Это будут животные крепкой и плотной конституции, выносливые, гармоничного телосложения, с равномерно развитым выменем ваннообразной и чашеобразной формы.

2. *Совершенствование черно-пестрого скота* в комбинированном типе продуктивности (молоко и говядина) за счет собственных племенных ресурсов путем чистопородного разведения, сохранения ведущих, закладки и выведения новых прогрессирующих линий, родственных групп и семейств. Для улучшения технологических качеств вымени, формирования желательного типа телосложения рекомендуется дальнейшее использование быков-

производителей голштинской породы отечественной селекции. Обоснование данного направления совершенствования основано на том, что жесткие условия промышленной технологии предъявляют высокие требования к коровам по их пригодности к машинному доению, к стрессоустойчивости и устойчивости к нарушениям плодovitости. Чистопородный голштинский скот более подвержен стрессовым факторам, требует комфортных условий содержания, ухода и высокого качества кормов. На данном этапе многие сельскохозяйственные предприятия не в состоянии обеспечить необходимые условия.

*3. Использование части маточного поголовья черно-пестрого скота в мясном направлении*, в том числе и для скрещивания по специальным программам со специализированными мясными породами. Данное направление должно стать основой для формирования в республике массива скота мясного направления продуктивности через промежуточные этапы создания скота двойного направления продуктивности [2].

Организационно-селекционный процесс осуществляется по разработанной программе РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» с целью совершенствования популяции молочного скота. В основу программы селекции заложены принципы крупномасштабной селекции в сочетании с индивидуальной и групповой селекцией в отдельном стаде с использованием последних достижений науки и передового опыта.

Согласно положениям программы, селекции племенная работа по совершенствованию молочного скота представляет собой многоуровневый процесс.

Первый уровень – племенные заводы как базовые хозяйства по совершенствованию существующих и выведению новых пород, типов и линий. Селекционные стада (6000 коров с продуктивностью 10...12 тыс. кг молока в среднем на корову) создают за счет саморемонта и лучшего импортного селекционного материала (сперма, эмбрионы, телки). Племязаводы обеспечивают быками (840 племенных бычков), госплемпредприятия и племхозы – сверхрементными телками.

Второй уровень – элеверы, госплемпредприятия, племхозы и племфермы. Элеверы проводят проверку и оценку молодых бычков по развитию, экстерьеру и воспроизводительной способности. Лучших продают госплемпредприятиям (630 бычков). Госплемпредприятия содержат племенных быков и используют их в соот-

ветствии с программами селекции, организуют проверку быков по качеству потомства с целью выявления улучшателей. Племяхозы и племяфермы осуществляют проверку быков по качеству потомства (на 30 % маточного поголовья). Сверхремонтных телок продают в товарные хозяйства. Используют сперму лучших быков, выведенных на племязаводах, для искусственного осеменения коров и телок с целью повышения генетического потенциала маточного поголовья стада до 9...10 тыс. кг молока от коровы в год.

Третий уровень – товарные хозяйства, основное назначение которых заключается в производстве молока максимального объема, хорошего качества и экономически эффективного. Поэтому подбор быков-производителей зависит от уровня удоя коров стада, организации сервиса маточного поголовья. Целесообразно закреплять быков с учетом поэтапной голштинизации до 75 % кровности маточного поголовья, живой массы животных и межлинейного кроссирования [3].

### **Заключение**

Перспективным направлением в активной части популяция молочного скота областей и республики в целом по племенной работе является:

- повышение генетического потенциала племенных стад по молочной продуктивности до 10-11 тыс. кг молока с содержанием жира 3,6 %, белка 3,2%, живой массой полновозрастных коров 600-650 кг;
- совершенствование племенной работы базы создание племенного ядра стада (быкопроизводящие коровы) с генетическим потенциалом 12-15 кг молока на корову;
- получение в требуемом объеме высокоценных быков-производителей;
- совершенствование генетической структуры в дойных стадах популяции.

### **Список использованной литературы**

1. Казаровец Н.В. Теоритические и практические аспекты селекционно-племенной работы. - Минск: БГАТУ, 2005. - 310 с.
2. Казаровец Н.В. Племенная работа в молочном скотоводстве: монография / Н.В. Казаровец [и др.] – Минск: БГАТУ, 2012. - 424 с.
3. Казаровец Н.В., Яковчик Н.С., Ракецкий П.П. Племенная работа, кормление и содержание молочных коров. Под общей редакцией П.П. Ракецкого – Минск, БГАТУ, 2016. - 562 с.

## **ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ЗЕРНОВЫХ КОРМОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СВИНЕЙ**

С.А. Костюкевич, к.с.-х.н., доцент

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

### **Введение**

При усовершенствовании известных технологий переработки фуражного зерна необходимо обращать внимание на повышение питательной ценности получаемого продукта и влияние подготовленного корма на продуктивность животных [1,3]. Одним из способов повышения питательности является отсеивание шелухи, которая содержит большое количество клетчатки и мало других питательных веществ. Другой способ – это экструдирование, при котором под влиянием высокого давления и температуры происходит перевод питательных веществ в более усвояемую форму [2,5]. После такой обработки улучшается санитарное состояние зерна (нейтрализуются некоторые токсины, полностью уничтожается патогенная микрофлора и плесневые грибы), происходит инактивация ингибиторов ферментов, деструкция целлюлозных образований. Крахмал зерна расщепляется до простых сахаров, вследствие чего значительно улучшается кормовая ценность зерна [4].

### **Основная часть**

Цель опыта – сравнить влияние экструдированных и отсеянных от шелухи зерновых кормов на продуктивность свиней. Исходным материалом служили свињья крупной белой породы в возрасте от 153 до 220 дней. Для достижения поставленной цели были сформированы по принципу пар-аналогов три группы животных (по 12 голов в каждой). Первая группа служила контролем и получала основной рацион (ОР) хозяйства. Вторая группа – опытная – в состав рациона включали зерно экструдированное. Третья группа – опытная – в состав рациона включали зерно без шелухи.

Питательность рационов определяли в лаборатории анализа кормов по общепринятым методикам.

В период опыта свиней кормили сухой кормосмесью. Основу рациона составляло зерно ржи и пшеницы по 32,6 %, зерно гороха и овса – 16,3 %, с добавлением мела – 0,5 %, поваренной соли – 0,7 % и премикса – 1 %. Питательность 1 кг рационов для поголовья свиней представлена в таблице 1.

Самая высокая энергетическая питательность отмечена в рационе 2-й опытной группы, содержащем экструдированное зерно, что превышало соответствующий показатель 1-й контрольной группы на 4,8 %. Питательность рациона по обменной энергии для 3-й опытной группы на 0,4 МДж ниже, чем для 2-й опытной группы, и на 0,1 МДж выше, чем для 1-й контрольной группы. Содержание сырого и переваримого протеина 1-й контрольной и 3-й опытной группах одинаково и больше, чем во 2-й опытной группе, на 8,8 %. Минимальное количество клетчатки в сухом веществе рациона было в 1-й контрольной и 2-й опытной группах – 7,7 и 8,7 % соответственно.

Таблица 1 – Питательность рационов кормления (1 кг)

Показатели	Группа		
	1-контрольная	2-опытная	3-опытная
Обменной энергии, МДж	10,3	10,8	10,4
Сухое вещество, г	846	898	865
Сырой протеин, г	91	83	91
Переваримый протеин, г	68	62	68
Сырая клетчатка, г	65	78	50
Сырой жир, г	30	32	27
БЭВ, г	586	622	588
Сырая зола, г	41	48	44
Кальций, г	10,1	10,8	10,4
Фосфор, г	6,1	6,5	5,9

Продуктивность свиней оценивали по показателям живой массы, абсолютному и среднесуточному приростам живой массы. Динамика живой массы свиней представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика живой массы

Показатель	Группа		
	1-контрольная	2-опытная	3-опытная
Начальная масса, кг	67,2±3,22	66,7±2,66	65,9±2,71
Конечная масса, кг	102,2±2,90	102,2±4,45	104,8±1,94
Абсолютный прирост, кг	35,0±1,94	35,3±1,31	38,9±1,05

При постановке на опыт живая масса молодняка свиней находилась в пределах 65,9–67,2 кг, а в конце эксперимента живая масса в 1-й контрольной и 2-й опытной группах была одинаковой. Наибольший абсолютный прирост наблюдался в 3-й опытной группе, что 11,1 и 0,9 % больше, чем в 1-й контрольной и 2-й опытной группах соответственно.

### Заключение

Применение экструдированных кормов привело к снижению затрат корма на 1 кг прироста живой массы. При этом во 2-й группе данный показатель составил 4,7 кг, что меньше, чем в 1-й контрольной – на 12,5 %, и 3-й опытной группе – на 2,7%.

Скармливание экструдированных кормов не способствует повышению приростов живой массы, но приводит к снижению затрат кормов на единицу продукции на 12,5 %.

### Список использованной литературы

- 1 Алейников, И.И. Новые технологии текстурирования кормов // Комбикорма. – 2001, № 2. – С. 31.
- 2 Комник, Г. Экструдирование – верный путь к повышению качества / Г. Комник // Комбикормовая промышленность. – 2000, № 7. – С. 19–20.
- 3 Мишунов, Н.П. Перспективные технологии тепловой обработки комбикормов / Н.П. Мишунов. – М.: Росиформагротех, 2006. – 82 с.
- 4 Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справочное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. / под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – М.: РАСХН ВГНИИЖ, 2003. – 456 с.
- 5 Шаршунов, В.А. Экспандирование – прогрессивная технология обработки зерна / В.А. Шаршунов, А.В. Червяков, С.И. Козлов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2001, № 1. – С. 49-53.

## **ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КОРОВНИКА ДЛЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ**

Н.С. Яковчик<sup>1</sup>, д.с.-х.н., д.э.н., профессор,  
П.П. Ракецкий<sup>1</sup>, к.с.-х.н., доцент, И.Н. Казаровец<sup>1</sup>,  
А.В. Коротчиков<sup>1</sup>, Д.В. Живица<sup>1</sup>, Ж.В. Романович<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь*

### **Введение**

При традиционном строительстве коровников устраивается одна система вентиляции, которую вынуждены эксплуатировать в течение всего года независимо от климатических условий. Эксплуатация таких коровников показывает, что указанный компромисс не соответствует требованиям высокопродуктивных коров. Более оправдывают себя так называемые «гибкие системы вентилирования», которые подходят к изменяющимся погодным условиям: поднимающиеся и опускающиеся стенки, перегородки, специальные проходы и т. д., что позволяет автоматически приспосабливаться к условиям окружающей среды и активно регулировать микроклимат.

### **Основная часть**

В связи с этим в последнее время в ряде стран Западной Европы нередко практикуют строительство коровников из легких материалов с трансформирующимися стенками. Летом в жаркую погоду юго-восточная сторона коровника (как наиболее освещаемая и обогреваемая) полностью открывается, а зимой, с наступлением холодов и в условиях сильных ветров, стены закрываются с помощью жалюзи (рисунки 1).



а)



б)

Рисунок 1. – Коровник с полностью открытой юго-восточной стороной (а) и с трансформирующимися стенами (б)

Животные при этом имеют возможность всегда дышать чистым свежим воздухом и инсолироваться. В коровнике, кроме того, устраивают открытый проход (галерею) на доильную установку, что способствует повышению двигательной активности животных – каждые 8 ч коровы идут по этому маршруту на дойку и после нее (рисунок 2). Подобного типа помещения на 700 голов коров и 1000 голов молодняка построены на экспериментальной базе «Жодино» Смолевичского района. Такое строительное решение снижает стоимость здания, упрощает эксплуатацию, а содержание коров в них способствует повышению аппетита, укреплению здоровья, увеличению продуктивности [1].

В некоторых случаях сооружают сетчатые стены, но они менее гибки. Летом они сдерживают легкое дуновение ветра, а при сильных ветрах зимой позволяют проникать в помещение большому объему воздуха, что ведет к излишнему охлаждению здания. Недостатком защитных сеток являются также довольно высокие затраты на уход: они быстро забиваются пылью, при этом их пропускная способность воздуха значительно снижается.



а)



б)

Рисунок 2. – Виды проходов: открытый (галерея) на доильную площадку (а), обратный для животных с галереи (б)

Используют также регулируемые козырьки. Они позволяют летом затенять помещение, а зимой – закрывать его. Оснащают коровники и коньковой вентиляцией: зимой при закрытой боковой стене – классический вариант вентиляции через конек крыши; летом при открытой боковой стене – поперечное проветривание здания (рисунок 3).

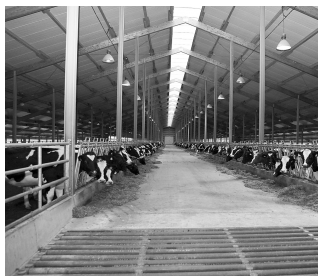


Рисунок 3. – Коровник с коньковой вентиляцией

Летом при высоких значениях температуры и незначительном движении воздуха высокопродуктивные коровы особенно чувствительны к такому микроклимату. При вентилировании животноводческих помещений теплый, влажный, загрязненный воздух непрерывно должен заменяться сухим, прохладным, чистым воздухом. Это способствует оптимизации потребления корма, поддержанию в сухом состоянии мест отдыха и проходов, сохранению здоровья животных.

Воздухообмен должен происходить независимо от наружной температуры или погодных условий. Если даже снаружи ненастная погода или идет снег, в любом случае необходимо обеспечить поступление свежего и отток загрязненного воздуха. Желателен даже зимой минимум четырехкратный обмен воздуха в час. Труднее обстоит ситуация летом: в этот период желательна кратность воздухообмена 60...100 раз в час. Традиционное вентилирование уже не устраивает. Термическое состояние потока воздуха зимой характеризуется тем, что воздух поднимается вверх, летом из-за теплого воздуха окружающей среды такой процесс существенно меняется. Большой приток свежего воздуха летом достигается увеличением отверстий для притока, чтобы использовать естественное движение воздуха. В таком случае условия в коровнике приближаются к внешним условиям [2].

Более интенсивный приток воздуха означает и более высокую скорость его движения. Для коров это не представляет проблемы; коровы хорошо переносят скорость движения воздуха до 5 м/с. Высокая скорость движения воздуха помогает корове летом охлаждаться и снижает риск теплового стресса. Простым и доступным способом контроля движения воздуха в коровнике может служить

использование какого-либо источника дыма. Он ставится в зоне отдыха животного, и ведется наблюдение за потоком дыма и при этом фиксируется время движения облачка на определенное расстояние. Зимой при четырехкратном обмене вентиляционного воздуха через 15 мин дым должен удалиться, летом же дым как индикатор должен покинуть помещение за одну минуту.

Снижения продуктивности можно избежать, если коровы не будут находиться под прямым воздействием солнечных лучей. Изолированные крыши со светлой кровлей дают коровам соответствующее затенение. Свет падает через высокие боковые стены, которые одновременно служат и для подачи воздуха. Предпосылкой для хорошего вентилирования помещения и охлаждения коров является сама конструкция здания. Здания на открытых холмистых местах, построенные с учетом господствующих ветров, с высоким открытым коньком и низкими сопряженными прогонами гарантируют успешное функционирование вентиляции. В помещениях с застойным воздухом оправдывает себя дополнительное оснащение вентиляторами [2].

### **Заключение**

В пути к достижению 10-тысячных удоев микроклимат играет существенную роль. Если воздух сухой, чистый и прохладный, то коровы поедают больше корма и дают больше молока. Гибкие системы вентилирования помогают выровнять колебания микроклимата. Формула скотовода «больше воздуха – больше молока». Ни в помещении, ни в коровнике не должно быть неприятного запаха.

Поднимающиеся и опускающиеся стенки, перегородки, специальные проходы и др., позволяют автоматически приспособливаться к условиям окружающей среды и активно регулировать микроклимат.

### **Список использованной литературы**

1. Яковчик Н.С., Лапотко А.М. Кормление и содержание высокопродуктивных коров. Под редакцией С.И. Плященко – Молодечно, РУП «Топография «Победа», 2005-287 с.
2. Казаровец Н.В., Яковчик Н.С., Ракецкий П.П. Племенная работа, кормление и содержание молочных коров. Под общей редакцией П.П. Ракецкого – Минск, БГАТУ, 2016. - 562 с.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОКА НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ВЫМЕНИ КОРОВ**

С.А. Костюкевич, к.с.-х.н., доцент, Д.Ф. Кольга, к.т.н., доцент,  
В.В. Захаров

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

### **Введение**

Оценка морфологических и функциональных особенностей вымени коров является неотъемлемой частью процесса отбора коров по пригодности к машинному доению. По свойствам вымени судят о продуктивной способности и пригодности коров к машинному доению. В процессе селекции крупного рогатого скота и при переходе на интенсивное скотоводство и технологии происходит постепенное изменение качественных характеристик вымени коров. С переходом от ручного доения к машинному свойства вымени изменились и изучались многими учеными [1-3]. В настоящее время в молочном скотоводстве происходит переход на интенсивные способы производства молока, к которым относится применение роботизированных установок для доения коров. Поэтому вопрос приспособленности вымени коров к доильному роботу является актуальным.

### **Основная часть**

Цель исследований заключалась в изучении влияния технологии получения молока на морфологические и функциональные свойства вымени коров. Для проведения исследований сформировали две группы коров по принципу пар-аналогов в зависимости от технологии получения молока (22 головы). В первую группу вошли коровы черно-пестрой породы, которые доились в молокопровод на автоматизированной доильной установке «*Westfalia*»; во второй группе были коровы черно-пестрой породы с применением роботизированной доильной системы «*Astronaut A4*» фирмы «*Lely*».

Оценку вымени по морфологическим и функциональным показателям проводили согласно принятой методике [4]. Функциональ-

ные показатели вымени и свойства молокоотдачи оценивались путем контрольных доений в течение смежных суток. Доением коров первой группы проводили доильным аппаратом для попарного доения вымени коровы, при вакууме 39,8 кПа, частоте пульсаций 70 ударов в минуту. Время доения измеряли секундомером. Доение коров второй группы осуществляли доильным роботом «*Astronaut A4*» с одновременной фиксацией результатов доения в оперативную память компьютера. Вакуум доильного аппарата роботизированной системы – 40 кПа, частота пульсаций – 55 ударов в минуту. Биометрическая обработка результатов опыта проводилась в программе «*Microsoft Excel*».

При изучении технологии получения молока на основные свойства вымени установлено, что промеры вымени коров второй группы имели значения больше, чем промеры вымени первой группы: обхват – на 3,8 см (2,9 %) ( $P < 0,05$ ); глубина – на 0,6 см (2,5 %); длина – на 1,0 см (2,3 %); ширина – на 0,4 см (2,3 %). Промеры вымени коров в зависимости от технологии получения молока представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Промеры вымени коров, см

Промеры	1 группа (« <i>Westfalia</i> »)	2 группа (« <i>Astronaut A4</i> »)
Обхват вымени	129,1±1,3	132,9±1,2*
Глубина вымени	23,0±0,6	23,6±0,6
Длина вымени	38,2±0,6	39,2±0,6
Ширина вымени	19,2±0,2	19,6±0,2

Животные второй группы по показателю условной величины вымени превосходили коров первой группы в среднем на 171,1 см<sup>2</sup>.

Функциональные показатели вымени коров характеризуются суточным удоем, продолжительностью и интенсивностью доения (таблица 2). Установлено, что за сутки от коров, доившихся роботом «*Astronaut A4*», надоили больше молока на 6,2 % ( $P < 0,05$ ), чем от животных, доившихся автоматизированной доильной установкой «*Westfalia*». Быстрее выдаивались коровы первой группы – на их доение было затрачено 7,9 мин., что на 0,9 мин. меньше, чем во второй группе.

Таблица 2 – Функциональные свойства вымени

Показатель	1 группа (« <i>Westfalia</i> »)	2 группа (« <i>Astronaut A4</i> »)
Суточный удой, кг	18,2±0,5	19,4±0,4*
Продолжительность доения, мин.	7,9±0,2	8,8±0,2
Интенсивность молокоотдачи, кг/мин.	2,04±0,02	2,09±0,02

Интенсивность молокоотдачи характеризует скорость выдаивания коров. Этот показатель выше у коров, доившихся роботизированной системой «*Astronaut A4*» на 0,05 кг/мин.

### Заключение

Морфологические и функциональные характеристики вымени исследуемых животных отличаются в зависимости от технологии получения молока. Так, промеры вымени коров, содержащихся без привязи, с применением роботизированной системы «*Astronaut A4*», имели большие значения по сравнению с промерами коров, доившихся в доильном зале доильными установками «*Westfalia*». От коров второй группы надоили больше молока, чем от животных первой группы. Животные второй группы отличались равномерно развитым выменем и более высокой скоростью молокоотдачи – 0,05 кг/мин (2,4 %).

### Список использованной литературы

- 1 Арзуманян, Е.А. Формы вымени и продуктивность коров / Е.А. Арзуманян. – М. : Россельхозиздат, 1964. – 125 с.
- 2 Лазоренко, Д.С. Молочная продуктивность, состав и свойства молока при различных технологиях производства: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Д.С. Лазоренко. – Троицк, 2011. – 153 с.
- 3 Чечехина, О.С. Совершенствование технологических приемов доения для улучшения свойств вымени и повышения продуктивности коров / О.С. Чечехина // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 4. – С. 77-79.
- 4 Оценка вымени и молокоотдачи коров молочных пород: метод. материалы / Латвийская СХА. – М.: Колос, 1984. – 39 с.

## **АПРОБАЦИЯ КОРМОВОГО БЕЛКА, ПОЛУЧЕННОГО ПЕРЕРАБОТКОЙ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ, ПРИ КОРМЛЕНИИ РЕМОТНОГО МОЛОДНЯКА КУР**

И.Б. Измайлович<sup>1</sup>, к.с.-х.н., доцент, Н.Н. Якимович<sup>2</sup>, к.т.н.,  
И.В. Якимович<sup>2</sup>, А.А. Шункевич<sup>2</sup>, И.Н. Черняк<sup>3</sup>,  
Р.А. Кусин<sup>4</sup>, к.т.н., доцент, А.С.<sup>4</sup>Сапотько,

<sup>1</sup>*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>3</sup>*ГНУ «Институт порошковой металлургии»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>4</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Важной народнохозяйственной проблемой является разработка собственных источников пищевого белка для кормления животных. В этом плане перспективным направлением для решения данной задачи является использование молочной сыворотки. Современные технологии переработки молочной сыворотки, позволяют только частично решить проблему ее использования, поскольку или не являются безотходными (процессы производства лактозы и биогаза), или малотоннажны (производство напитков и пищевого белка), или весьма затратны. Целью данной работы было изучение эффективности применения отечественной белковой кормовой добавки на основе молочной сыворотки (БКД-МС) в кормлении ремонтного молодняка кур.

### **Основная часть**

Научно-хозяйственный опыт проводили в ОАО «1-я Минская птицефабрика». Объектом исследований явился ремонтный молодняк кур кросса «Хайсекс белый» с суточного до 91-дневного возраста. Кормление молодняка осуществляли полнорационными комбикормами с трехфазовой сменой рационов: в возрасте 0-5 недель комбикорм рецепта КДП-2-1, в котором содержалось

1210 кДж обменной энергии (ОЭ) и 19,3 % сырого протеина (СП); в возрасте 5-10 недель – КДП-2-2 (1185 кДж ОЭ и 17,6 % СП); в возрасте 10 недель и до конца выращивания – КДП-3 (1160 кДж ОЭ и 14,9 % СП). Комбикорма были сбалансированы по широкому комплексу питательных и биологически активных веществ.

Научно-хозяйственный опыт проводили по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Группы	Количество голов	Особенности кормления
1-я (контрольная)	50	ОР* + комбикорм по фазам выращивания, содержащий 5 % рыбной муки
2-я (опытная)	50	ОР + 5 % БКД-МС аналогично количеству рыбной муки в контрольной группе

\*ОР – основной комбикорм.

В результате опыта было установлено, что в суточном возрасте живая масса обеих групп цыплят, сформированных по принципу аналогов, была 36-37 г. В дальнейшем интенсивность роста курочек дифференцировалась следующим образом: в 42-дневном возрасте цыплята второй группы превосходили в живой массе контроль на 14,4 г, а в 91-дневном – на 53,6 г, или на 5,2 % при статистически достоверной разнице.

Во время выращивания ремонтных молодок при ограниченном кормлении и достаточно высокой сохранности поголовья (96% в обеих группах) было установлено, что наибольшей конверсией питательных веществ комбикорма отличались ремонтные курочки опытной группы, где на каждый килограмм прироста использовалось на 4,5% кормов меньше, чем в контроле.

Определяющим критерием целесообразности применения в птицеводстве различных инновационных разработок является их экономическая эффективность. При выращивании ремонтного молодняка кур яичного направления продуктивности слагаемыми эффективности производства являются показатели сохранности поголовья, интенсивности роста и затрат кормов на единицу прироста живой массы. В таблице 2 приведены расчеты экономической эффективности производства.

Таблица 2 - Расчеты экономической эффективности

Показатели	Группы	
	1-я	2-я
Начальное поголовье, гол.	50	50
Сохранность поголовья, %	96	96
Количество кормодней, дн.	4365	4378
Живая масса суточных цыплят, г	36,3	36,5
Живая масса суточных цыплят в конце опыта, г	1021,9	1075,5
Прирост живой массы 1 гол., г	985,6	1038,5
Валов. прирост живой массы, кг	47,3	49,8
Дополнительный прирост, кг	-	2,5
Стоимость дополнительного прироста, руб.	-	4,25
Дополнительные затраты, руб.	-	0,21
Дополнительная прибыль, руб.	-	4,04

### Заключение

Включение в комбикорм ремонтного молодняка кур отечественной белковой кормовой добавки БКД-МС по энергетической и белковой питательности, равной количеству рыбной муки (5 %), способствует повышению интенсивности роста молодняка на 5,2 %, снижению затрат кормов на 1 кг прироста живой массы на 4,5 %, более активному проявлению признаков физиологического созревания молодняка (по смене маховых перьев первого порядка) и признаков полового диморфизма (по размерам гребня). Экономический эффект от включения в рацион молодняка птиц белковой кормовой добавки в количестве 5 % от потребности всего комбикорма за время опыта составила 4,04 деноминированных белорусских рубля.

**СЕКЦИЯ 2**  
**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ**  
**ТЕХНОЛОГИЙ НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ**  
**И ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ФЕРМАХ**

УДК 636.03; 636.592

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ**  
**ПАРАМЕТРОВ МЕЛКОТОВАРНОЙ ФЕРМЫ ПО**  
**ПРОИЗВОДСТВУ МЯСА ЦЫПЛЯТ БРОЙЛЕРОВ**

И.Е.Плаксин, А.В. Трифанов, к.т.н.

*ФГБНУ «Институт агроинженерных и экологических проблем  
сельскохозяйственного производства»,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

**Введение**

С января по сентябрь 2016 года в России было произведено более 6,5 млн. тонн всех видов мяса (свинина, говядина, мясо птицы, баранина и козлятина), что на 5% превосходит данный показатель 2015 года. В процентном соотношении в убойном весе мясо птицы составляет 49,2%, свинина – 34,8%, говядина – 14,1%, баранина и козлятина – 1,6%, другие виды мяса – 0,4% [5].

**Основная часть**

Наиболее активный рост наблюдается в области производства мяса птицы, в процентном соотношении данный показатель составляет 103,3% по сравнению с 2015 годом, что в убойном весе составляет 107,3 тыс. тонн. Росту производства наблюдается увеличение потребления мяса птицы. Это объясняется ценовым фактором – на данный вид мяса цена на 40-35% ниже, чем на говядину и на 25-30% – на свинину. В общем объеме производства мяса птицы на сегодняшний день лидером является мясо цыплят бройлеров (97%), второе место занимает индюшатина (2%), на прочие виды мяса птицы приходится порядка 1% от общего производства.

Мелкотоварное производство мяса бройлера малыми птицеводческими предприятиями не может составить достойную конкуренцию крупным птицефабрикам в ценовом сегменте. Это объясняется тем, что, благодаря использованию средств механизации и ав-

томатизации производственных процессов крупные птицеводческие предприятия могут позволить продавать тушки бройлеров по оптовой цене 90-110 рублей за килограмм. Кроме того, мелкотоварные предприятия не имеют возможности разделять готовую продукцию в следствие отсутствия цехов убой и первичной переработки птицы. В связи с обозначенными проблемами мелкотоварного производства мяса цыплят бройлеров, возникает необходимость в определении и объективной оценке технико-экономических параметров малых птицеводческих предприятий, и, на их основе, разработке современных наукоемких технико-технологических решений, позволяющих повысить рентабельность и конкурентоспособность мелкотоварных предприятий [2].

Целью данного исследования являлось определение основных технико-экономических параметров мелкотоварной фермы по производству мяса бройлеров.

В ходе исследований был применен метод сравнительного анализа фактических технико-экономических показателей с нормативными. Согласно нормам технологического проектирования (НТП АПК 1.10.05.001-01) среднесуточное потребление корма при сухом способе кормления составляет 0,08 кг/сут., потребление воды 0,19 л/сут., толщина подстилочного слоя не менее 0,1 м и расход постилки за цикл выращивания 1,5 кг. Фронт кормления должен составлять 0,025 м с возможностью свободного доступа к кормушке. Температура содержания птиц должно составлять в первую неделю содержания 26-28 °С, со второй по третью неделю 22°С, с четвертой по пятую 20 °С, и до конца откорма не менее 18 °С при относительной влажности воздуха птицеводческого помещения не более 70%[1]. Для определения основных технико-экономических параметров мелкотоварной фермы по производству мяса бройлеров применялся метод пассивного эксперимента. Результаты исследований обрабатывались с использованием программных средств ПК.

Эксперимент проводился в помещении производственной площадью 75 м<sup>2</sup>, оборудованном кормушками бункерного типа с возможностью одновременного обслуживания шестнадцати птиц в каждой кормушке, для поения применялись вакуумные поилки объемом 10 литров каждая (рисунок 1), в процессе содержания птиц высота поилок и кормушек регулировалась для предотвращения загрязнения кормов и воды, а также для снижения их потерь.

Содержание птиц осуществлялось на подстилке из опилок, верхний слой которых утилизировался по мере его загрязнения. Вентиляция производственных помещений естественная. Для обогрева птиц использовались инфракрасные лампы.



Рисунок 1. – Оборудование для кормления и поения бройлеров, используемое при проведении эксперимента

Эксперимент проводился в течении 10 недель. Ежедневно осуществлялись замеры общего расхода кормов (с помощью мерных весов) и воды (с помощью мерной емкости), велся учет падежа птиц, а также изменение трудозатрат по мере роста птиц. Для контрольного взвешивания использовались весы для птиц ВАТ1.

В начале эксперимента на откорм было поставлено 640 суточных цыплят бройлеров средним весом 50 грамм. По окончании откорма в возрасте 10 недель средний вес женских особей цыплят бройлеров составил 1800 грамм, а средний вес мужских особей цыплят бройлеров – 2500 грамм. За весь период выращивания было израсходовано 1,334 т кормов, 2,61 м<sup>3</sup> воды, а также 0,96 т опилок в качестве подстилочного материала. В результате проведения исследований были получены зависимости изменения количества потребляемого корма, воды, а также затрат труда в зависимости от изменения живой массы птиц.

$$Y_1 = -0,0003x^3 + 0,0278x^2 - 0,4229x + 9,1272,$$

$$R^2 = 0,954$$

$$Y_2 = 3E-07x^5 - 7E-05x^4 + 0,0055x^3 - 0,1592x^2 + 2,0647x + 9,445,$$

$$R^2 = 0,9297$$

$$Y_3 = -1E-08x^5 + 2E-06x^4 - 0,0002x^3 + 0,0061x^2 - 0,0465x + 0,7758$$

$$R^2 = 0,96$$

где  $Y_1$  – количество потребляемого бройлерами корма, кг/сут;  
 $Y_2$  – количество потребляемой бройлерами воды в сутки, л/сут;  
 $Y_3$  – трудозатраты на обслуживание бройлеров, чел.ч/сут;  $x$  – живая масса бройлеров;  $R$  – коэффициент корреляции.

В ходе проведения исследований была определена конверсия корма, которая составила 2 кг, также определены затраты воды необходимые для набора одного килограмма живой массы бройлеров – 2 л. Падеж птиц за весь период содержания составил 1,9%.

Полученные уравнения регрессии позволяют определить корреляционную связь между параметрами необходимого количества кормов, воды, а также затрат труда необходимых для обслуживания заданного поголовья цыплят бройлеров. Также данные зависимости позволяют определить дальнейшие изменения технико-экономических параметров птицеводческого предприятия, а также точно рассчитать финансовые затраты на обслуживание птиц.

### **Заключение**

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что на контрольном мелкотоварном предприятии по выращиванию бройлеров, используются технологии, не позволяющие полностью использовать генетический потенциал птиц. Следствием этого становится несоответствие фактических и нормативных технико-экономических параметров. Потребление птицами корма на 25% меньше расчетного наблюдается из-за плохих санитарно-гигиенических условий содержания и загрязнения корма в кормушках. Аналогично с низким потреблением кормов, потребление воды на 69% ниже нормативных параметров из-за ее высокой загрязненности. Трудозатраты на описанном мелкотоварном птицеводческом предприятии в 3,5-4 раза превышают аналогичный показатель птицеферм, использующих современные средства автоматизации и механизации производственных процессов, что приводит к увеличению стрессовых ситуаций и снижению продуктивности птиц.

Приведенные значения основных технико-экономических показателей обосновывают необходимость разработки современных, наукоемких технико-технологических и планировочных решений для мелкотоварных птицеводческих предприятий, которые позволят снизить трудозатраты на обслуживание птиц, а также повысить рентабельность мелкотоварных птицеферм до 35-40% за счет рационального использования ресурсов и генетического потенциала птиц. Одним из перспективных направлений при решении обозначенных задач являются планировочные и технико-технологические решения животноводческих и птицеводческих ферм с применением технологических модулей [3,4].

## Список используемой литературы

1. Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий РД-АПК 1.10.05.04-13.
2. Плаксин И.Е., Трифанов А.В. Определение основных технико-экономических параметров мелкотоварной фермы по производству мяса индейки // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2016. № 4 (19). С. 289-293.
3. Плаксин И.Е., Трифанов А.В. Модульная животноводческая ферма // *Сельский механизатор*. 2012. № 7. С. 28-29.
4. Плаксин И.Е., Трифанов А.В. Результаты производственной проверки технологического модуля для откорма поросят // *Сборник научных трудов ГНУ СЗНИИМЭСХ*. 2014. № 85. С. 122-129.
5. <http://www.gks.ru>.

УДК 637.11(07)

## INTERREG SLURRY ACIDIFICATION TECHNOLOGY PROJECT DEVELOPED BY BALTIC REGION COUNTRIES

W. Romaniuk, Assoc.Prof., dr. hab., Jan Barwicki  
*Institute of Technology and Life Sciences,  
Warsaw Branch, Poland*

### Summary

Acidification of animal slurry has proved to be an efficient solution to minimize  $\text{NH}_3$  emissions in-house, during storage, and after soil application, as well as to increase the fertilizer value of slurry, without negative impacts on other gaseous emissions. This solution has been used commonly in Denmark, and its efficiency with regard to the minimization of  $\text{NH}_3$  emissions has been documented in some studies. Acidification reduced  $\text{NH}_3$  emission from stored slurry to less than 10% of the emission from untreated slurry, and the  $\text{NH}_3$  emission from applied slurry on the field was reduced by 67%.

### Introduction

Technical report concerning feasibility studies for pilot installations of InterregSAT's activity was provided. In application form "in storage" system was planned to be utilized in Polish conditions. In the project there

are involved all Baltic countries: Sweden, Denmark, Finland, Germany, Poland, Estonia, Lithuania and Latvia. Also Russia and Belarus are involved as a cooperating members of the project.

ITP has three experimental farms located in a distance of about 300 km one from the other. In each of that there farms there are barns with approximately about 180 cows in each site. Experimental farm in Falenty has chemical laboratory, which can provide sample tests taken from acidification experiments. This situation made a decision to plan two concrete tanks of approximately 12,5 m<sup>3</sup> each to provide two different experiments; slurry acidification research and concrete tests concerning influence of harmful substances on the construction material itself.

Figure 1 shows two concrete tanks staying side by side, one is for fresh slurry and the other for acidified one. These two concrete tanks are equipped in one mixer and one pump, which can be moved very easy from one tank to the other, depending on the requirements. Fresh slurry from right tank is pumped to the left tank, where acidification occurs. Acidification process is controlled by pH meter. When process is completed acidified slurry is taken by a tanker using discharge pipe RB.

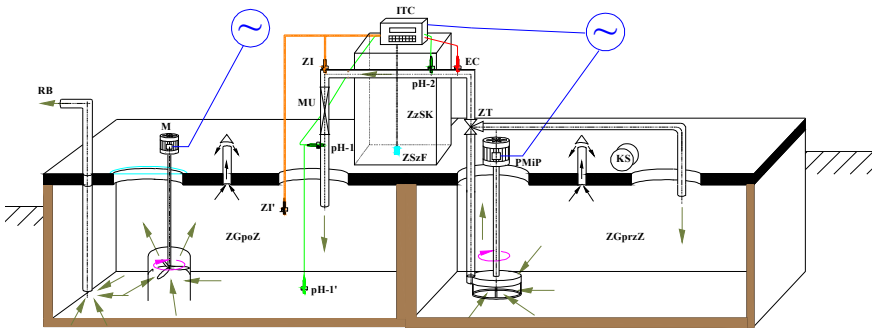


Figure 1. – Experimental pumping of fresh slurry to acidification tank

Analysis of different storage tanks and acidification systems was provided. Also economic analysis concerning possible usage of acidified slurry on different crops as: corn, wheat, grass etc. was provided. Also costs of energy as electricity, gas, petrol etc. were taken into consideration. Technical documentation of two concrete tanks were elaborated. On the basis of procurement which fulfill EU and Polish law building contractor for concrete tanks construction was chosen. To pro-

vide acidification process in these two tanks special automated system was elaborated. The main elements of that system are; pump, mixer, pH meter, temperature meter. When slurry achieve proper pH value then it is pumped to the tanker with trailing hoses, which will spread acidified slurry on field plots to provide farther experiments. After analysis of different “in storage” systems present on Danish market, there were chosen one of the system, which can be suitable to the Polish animal herd sizes and possibility of safe acid delivery on the farm, where acidification process will be provided. These system contain the following main elements: main frame with power transmission taken from PTO of the tractor, slurry mixer, acid pump, which deliver acid from truck with acid to the area of slurry mixer activity, pH meter, which can check when proper PH level of slurry is achieved. According to the Polish and EU law procurement process of buying “in storage system” in Denmark is provided. Together with Radom Advisory Center ITP is looking for suitable farms, which can be useful to provide field open days for farmers and decision making organization, to promote slurry acidification system.

To study an effect of the influence of acidic slurry on concrete produced standard concrete samples measuring 15x15x15 cm made from two grades of concrete C25/30 and 30/37 in an amount of 66 pieces. As a medium was taken aggressive slurry acidified to a pH of 5.5. All samples after construction by the company Hydrobudowa undergone a process of care and maturation for a period of 28 days under conditions specified in the standard. Then samples were placed in an acidified slurry, normal slurry and water. Time storage of samples in different media was set at; 6 months, 12 month and 18 month. The samples will undergo strength tests of concrete and selectively microscopic examination of SEM. The endurance test shall be a subject of three samples, of which the average value is calculated. The reference point is obtained compressive strength of concrete samples after 28 days of ripening and comparison with the results of strength tests and microscopic one conducted on samples stored in various media in different periods of time. For laboratory tests on the effects of acidic slurry on reinforcing steel, prepared in the laboratory Hydrobudowa, samples of concrete with embedded reinforcement. In samples with dimensions 4x4x16 cm of amount 33 pieces is placed a rod of diameter 6 mm protected by a concrete layer with a thickness of 2mm, 7mm and 17mm. Samples were placed in the media; acidified slurry, normal slurry and water. The samples will be kept for a period of; 6 months, 12 month and 18 month. To measure of the impact

of the corrosive action of acidic slurry will be the toughness of the samples on strength when bending. The survey will be carried out on a strength testing machine. Samples will be also a subject to macroscopic evaluation. The reference point is reached breaking strength of concrete samples after 28 days of ripening and macroscopic evaluation of steel reinforcement. The results will be compared with results from research samples stored in different media for different periods of time.

Acidification of slurry is spontaneously changed, why was introduced monitoring of the level of acidity of pH and temperature.

Mobile acidification equipment could be suitable for acidifying the slurry in storage during mixing just before spreading. Such equipment could be invested in by the farmer. Mobile equipment implies that the cost can be shared if the same equipment is used on several farms. The service could also be hired from a contractor, under the conditions that there is a contractor in the neighborhood providing this service.

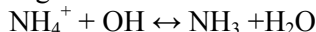
Figures 2 show the equipment, which will be delivered by ORUM Co. from Denmark.

These professional equipment can have big influence on farmers interest with large herd size of animals in Poland.



Figure 2. – OrumSemden’s “in storage” acidification system at work (farm in Denmark)  
Source: ORUM Co promotion material 2017

Just to explain why ammonia evaporation doesn’t exist, it can be explained by drawing the following equilibrium in slurry between ammonium salt and ammonia gas



At pH=6,4 all mineralized N is found as ammonium, and no evaporation takes place.

In Denmark, the slurry should after lowering the pH <6 be spread within 24 hours according to rules. As the spreading season last for longer times, this could mean a period of several weeks per year. Eco-

nomical calculations are needed to compare which solution is most profitable for individual farms. When hiring the service of acidification, the technology will be available also for smaller farms. Also, if surplus storage volume is needed because of foaming when adding acid, may make the alternative non-profitable compared to the other two alternatives.

### Conclusions

Acidification reduces NH<sub>3</sub> emission from pig houses by 70% compared with the standard housing treatment. Little loss was observed from stored slurry, and the NH<sub>3</sub> emission from applied slurry was reduced by 67%. In consequence, a 43% (S.E. 27%) increase in mineral fertilizer equivalent (MFE) was measured in field studies. The slurry acidification system is approved Best Available Technology (BAT) in Denmark.

pH level of 5,5- 6,4 is not very acidic, and no more acidic than rain water, which has a normal pH range from 4,5 to 8,5.

### References

1. BalticManure.[http://www.balticmanure.eu/en/news/acidification\\_of\\_slurry\\_and\\_biogas\\_can\\_go\\_hand\\_in\\_hand.htm](http://www.balticmanure.eu/en/news/acidification_of_slurry_and_biogas_can_go_hand_in_hand.htm)
2. Biocover A/S, 2012. Vera Statement. [http://www.veracert.eu/-/media/DS/Files/Downloads/Artikler/VERA\\_erklaering\\_2012\\_okt\\_enkeltside.pdf](http://www.veracert.eu/-/media/DS/Files/Downloads/Artikler/VERA_erklaering_2012_okt_enkeltside.pdf) (accessed 07.05.14).
3. Fangueiro, D., Ribeiro, H., Vasconcelos, E., Coutinho, J., Cabral, F., 2009. Treatment by acidification followed by solid-liquid separation affects slurry and slurry fractions composition and their potential of N mineralization. *Bioresour. Technol.* 100 (20), 4914-4917.
4. Fangueiro, D., Surgy, S., Coutinho, J., Vasconcelos, E., 2013. Impact of cattle slurry acidification on carbon and nitrogen dynamics during storage and after soilincorporation. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 176, 540-550.
5. Fangueiro, D., Surgy, S., Napier, V., Menaia, J., Vasconcelos, E., Coutinho, J., 2014. Impact of slurry management strategies on potential leaching of nutrients and pathogens in a sandy soil amended with cattle slurry. *J. Environ. Manag.* 146, 198-205.
6. HELCOM. 2013. Revised nutrient targets. <http://www.helcom.fi/baltic-sea-action-plan/nutrient-reductionscheme/targets>.
7. Interreg EU - Baltic Sea Region - Baltic Slurry Acidification Project 2016-2019.
8. Project number BIOSTRATEG1/269056/5/NCBR/2015 from 11.08.2015.

## МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ И ТРУДОЗАТРАТЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

С. Винницкий, д.с.-х. н., профессор,  
Л. Юговар, д.с.-х. н., профессор, В. Романюк д.с.-х. н., профессор  
*Институт технологических и естественных наук в Фалентах,  
Фаленты, Республика Польша*

### Введение

Усовершенствование процесса производства молока происходит по двум основным направлениям – биологическому и технологическому. Биологическое направление (усовершенствование пород животных) включает в себя селективный отбор с учетом продуктивности, большей массы тела, равномерного развития четвертой вымени, скорости доения и другие. Биологический прогресс происходит очень медленно и в течение смены множества поколений животных. Второе направление связано с механизацией, автоматизацией, роботизацией и информатизацией производственных процессов, связанных с кормлением и поением, поддержанием чистоты и доением. Оба этих направления являются взаимодополняемыми. Важное значение также имеет организация производственного процесса, которая в настоящее время повсеместно называется *процессом управления стадом и производством молока*.

В последнее время наблюдается возвращение к стационарным способам кормления животных. Множество фирм предлагает роботы для кормления животных.

В 2016 году в Польше были построены первые фермы с кормовыми роботами фирмы «DeLaval» (рисунок 1) и «Lely». В связи с небольшим периодом их эксплуатации в Польше, результаты исследований их эффективности отсутствуют. Известно, что в Швейцарии (по данным исследования *Gazzarin i in.*) [2], использование кормовых роботов привело к увеличению инвестиционных расходов на 11–20% и снижению трудозатрат на 5%.

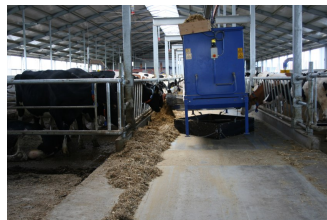


Рисунок 1. – Процесс раздачи полнорационной смеси и подгребания корма на кормовом столе с помощью робота-кормораздатчика

В Республике Польша, в последнее время начали использоваться доильные роботы, роботы, подготавливающие к скармливанию кормов, а также чистящие пол, что способствовало внедрению современных трудосберегающих технологий, изменяющих значение роли человеческого труда.

Объектом данного исследования являются отдельные аспекты роботизации и информатизации польских ферм, где начали применяться современные технологии. Целью данного исследования является анализ объемов и структуры трудовых затрат, связанных с обслуживанием животных, а также анализ молочной продуктивности на фермах с различным уровнем механизации и роботизации и размерами стада.

### Основная часть

Исследования проводились на шести фермах на территории Велькопольского воеводства (*województwo Wielkopolskie*). Поголовье коров на всех исследуемых фермах составляли коровы польской голштино-фризской породы (PHF) черно-пестрой масти. Исследование молочной продуктивности коров проводилось методом А4. Основными критериями выбора ферм для исследования являлись размер стада и уровень механизации. На трех малых фермах (М) размер стада составлял 65-80 голов (таблица 1), что соответствует рекомендуемому количеству коров, приходящемуся на одностаночный доильный робот. На трех больших фермах (Б) количество коров в стаде было значительно больше и составляло от 300 до 750 голов.

Таблица 1 – Основные характеристики содержания коров на исследуемых фермах

Размер стада	Количество коров	Зонирование		
		Зона отдыха	Зона кормления	Зона выгула
М1	80	Боксы с подстилкой	ПРС в группах	Сплошной пол
М2	65	Боксы с бесподстилочным содержанием	ЧСР + кормовая станция	Щелевой пол
М3	65	Боксы с подстилкой	ЧСР + доильный робот	Сплошной пол
Б1	310	Глубокая подстилка	ПРС в группах	Сплошной пол
Б2	750	Боксы с подстилкой	ПРС в группах	Сплошной пол
Б3	330	Боксы с бесподстилочным содержанием / Боксы с легкой подстилкой	ПРС + робот	Сплошной пол

ПРС – полнорационная смесь, ЧСР – частично-смешанный рацион

На всех фермах коровы находились на беспривязном содержании. На трех фермах (М1, М3 и Б2) коровы содержались на подстилке (рисунки 2), на двух фермах (М2 и Б3) на бесподстилочном содержании (рисунки 3, 4) и на одной ферме (Б1) – на глубокой подстилке.



Рисунок 2. – Боксы для отдыха и застеленный соломой прогулочно-навозный коридор



Рисунок 3. – Уборка навоза навесным скребком



Рисунок 4. – Уборка навоза со щелевого пола с использованием робота

На одной из ферм (М2) на коридорах был щелевой пол (рисунок 4), на всех остальных – сплошной пол (рисунок 3). В качестве корма для животных, на всех фермах применялась полнорационная смесь или частично-смешанный рацион. Кормление осуществлялось с помощью кормораздатчиков, смешивающих и раздающих корм (таблицы 1, 2, рисунки 1, 5).

Таблица 2 – Оборудование, используемое на фермах

Размер стада	Оборудование для:			
	доения	кормления	подгребания кормов	для уборки навоза
М1	Доильный зал «Елочка» 2x5=10	Кормораздатчик	Ручное	Бульдозер
М2	Доильный зал «Елочка» 2x5=10	Кормораздатчик	Ручное	Ручная уборка щелевого пола
М3	Доильный робот одностаночный	Кормораздатчик	Подгребающий робот	Бульдозер
Б1	Зал автотандем 2 x 4 + 1=9	Кормораздатчик	Трактор со скребком	Погрузчик-Дельта-скрепер
Б2	Доильный зал «Елочка» 50 2 x 10 x 2=20	Кормораздатчик	Трактор со скребком	Бульдозер
Б3	Роботы 3+2	Кормораздатчик	Подгребающий робот	Навесной скребок

Докармливание концентрированными кормами осуществлялось на трех фермах: в процессе доения роботом (М1 и Б3), а также в кормовой станции (М2). Доение коров осуществлялось в доильных залах на установках типа «Елочка» на трех фермах (М1, М2 и Б2) и «Авто-тандем» на одной ферме (Б1). Доильные роботы использовались на двух фермах (М3 и Б3). На двух фермах (М1 и Б3) вместе с доильными роботами использовались роботы, подгребающие корм к кормовому столу (рисунки 1, 5).

Данное исследование включает в себя: описание технологии производства; анализ трудозатрат на отдельные виды работ (доение, кормление, поддержание чистоты); анализ молочной продуктивности и состава молока.

Описание технологии осуществлялось на основании осмотра ферм. Трудозатраты рассчитаны на основании данных предоставленных владельцами ферм. Надой молока представлены на основании данных исследований *PFHViPM* [5].



Рисунок 5. – Подгребание роботом корма на кормовом столе



Рисунок 6. – Добавление разбавленной мелассы к полно-рациональной смеси в кормораздатчике

На эффективность производства молока влияют биологические факторы (связанные с коровой), технологические (система содержания животных и механизация отдельных процессов), а также организационные факторы (система управления стадом и технологическим процессом). Синергетическое воздействие данных факторов на увеличение производства молока представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Биологические, технологические и организационные способы увеличения производства молока

Цель деятельности	Способы реализации		
	биологические	технические и строительные	организационные
<i>в области кормления</i>			
Поедание коровами большого количества сухого вещества	селекция коров с большой массой тела	увеличение содержания сухого вещества в компонентах корма; измельчение грубых кормов; дробление зерновых и бобовых кормов	многократное кормление; многократное подгребание корма
Обеспечение поедания достаточного количества корма коровами, находящимися на нижних ступенях иерархии стада		кормление в виде смеси (ЧСР или ПРС)	постоянный доступ к корму, кормление «до отвала»
Рациональное использование концентрированных кормов		использование кормушек	разделение стада на технологически группы; применение информационных систем управления стадом
Скармливание невкусовых кормов (например рапсового шрота)		кормление в виде смеси (ЧСР или ПРС)	
<i>в области доения</i>			
Использование генетического потенциала коров	селекция	увеличение частоты доения	применение информационных систем управления стадом
Профилактика мастита	селекция по признаку равномерного развития четвертей вымени	автоматическое завершение процесса доения; доение «четвертей»; гигиена процесса доения	
<i>в области отдыха и выгула</i>			
Обеспечение комфортного положения коров во время лежания (удобного лежания) и предотвращение загрязнения и травм		правильные размеры боксов; мягкая и чистая подстилка; широкие коридоры	количество боксов равно количеству коров; регулярная уборка коридоров
Правильные условия содержания с точки зрения комфорта животных		использование щеток; эффективный воздухообмен; хорошее освещение коровника	мягкое обращение с животными

На всех исследуемых фермах применяются современные технологии. Это касается способа содержания – беспривязное, кормления – в виде полнорационная смеси и доения – в доильном зале или доильным роботом (таблицы 1, 2). Применение данных современных технологий способствовало снижению трудозатрат на обслуживание животных (таблица 4).

Таблица 4 – Объем и структура трудозатрат на фермах

Размер стада	Единица измерения	Затраченное время (минут в сутки) на:				
		доение	кормление	уборку навоза	Всего затрачено минут	Всего затрачено минут на 1 корову
М1	мин.	390	155	90	635	8
	%	61	24	15	100	-
М2	мин.	400	80	40	520	8
	%	77	15	8	100	-
М3	мин.	30	80	40	150	2
	%	20	53	27	100	-
Б1	мин.	1320	260	-	1580	5
	%	83	17	-	100	-
Б2	мин.	2400	480	480	3360	5
	%	70	15	15	100	-
Б3	мин.	60	300	60	420	1
	%	15	70	15	100	-

Анализируя влияние механизации на объем трудозатрат на фермах, В. Романюк, выделил пять уровней механизации [6]. На самом низком (первом) уровне суточный объем трудозатрат на одну корову составил 25-30 человеко-минут. На самом высоком (пятом) уровне объем трудозатрат составил 5-10 человеко-минут. На исследуемых нами фермах объем трудозатрат был в пределах пятого (и выше) уровня механизации.

Наибольший объем суммарных трудозатрат (8 минут на 1 корову в сутки) был зафиксирован на фермах М1 и М2. При очень по-

хожих технологиях, меньший объем трудозатрат был зафиксирован на фермах Б1 и Б2 – около 5 минут на корову. Эта разница обусловлена разным уровнем производительности машин, применяемых для кормления и уборки навоза.

Наибольшая производительность труда и наименьший объем трудозатрат вполне предсказуемо были достигнуты на фермах с доильными роботами (М3 и Б3). Детальный анализ влияния использования доильных роботов на трудозатраты был проведен в работе [7]. Для условий Швейцарии (*Gazzarin i in.*) [2] определено, что использование доильных роботов, приводит к увеличению размеров инвестиций от 6% до 20%, однако способствует снижению трудозатрат от 10% до 19%. Основным препятствием, для повсеместного перехода на доение с помощью доильных роботов, является их высокая цена и соответственно большой период окупаемости инвестиций [1]). Целесообразность применения доильных роботов также зависит от стоимости рабочей силы в конкретной стране (регионе). Хорошим примером может быть опыт Германии, где, начиная с 2012 года, продажа доильных роботов превышает продажу доильных залов [4]. На фермах с доильными залами, доение занимало наибольшую часть в структуре трудозатрат – от 61% на ферме М1 до 83% на ферме Б1, тогда как на фермах с доильными роботами – только 15% на ферме Б3 и 20% на ферме М3. Удельный вес трудозатрат на кормление варьировался между фермами. Сравнительно небольшой удельный вес трудозатрат на кормление наблюдался на обычных фермах – только 15% на фермах М2 и Б2, практически столько же на ферме Б1 – 17% и несколько больше на ферме М1. В тоже время, значительно больший удельный вес трудозатрат на кормление наблюдался на фермах с доильными роботами – 53% на ферме М3 и 70% на ферме Б3.

Удельный вес трудозатрат на уборку навоза также был различным на шести исследуемых фермах. На ферме М2, трудозатраты на уборку щелевого пола в части прилегающей к дольному залу составили 8% в общем объеме трудозатрат. На трех фермах М1, Б2, и Б3 на уборку пола приходилось 15% трудозатрат. Дан-

ные по трудозатратам на уборку навоза на ферме с глубокой подстилкой (Б1) не были представлены. Наибольший удельный вес трудозатрат на уборку наблюдался на ферме М3 – 27%, что было связано с неудобной формой прогулочно-навозного коридора [8]. Различия в удельном весе разных видов трудозатрат связаны с разницей в способах доения (в доильном зале или роботами) и способах уборки навоза (жидкий навоз, глубокая подстилка, стационарная и мобильная механизация). На всех исследуемых фермах наблюдались высокие надои молока (таблица 5), значительно превышавшие среднее-польское значение надоев на фермах, находящихся под контролем продуктивности [5]. Процентное содержание белка в молоке было приблизительно одинаковым на всех фермах, однако содержание жира было различным, что скорее всего связано с разницей в генетике животных и особенностях кормления.

Таблица 5 – Характеристика молочной продуктивности исследуемых ферм

Размер стада	Год	Среднегодовой выход, кг:			Процентное содержание в молоке, %	
		молока	жира	белка	жира	белка
М1	2014	10598	402	354	3,79	3,34
	2015	11303	418	372	3,7	3,29
М2	2014	9632	381	321	3,96	3,33
	2015	10146	383	331	3,77	3,26
М3	2014	7800	311	261	3,99	3,35
	2015	8678	328	289	3,78	3,33
Б1	2014	9515	403	323	4,24	3,39
	2015	9644	416	324	4,31	3,36
Б2	2014	11603	411	391	3,54	3,37
	2015	11628	442	393	3,8	3,38
Б3	2014	11302	419	379	3,71	3,35
	2015	10905	361	359	3,31	3,29

## **Заклучение**

Проведенные исследования позволили установить следующее:

1. На всех исследованных фермах применяется современная система беспривязного содержания коров, которая обеспечивает высокий уровень комфорта для животных и оказывает существенное влияние на повышение надоев молока.

2. Использование высокопроизводительных машин способствует снижению трудозатрат на обслуживание животных.

### **Список использованной литературы**

1. Balcerak M. Efektywność ekonomiczna wykorzystania systemów udojowych w gospodarstwach wyspecjalizowanych w produkcji mleka // XI Forum Zootechniczno-Weterynaryjne „Systemy udojowe – wady i zalety”. Poznań UP. 2015. S. 46-47

2. Gazzarin Ch., Nydegger F., Zahner M. Wie wirtschaftlich ist der Roboter? //Agroscope Transfer. 2014 (3). S. 7

3. Parzonko A. Relacja cen kosztów musi być zadawalająca. // Top agrar Polska Forum Rolników i Agrobiznesu – o przyszłości polskiego rolnictwa. Poznań. 2016. S. 25

4. Pelzer A. Womit wird gemolken?// DLG-Mittellunden, 2015. Spezial 1. S. 4-7

5. Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka. Ocena i hodowla bydła mlecznego dane za rok 2014 i 2015// Warszawa. 2015-2016

6. Romaniuk W. Wpływ rozwiązań funkcjonalno-technologicznych obór na energochłonność i koszty produkcji mleka w gospodarstwach rodzinnych // Rozprawa habilitacyjna. IBMER Warszawa. 1996. S. 150

7. Schick M. Arbeitszeitbedarf verschiedener Melkverfahren. // FAT Berichte. 2000. nr 544 S.16

8. Winnicki S., Jugowar J L., Romaniuk W. Efektywność stosowania robota udojowego w gospodarstwie rodzinnym // Aktualne problemy Inżynierii Biosystemów. UP Poznań. 2014. S. 172-184

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

К.В. Король, Д.А. Григорьев, к.т.н., доцент  
*Гродненский государственный аграрный университет,  
г. Гродно, Республика Беларусь*

### **Введение**

Процесс машинного доения коров стоит в самом конце длинного технологического цикла, когда даже самый незначительный элемент может стать ключевым условием эффективности, а незначительная ошибка одного человека может перечеркнуть усилия целого коллектива. В тоже время, доение представляет собой сложный физиологический процесс, главная цель которого заключается не только в быстром, достаточно полном и с наименьшими затратами труда, извлечении образовавшегося в вымени молока, но и в том, чтобы создать хорошие условия для стимуляции продуктивности животного. В настоящее время в развитии технологии производства молока в странах западной Европы сформировались новые тенденции, которые экспортируются вместе с современным оборудованием в виде программных алгоритмов, обеспечивающих работу оборудования и управление стадом. Однако опыт показывает, что подходы и технологические решения, которые мы получаем вместе с импортным оборудованием, требуют адаптации для условий отечественных ферм. Учитывая, что сегодня вся ферма технологически, технически и информационно так или иначе завязана на доильное оборудование, реализация всех без исключения процессов должна быть сообразована по месту, времени и сути с физиологическими особенностями процесса образования и отдачи молока [1].

### **Основная часть**

Процесс доения двухкамерным доильным стаканом, работающим по принципу двух тактов, имитирует сосание теленком матери, тем не менее даже самые современные конструкции доильных аппаратов оказывают негативное воздействие на вымя. Так после выдаивания цистернальной фракции у тугодойных коров зачастую скорость молокоотдачи резко снижается и до возобновления интенсивного вы-

деления молока вымя подвергается негативному воздействию вакуума. У обильномолочных коров, напротив, скорость потока молока сразу после выдаивания цистернальной фракции резко увеличивается. Интенсивный поток приводит к возврату молока из подсосковой камеры через сфинктер в цистерну соска при сжатии резины, что обуславливает раздражение вымени, приводит к замедлению физиологически обусловленной скорости доения, а также увеличивает риск обсеменения болезнетворной микрофлорой внутренних поверхностей соска и вымени.

Для решения указанных проблем современное оборудование имеет возможности настройки дифференцированных и динамически изменяемых параметров доения. Дифференцированная машинная стимуляция не включается в случае достижения установленного порога скорости молокоотдачи в заданный период времени, если же порог не достигнут, то стимуляция реализуется путем увеличения частоты пульсаций [2]. Динамическое изменение длительности рабочего такта в зависимости от потока молока обеспечивает увеличение длительности такта сосания при повышении скорости молокоотдачи и обратное его уменьшение при снижении потока молока. При этом длительность такта отдыха (сжатия) остается неизменной [3]. Схематическое отображение пульсации при описываемых режимах работы показано на рисунке 1.

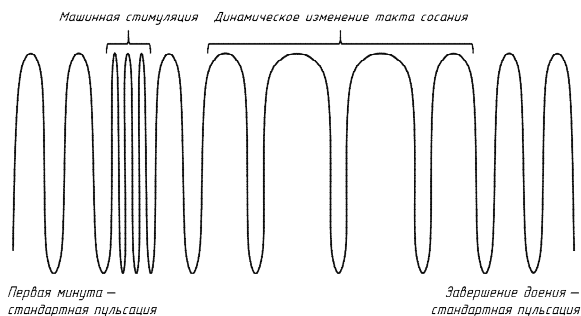


Рисунок 1. – График пульсации при дифференцированной машинной стимуляции и динамическом регулировании длительности тактов

Временные интервалы, пороги выключения стимуляции, начала и остановки динамического изменения длительности такта сосания, а также длительность тактов в указанных режимах могут быть изменены через программу управления оборудованием [4].

Проведенные исследования показали наличие значительных резервов повышения эффективности производства молока, заложенных в использовании возможностей современного автоматизированного оборудования путем выбора параметров процесса доения.

### **Заключение**

Из материалов работы можно заключить:

1. Процесс доения является сложнейшим технологическим элементом производства молока, поскольку сопряжен со сложными физиологическими процессами организма коровы.

2. Повышение эффективности и физиологичности процесса доения возможно при адаптации параметров доения под особенности технологии и физиологии животных.

3. Дифференцированная машинная стимуляция обеспечивает своевременный припуск и позволяет снизить негативное воздействие вакуума при снижении скорости молокоотдачи во время доения.

4. Динамическое изменение длительности такта сосания дает возможность устранить проблему возвращения молока в цистерну соска при высоком уровне потока молока.

### **Список используемой литературы**

1. Григорьев, Д. А. Разработка алгоритма выбора параметров машинного доения коров / Д. А. Григорьев, К. В. Король // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции – ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ – Воронеж, 2015. Ч. II – С. 68-74.

2. Григорьев, Д. А. Влияние порога включения машинной стимуляции на молочную продуктивность коров / Д.А. Григорьев, К.В. Король // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / ГГАУ. – Гродно, 2015. Т. 31 – С. 17-23.

3. Король, К.В. Динамическое изменение такта сосания как фактор повышения эффективности доения / К.В. Король, Д.А. Григорьев // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве: материалы международной научно-практической конференции – ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ – Воронеж, 2017. Ч. I – С. 180-185.

4. Король, К.В. Молочная продуктивность коров при различных параметрах динамического изменения длительности такта сосания / К.В. Король // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / ГГАУ. – Гродно, 2016. Т. 35 – С. 72-78.

## **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МОЛОЧНО-ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

В.К. Клыбик, к.т.н., доцент, М.И. Новиков  
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Молочное животноводство является одной из основных отраслей обеспечивающей национальную продовольственную безопасность Республики. В сельскохозяйственных организациях за период с 2010 по 2016 годы рост производства молока составил более 18 % и достиг 6765 тыс. тонн. Обеспечить такой рост позволило техническое переоснащение отрасли – строительство и реконструкция молочно-товарных ферм, внедрение на них доильных залов. В 2016 году в сельскохозяйственных предприятиях работало более 1700 молочно-товарных ферм с доильными залами.

Для обеспечения эффективного использования установленного на фермах оборудования имеющего, как правило, круглогодичный режим использования, оно должно находиться в высокой степени технической готовности, для чего необходимо в полной мере своевременно выполнять регламентные работы по техническому обслуживанию и текущему ремонту.

Обязательным при проведении технического обслуживания является диагностирование молочно-вакуумной системы доильного оборудования, в том числе контроль режимов доения, производительности вакуумных насосов, герметичности молокопроводов.

Для этих целей используется приборно-инструментальный комплект, основой которого является измерительный прибор, т.н. «пульсотест».

### **Основная часть**

В Республике Беларусь сервисными предприятиями используются «пульсотесты» фирм *Alfa Laval* и *GEA Farm Technologies*, однако приборные комплекты данных производителей до сих пор не внесены в реестр средств измерений Республики Беларусь.

Единственным прибором данного типа, включенным в реестр средств измерений Республики Беларусь, является совместная разработка ОАО «Минский часовой завод» и РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – прибор проверки доильных установок ППДУ-01.



Рисунок 1. – Прибор ППДУ-01

Для обеспечения проведения всех измерений в приборный комплект ППДУ-01 входят: блок измерительный функциональный БИФ-01, датчик расхода воздуха ДРВ-01, датчик скорости вращения вала двигателя ДСВ-01, комплект принадлежностей. Анализ и сопоставление конструкций зарубежных и отечественных доильных установок показывает, что диагностические точки, применимы практически для всех видов доильного оборудования, эксплуатируемого в Республике Беларусь, так как принцип действия, конструктивные схемы и технические характеристики используемого доильного оборудования схожи. Диагностические точки представлены на рисунке 2 [1].

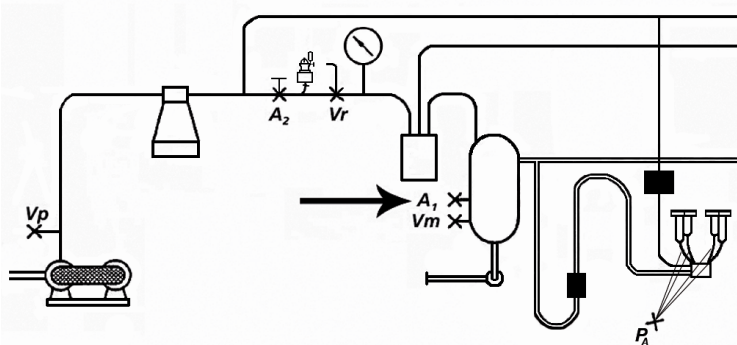


Рисунок 2. – Диагностические точки

Точка  $V_p$  служит для определения вакуума создаваемого вакуумной установкой. В точке  $V_r$  проверяется работоспособность вакуумрегулятора и показаний вакуумметра. В точке  $V_m$  измеряется вакуум в молокопроводе. В точке подсоединения прибора измерения  $A_1$ , производятся измерения расхода воздуха перед пуском доильных аппаратов и частично во время работы. После чего измере-

ния сравниваются с результатами измерений на других точках доильной установки. По измерениям в точке  $A_2$  определяется производительность вакуумного насоса. Для диагностирования пульсаторов доильного места производится параллельное подключения прибора к вакуумным шлангам доильных стаканов (точка  $P_A$ ).

Параметры пульсаторов, подлежащие диагностированию – уровень вакуума, кПа; частота пульсаций, пульс./мин.; соблюдение соотношений фаз и циклов работы пульсаторов доильных аппаратов, в % к общему времени цикла. Итоговыми показателями проведенного диагностирования пульсаторов являются значения, представленные в таблично-графическом виде (рисунок 3).

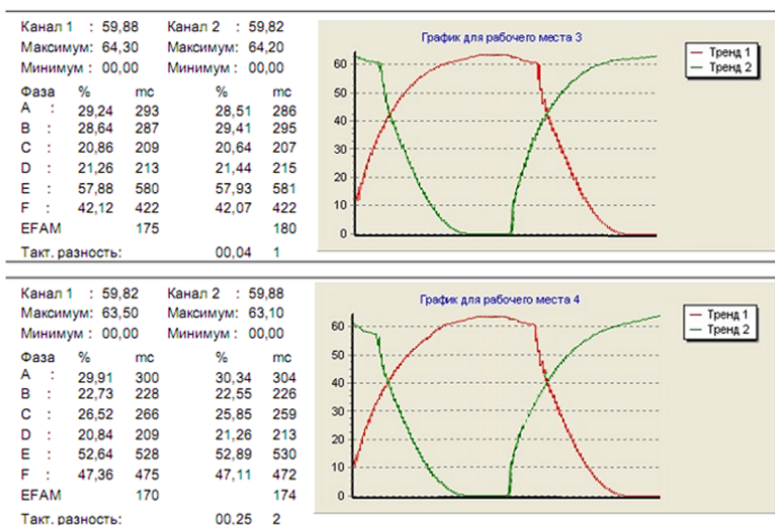


Рисунок 3. – Результаты диагностирования пульсаторов

Вид пульсограммы и табличные значения длительности и соотношения фаз пульсационного цикла позволяют определить исправность пульсатора и соответствие его режима работы, установленному заводом изготовителем.

### Заключение

Предложенный прибор проверки доильных установок ППДУ-01 позволяет провести полную оценку технического состояния и режимов работы доильной установки в соответствии с требованиями ИСО 6690.

## Список использованной литературы

1. Рекомендации по техническому сервису доильного оборудования / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; С.К. Карпович [и др.]; под общ. ред. С.К. Карповича. – Минск: БГАТУ, 2015. – 124 с.

2. DIN ISO 6690-2010 Milking machine installations – Mechanical tests.

УДК 621.565

## АНАЛИЗ СИМПТОМОВ ОТКАЗОВ КОМПРЕССОРОВ МОЛОКООХЛАДИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Ф.Д. Сапожников, к.т.н, доцент, Г.Г. Тычина, к.т.н, доцент,  
В.М. Колончук, Ф.И. Назаров.

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

### Введение

Диагностика молокоохладительных установок представляет собой комплекс тестовых операций, выполняемых с использованием диагностических приборов или средством извлечения тестируемого узла из системы и оценки его работоспособности вне ее. Диагностические операции могут быть направлены как на выявление неисправностей, так и подтверждение соответствия тех или иных рабочих показателей расчетному уровню. Комплексная диагностика холодильного оборудования производится в следующих ситуациях: при выполнении периодического обслуживания; при использовании бывшего в употреблении оборудования; при поломке оборудования или возникновении его частых сбоев; при выработке эксплуатационного ресурса; при модернизации старого оборудования.

### Основная часть

К основным неисправностям герметичных компрессоров холодильных установок относятся механические и электротехнические дефекты.

#### *1. Анализ механических дефектов.*

Основным из механических дефектов является заклинивание компрессоров, вследствие следующих причин [1].

### *1.1 Перетекание жидкого хладагента в картер компрессора*

После остановки компрессора жидкий хладагент может накапливаться в картере компрессора. При его запуске, масляный насос в первые моменты времени подает вместо масла жидкий хладагент, не обладающий хорошими смазывающими свойствами. В результате этого возможны заклинивание или сильный износ движущихся частей компрессора. Чтобы предотвратить негативные последствия перетекания хладагента, рекомендуется контролировать перегрев всасываемых паров хладагента, во избежание чрезмерного охлаждения компрессора в процессе работы, устранять любую возможность задержки масла во всасывающей линии компрессора, применять электронагреватель картера компрессора для поддержания температуры масла во время стояния компрессора.

### *1.2 Недостаточное количество масла в картере компрессора.*

Этот фактор является следствием плохого возврата масла в картер компрессора, вспенивание его в картере при пуске компрессора.

### *1.3 Проникновение жидкого хладагента в цилиндры компрессора.*

В результате миграции жидкого хладагента при стоянии компрессора может происходить его накапливание в нагнетательной полости компрессора, вплоть до клапанов и цилиндров. При пуске это приводит к резкому увеличению нагрузки на поршни и подшипники компрессора поломке клапанов, разрушению прокладки, заклиниванию. Для избежания каких дефектов необходимо постоянно следить за состоянием клапанов и герметизирующих прокладок.

### *1.4 Загрязнение холодильного контура.*

В случае попадания в компрессор твердых частиц, они могут вызвать износ и заклинивание его движущихся частей. Поэтому необходимо тщательно следить за чистотой системы, особенно при подготовке и монтаже трубопроводов и применять фильтр на линии всасывания.

### *1.5 Наличие не конденсируемых газов (воздуха) в компрессоре.*

Попадание воздуха в компрессор происходит при нарушении герметизации компрессора в контакте с окружающей средой, либо в результате негерметичности линии всасывания. Наличие воздуха в системе приводит к повышению давления и температуры в конце сжатия, перегреву клапанной группы, карбонизации масла, разрушению прокладок, перегреву обмоток электродвигателя.

## *2 Анализ электрических дефектов.*

### *2.1. Искрение в электротехнических соединениях.*

Этот дефект возникает при подаче напряжения на электродвигатель, если компрессор находится под вакуумом, особенно при резких изменениях напряжения в электросети.

Искрение происходит между клеммами или между клеммами и корпусом электродвигателя, а также в его обмотках, что объясняется возникновением коронного разряда.

## 2.2. Перегорание основной обмотки электродвигателя

Причинами перегорания основной обмотки являются следующие: неправильно подобран компрессор; загрязненная или недостаточная поверхность теплообмена конденсатора; плохой отвод теплоты в конденсаторе.

### **Заключение**

В результате анализа отказов компрессоров, установлено, что наиболее распространенной причиной выхода их из строя является заклинивание.

### **Список использованной литературы**

1. Б. Лэнги. Руководство по устранению неисправностей в оборудовании для кондиционирования воздуха и в холодильных установках. Еровклимат. М., 2003.

2. П. Котзаоглиан. Пособие для ремонтников. Перевод с французского В.Б. Сапожникова. - АНООО «Учебный центр «Остров». – М, 2007.

УДК 637.11.022

## **К ВОПРОСУ НАТЯЖЕНИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ ДОИЛЬНОГО СТАКАНА**

С.Н. Бондарев, А.В. Китун, д.т.н., профессор  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

При рассмотрении механизма работы конструкции доильного стакана, можно сказать, что процесс доения будет протекать в более благоприятных и бесстрессовых ситуациях для животного если уделить должное внимание факторам, влияющим на молокоотдачу животного. К таким факторам, в первую очередь стоит отнести ха-

раक्टर сжатия сосковой резиной сосок животного, который определяется жесткостью и натяжением сосковой резины.

### Основная часть

Натяжение сосковой резины – фактор, во многом, определяющий характер сжатия сосковой резины, и, как следствие, ее действие на сосок животного, поэтому натяжению сосковой резины в гильзе доильного стакана следует уделять особо пристальное внимание [1].

Как показывают многочисленные исследования, натяжение сосковой резины в гильзе доильного стакана должно составлять 60 Н. При натяжении сосковой резины от 0 до 60 Н увеличивает интенсивность молоковыведения в среднем на 20 % [2]. Экспериментальные исследования показывают большой диапазон натяжения сосковой резины (32 – 68 Н) в доильных аппаратах одной партии, который приводит к разнообразным результатам эксплуатации (резина имеет разные значения величины удлинений, прочности на разрыв и т.д.) и сложностям технического обслуживания [1]. Многолетний опыт эксплуатации доильных аппаратов показывает, что сосковая резина была и остается самым недолговечным и ненадежным звеном в технологическом процессе машинного доения.

При доении натянутая сосковая резина под действием периодического вакуума, возникающего в доильном стакане, растягивается и сжимается 50...80 раз в минуту в течение 5...6 часов за день. Также при длительном воздействии статических сил в материале сосковой резины происходят физические изменения, ведущие к усталостным разрушениям. Статические нагрузки создаются при перенатяжке сосковой резины (рисунок 1) [2].

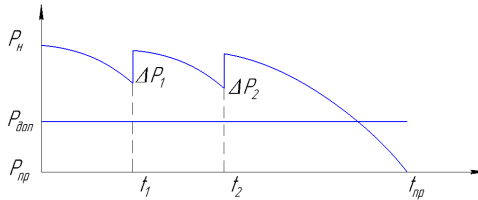


Рисунок 1. – Эпюра статических напряжений в процессе перенатяжки сосковой резины

Как видно из рисунка 1, при натяжении новой сосковой резины в гильзе доильного стакана возникает статическая сила  $P_H$ , которая поддерживает сосковую резину в натянутом состоянии. Далее в про-

цессе работы и под действием усталостных деформаций сосковая резина начинает растягиваться. Как показали исследования динамики изменения упругих свойств и конструктивных параметров сосковой резины, уже после 10 дней работы она удлиняется на 2...3 мм. Далее проводится ее перенатяжка в процессе технического обслуживания посредством перестановки на новый технологический буртик в доильном стакане. В результате перенатяжки возникает дополнительная статическая сила  $\Delta P_1$ , которая способствует дальнейшему растяжению сосковой резины в процессе эксплуатации. Процесс повторяется и при следующей перенатяжке сосковой резины. После третьего натяжения сосковой резины и при достижении предельной длины сосковой резины, при которой дальнейшее ее использование нецелесообразно, сосковую резину следует заменить.

Если сосковую резину вовремя не заменить и продолжать использовать удлиненную, то это незамедлительно приводит к сокращению тактов сосания и сжатия. Кроме того, из-за ухудшенного качества и неоднородности материала отработавшей сосковой резины, эти изменения происходят неравномерно в доильных стаканах даже одного аппарата. Так как неодинаковое натяжение сосковой резины в одном доильном аппарате приводит к различным скоростям выведения молока из сосков, и их разница достигает 10...18 %, что приводит к «холостому» доению быстровыдаиваемой четверти. Это приводит к нарушению взаимодействия соска и сосковой резины, возникновению у коров болевых или непривычных раздражений, снижению эффективности молокоотдачи [3].

### **Заключение**

Натяжение сосковой резины в доильном стакане – один из решающих факторов в борьбе за качественное молоко, большие надои и хорошее здоровье животных.

При проведении технического обслуживания доильного аппарата следует проверять натяжение сосковой резины в гильзе доильного стакана, натяжение должно составлять 55-60 Н и быть во всех четырех доильных стаканах примерно одинаковым.

Если натяжение не соответствует регламентированному – следует осуществить перенатяжку на новый технологический буртик. После осуществления трех перенатяжек и достижения предельно допустимого натяжения, сосковую резину следует заменить комплектом, во всех четырех доильных стаканах.

### Список использованной литературы

1. Трубников В.В. Сравнительная оценка современных доильных аппаратов: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / В.В. Трубников; Оренб. гос. аграрн. ун-т. – Оренбург, 2011. – 150 с.
2. Машошин В.Л. Исследование и разработка технологического процесса очистки сосковой резины доильного аппарата: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / В.Л. Машошин; Московская сел. академия им. К.А. Тимирязева. – Москва, 2000. 178 с.
3. Борознин В.А. Способ повышения ресурса сосковой резины / В.А. Борознин, А.В. Борознин, Л.В. Борознин / «Механизация и электрификация» №4, 2007. С. 15–16.

УДК 637.11.022

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОЙ ЖЕСТКОСТИ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ

С.Н. Бондарев<sup>1</sup>, В.И. Передня<sup>2</sup>, д.т.н., профессор,  
А.В. Китун<sup>1</sup>, д.т.н., профессор

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

#### Введение

От жесткости сосковой резины зависит не только качество и количество выдоенного молока, но и здоровье самого животного. Одним из показателей, который характеризует жесткость сосковой резины, является коэффициент объемной жесткости.

#### Основная часть

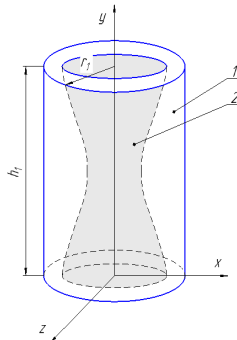
Сосковую резину, действующую на сосок животного, можно представить как балку, лежащую на упругом основании. Согласно теории Н.И. Фусса, величина реакции на упругую балку пропорциональна прогибу балки. На основании этого, можно сделать вывод, что давление, оказываемое на сосковую резину, пропорционально вытесненному ее объему [1]:

$$P = C_{об} \cdot V,$$

где  $C_{об}$  – объемный коэффициент жесткости сосковой резины;  $V$ – вытесненный объем сосковой резины в процессе сжатия соска животного.

В процессе работы, во время такта отдыха стенки сосковой резины находятся в нейтральном положении, так как подвержены воздействию одинаковых давлений как с внешней, так и с внутренней стороны. В этот момент сосковая резина в трехмерном пространстве имеет форму цилиндра 1 (рисунок 1). Далее при наступлении такта сжатия, под действием силы давления с внешней стороны, стенки сосковой резины плотно обжимают и сдавливают сосок животного, в результате чего сосковая резина принимает форму гиперboloида 2 (рисунок 1).

Для нахождения объема, вытесненного сосковой резиной в процессе сжатия, необходимо от первоначального объема (такт отдыха) вычесть конечный объем (такт сжатия), то есть из объема цилиндра вычесть объем гиперboloида.



1 – цилиндр; 2 – гиперboloид

Рисунок 1. – Объем, вытесняемый сосковой резиной в процессе сжатия

Тогда объем, вытесненный сосковой резиной в процессе сжатия:

$$V = V_1 - V_2 = \pi \cdot r_1^2 \cdot h_1 - \pi \int_a^b f^2(y) dy.$$

Теперь для нахождения объемного коэффициента жесткости  $C_{об}$ , рассмотрим силы, действующие на сосковую резину в процессе сжатия (рисунок 2) [2].

Определяем силу трения сосковой резины о сосок животного:

$$F_{mp} = F_r \cdot f_{mp},$$

где  $F_r$  – сила нормальной реакции, кН;  $f_{mp}$  – коэффициент трения стенки сосковой резины о сосок животного.

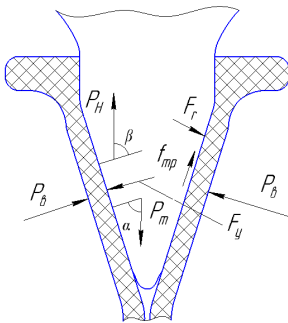


Рисунок 2. – Отношение сил, действующих на стенки сосковой резины

Теперь найдем силу упругости самой сосковой резины, которая противодействует сжимающей силе  $P_\delta$ .

Согласно закону Гука, нормальное напряжение стенок сосковой резины будет иметь вид:

$$\sigma = E \cdot |\varepsilon|,$$

где  $E$  – модуль упругости резины, кН/мм<sup>2</sup>;  $\varepsilon$  – относительное удлинение резины, мм.

Найдем относительное удлинение стенок сосковой резины по формуле закона Гука:

$$\varepsilon = \Delta l / l,$$

где  $\Delta l$  – относительное удлинение стенки сосковой резины, мм;  $l$  – первоначальная длина стенки сосковой резины, мм.

Согласно закону Гука, существует еще один способ определения нормального напряжения:

$$\sigma = F_{уп} / S,$$

где  $F_{уп}$  – сила упругости, кН;  $S$  – площадь сжимаемой поверхности (цилиндра), мм<sup>2</sup>

Так как площадь сжимаемой поверхности в нашем случае представляет цилиндр (рисунок 1), то определим ее по формуле:

$$S = 2\pi \cdot r_1 (h_1 + r_1),$$

где  $r_l$  – радиус основания цилиндра, мм;  $h_l$  – высота цилиндра, мм.

Определим силу упругости сосковой резины:

$$F_{упр} = \sigma \cdot S = E \cdot \left| \frac{\Delta l}{l} \right| \cdot 2\pi \cdot r_1 (h_1 + r_1).$$

Теперь определим эффективную силу сжатия сосковой резины:

$$F_s = P_v - F_r \cdot f_{mp} - E \cdot \left| \frac{\Delta l}{l} \right| \cdot 2\pi \cdot r_1 (h_1 + r_1) - P_m \cdot \cos \alpha + P_H \cdot \cos \beta,$$

где  $P_v$  – сила вакуума, кПа;  $P_m$  – торцевая сила, действующая на верхушку соска, кН;  $P_H$  – сила, действующая вверх при такте сжатия, кН;  $\alpha$  – угол между торцевой силой и силой вакуума, град;  $\beta$  – угол между силой  $P_H$  и  $P_v$ , град.

Теперь определим коэффициент объемной жесткости  $C_{об}$ :

$$C_{об} = \frac{P_v - F_r \cdot f_{mp} - E \cdot \left| \frac{\Delta l}{l} \right| \cdot 2\pi \cdot r_1 (h_1 + r_1) - P_m \cdot \cos \alpha + P_H \cdot \cos \beta}{\pi \cdot r_1^2 \cdot h_1 - \pi \int_a^b f^2(y) dy}.$$

Определять коэффициент объемной жесткости рекомендуется в период процесса доения, когда наступил рефлекс молокоотдачи и сила упругости, нормальной реакции соска и коэффициент трения будут иметь максимальные значения.

### Заключение

Коэффициент объемной жесткости важный показатель в определении работоспособности и пригодности к использованию сосковой резины доильного аппарата.

Коэффициент объемной жесткости помогает определить теоретическим путем без использования специальных приборов и стендов пригодность сосковой резины к машинному доению.

### Список использованной литературы

1. Краснов И.Н., Красниченко С.Г. Определение коэффициента жесткости сосковой резины доильных аппаратов / И.Н. Краснов, С.Г. Красниченко/ Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники №3, 1976
2. Трубников В.В. Сравнительная оценка современных доильных аппаратов: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / В.В. Трубников; Оренб. гос. аграрн. ун-т. – Оренбург, 2011. – 20 с.
3. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов: учебник / М.Д. Подскребко. – Минск: «Высшая школа», 2007. – 797 с.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЕРМИКОМПОСТОВ

Д.Ф. Кольга. к.т.н., доцент, С.А. Костюкевич. к.с-х н., доцент,  
Ф.И. Назаров

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

### Введение

Плодородие почвы – основа хорошего урожая. В основе плодородия лежат очень сложные биохимические процессы, в этих процессах очень важная роль принадлежит микрофлоре и фауне почвы, в частности, дождевым червям.

Особое внимание привлекает вермикультивирование, суть которого состоит в использовании компостных красных дождевых червей для получения из различных органических веществ экологического чистого удобрения – биогумуса, содержащего полный набор макро- и микроэлементов для сельскохозяйственных растений.

### Основная часть

Важнейшей технологической операцией вермикомпостирования является подготовка субстрата к состоянию, пригодному для питания червей. Весь цикл этой подготовки называется ферментацией. В процессе ферментации, во-первых, должна быть снижена температура в органической массе с 55-60<sup>0</sup>С до температуры окружающей среды 20-25<sup>0</sup>С. Во-вторых, повышает доступность для червей элементов питания, содержащихся в исходном материале.

Технологический процесс первоначальных стадий ферментации компостов в летних условиях заканчивается через 2-3 недели.

Подготовка субстрата (навоз + влагопоглощающий материал) должен закладываться в специальные ложа для жизнедеятельности червей. При создании местообитания для червей необходимо учитывать требования к условиям внешней среды: оптимальный температурный режим +19-25<sup>0</sup>С (режим выживания 4-40<sup>0</sup>С, полная гибель популяций ниже 0<sup>0</sup>С и выше 42<sup>0</sup>С); оптимальная влажность 70-80 %; среда обитания рН – 6,8-7,2; гряды должны периодически аэрироваться. Отрицательно влияют на жизнедеятельность червей пестициды, некоторые соединения хлора, аммиака, наличие протеинов более 40%. Гряды должны располагаться вдоль по направлению главенствующих ветров. В условиях РБ это в основном направление запад-восток или северо-

запад-юго-восток. Это связано с тем, что черви боятся ветра и уходят с подветренной стороны, во-вторых, при такой ориентации лучше сохраняется влажность бурта в сухое время. Навозный субстрат необходимо размещать слоем 15-20 см, шириной 2 м, длина произвольная. Субстрат увлажняется до 70-75%. Перед заселением субстрата червями его необходимо проверить на кислотность, которая должна быть рН 6,8-7,2. При щелочной реакции рекомендуется вносить верховой торф или производить полив водой, подкисленной соляной кислотой.

Для нормального функционирования и развития червей гряды должны располагаться в местах застоя воды, которая вредна, а в ряде случаев губительна. Гряды должны располагаться на небольших возвышенностях с уклоном 1-3<sup>0</sup>С и с хорошим дренажем.

Важным условием сохранности червя при вермикюльтуре на открытых площадках является защита лож от крота. На практике на дно ложа укладывается металлическая сетка с величиной ячеек до 1,8 см и края загибаются на высоту 20-25 см. Могут быть бетонированные желоба шириной 1-1,5 м и бортами 20-25 см.

По истечении 20-30 дней после заселения, а затем регулярно через каждые 7-10 дней необходимо проводить подкормку червей заготовленным субстратом (навозом). Для этого по всей поверхности гряды размещают слой свежего навоза, толщиной 5-10 см.

По мере переработки субстрата в нижней части накапливается слой биогумуса, его выбирают через 4 месяца, верхний червеобразный слой переносится в свежие гряды. В процессе вермикомпостирования, т. е. в течение 3-5 месяцев из исходного субстрата получается 60% вермикомпостов и 40% массы червей.

Данная технология производства вермикомпостов из субстратов позволяет получить полноценное органическое удобрение – биогумус, качество которого зависит от исходного субстрата для червей. Установлено, что в среднем в вермикомпостах содержится 1,5% общего азота, 1,5-2,1% - фосфора, 1,2% - калия, 30-40% - органического вещества. Применение вермикомпостов на основе (торфонавозных компостов) ТНК в дозе 36 т/см обеспечила прибавку клубней картофеля 28 ц/га.

### **Заключение**

1. Технология производства вермикомпостов на основе традиционных субстратов различных видов навоза, доступна и практически осуществима для каждого хозяйства.

2. Температура, влажность и свет оказывают значительное влияние на жизнеспособность червей: температура – 19-25С, влажность - 78-80%, рН-6,8-7,2

3. Гряды должны располагаться на возвышенностях с уклоном 1-3С и вдоль по направлению главенствующих ветров.

#### **Список использованной литературы**

1. Васько, А.С. Агрохимическая характеристика нетрадиционных органических удобрений / А.С. Васько // Агрохимические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства. – Владимир, 2006. – с. 172-175.

2. Васько, А.С. Нетрадиционные органические удобрения в формировании урожая и плодородия почв. / А.С. Васько // Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: проблемы, перспективы, достижения: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 4-8 июня 2007 г.). – Минск, 2007. – с. 53-60.

УДК 631.363.2

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЛАГОТЕПЛОВОЙ ОБАБОТКИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО ЖМЫХА**

В.И. Передня<sup>1</sup>, д.т.н., профессор, А.И. Пунько<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Тычина Г.Г.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент, Д.В. Касперович<sup>2</sup>

<sup>1</sup> РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

#### **Введение**

В настоящее время животноводство Республики Беларусь из-за дефицита протеина испытывает серьезные трудности в обеспечении полноценности рационов для сельскохозяйственных животных. Сельскохозяйственные предприятия вынуждены закупать значительное количество белковых кормов по импорту, что приводит к существенному расходу валютных средств. Культуры, способные снизить дефицит кормового белка, с успехом возделывают и в Республике Беларусь. Среди них следует назвать рапс - ценную масличную и кормовую культуру. В мировом сельскохозяйственном производстве прогнозируется увеличение спроса на раститель-

ное масло и белок, что повышает значимость рапса, как надежного источника для обеспеченности животноводства кормовым белком.

Включение в рационы крупного рогатого скота, свиней, птицы рапса и продуктов его переработки позволит заменить дорогостоящие белковые компоненты в составе комбикормов (соевый и подсолнечный шроты) и повысить продуктивность животных и снизить себестоимость конечной продукции [1].

### **Основная часть**

Наиболее рационально включать рапсовые корма в состав комбикормов и БВМД, вырабатываемых на государственных комбикормовых заводах, в комбикормовых цехах хозяйств и комплексов.

Существенным препятствием в использовании рапса в комбикормах является содержание в нем антипитательных веществ, таких как глюкозинолаты, эруковая кислота, танины, полифенолы, фитиновая кислота, лигнин и др. В связи с этим в составе линии предусмотрено оборудование для выполнения влаготепловой обработки кормовых материалов – экструдирования.

Экструдированные корма, обладают рядом преимуществ по сравнению традиционной, измельченной кормосмесью, применяемой для кормления животных. Экструдирование включает в себя несколько процессов: температурная обработка под давлением до 40 атмосфер, механохимическое деформирование и «взрыв» продукта при выходе гранул из матрицы пресс-экструдера.

После экструзионной обработки улучшаются потребительские свойства кормов, так как образуются различные ароматические вещества, значительно возрастает активность ферментов, что улучшает перевариваемость. Крахмал расщепляется до декстринов и сахаров, протеины подвергаются денатурации. Так как процесс экструзии проходит при высокой температуре (130-150 С°), значительно уменьшается количество токсинов и других антипитательных веществ. При этом воздействие на корм высоких температур и давления сокращены до возможного минимума и составляют 4-6 сек. За такое короткое время витамины и микроэлементы не разрушаются.

Процесс экструзии корма заключается в обработке смеси в рабочем органе при давлении и температуре. Из выходного устройства – матрицы выходят гранулы, диаметром 4-8 мм и длиной 1-3 см, с влажностью 5-7 %. Гранулы являются готовыми для скармливания. Данная технология позволяет исключить процесс гранулирования.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в рамках Союзной программы «КОМБИКОРМ»

выполнен комплекс работ по созданию и внедрению в производство комплекта оборудования для приготовления белково-витаминных и минеральных добавок на основе рапсового жмыха, зерна бобовых культур и обогатительных добавок (премиксов, фосфатов, соли и т.д.) с использованием влаготепловой обработки. Технологический процесс позволяет осуществить прием и накопление рапсовых жмыхов и зернобобовых культур, обеспечить их измельчение и весовое дозирование, выполнить экструдирование компонентов с последующим охлаждением.

Технологический процесс работы оборудования осуществляется следующим образом. Транспортное средство самосвального типа доставляет рапсовый жмых и выгружает его в приемный бункер. Оператор при помощи системы управления вводит данные о рецептуре приготовления необходимого белково-витаминно-минерального концентрата, и рабочий загружает приемные бункера транспортеров-питателей нужными компонентами. Система управления подает заданное количество рапсового жмыха из приемного бункера в дозатор-смеситель (при использовании 2 видов жмыхов) и затем предварительная смесь через магнитный сепаратор поступает в дробилку для измельчения. При использовании зернобобовых, исходные компоненты поступают в экструдер, где обеспечивается их влаготепловая обработка, затем экструдат проходит через охладитель и молотковую дробилку. Измельченный компонент накапливается в соответствующем бункере.

Опытный образец комплекта оборудования смонтирован в СПК «Прогресс-Вертелишки» Гродненского района, где осуществлялась его проверка в режиме опытно-промышленной эксплуатации. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика комплекта оборудования

Наименование показателей	Значение
Источник электропитания	380/220 В, 50 Гц
Производительность, т/ч, не менее	1,1
Номинальная мощность, кВт, не более	125,0
в т.ч. экструдера	47,57
Масса, кг, не более	10 100
Равномерность смешивания конечного продукта (БВМД), %, не менее	93,2
Количество видов используемых компонентов, шт.	7
Общая масса одной порции БВМД в смесителе, кг, не более	500
Обслуживающий персонал, чел	1 оператор + 1 рабочий

## **Заключение**

1. Применение кормовой добавки с использованием влаготепловой обработки в хозяйственных условиях при включении ее в рационах кормления животных показали положительное влияние на молочную продуктивность и качественный состав конечной продукции.

2. Результаты проведенных испытаний показали, что комплект оборудования соответствует требованиям технического задания по основным конструктивным, эксплуатационно-технологическим и функциональным показателям надежности.

### **Список использованной литературы**

1 Голушко В.М., Линкевич С.А., Рощин В.А. и др.: Использование семян рапса и продуктов их переработки в кормлении сельскохозяйственных животных. Рекомендации.- Жодино, 2012.

2. Протокол приемочных испытаний опытного образца комплекта оборудования для белково-витаминно-минеральных добавок на основе рапсового жмыха КДР-0,8 № 045 Д 1/4-2014. ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2014. – 89 с.

УДК 631.363.2

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ КОРМОВЫХ РЕСУРСОВ**

В.И. Передня<sup>1</sup>, д.т.н., профессор, А.И. Пунько<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Тычина Г.Г.<sup>2</sup> к.т.н., доцент, Д.В. Касперович<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

В сельском хозяйстве Республики Беларусь животноводство является важнейшей отраслью, которая обеспечивает население страны продуктами питания и является важной экспортной составляющей. Поэтому в условиях современного рынка на первый план в сельскохозяйственных предприятиях выходят проблемы организа-

ции рентабельного производства продукции животноводства, где определяющим фактором являются корма.

Сельскохозяйственные предприятия Республики Беларусь испытывают трудности с обеспечением полноценности рационов кормления из-за того, что традиционные комбикорма, с долей балансирующих добавок не превышающей 15...20%, не удовлетворяют потребности организма животных в питательных веществах. С повышением уровня продуктивности животных требования к концентрации питательных веществ в единице сухого вещества рациона возрастают.

Одним из направлений снижения содержания зернового сырья в составе комбикормов является максимальное использование вторичных кормовых ресурсов в качестве кормовых добавок.

### **Основная часть**

Наиболее эффективными вторичными кормовыми компонентами являются жом, картофельная мезга, меласса, меласная барда (как молокогонные корма для жвачных животных) рапсовый жмых, отходы птицеперерабатывающих предприятий.

Для переработки отходов птицеперерабатывающих предприятий в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан комплект оборудования.

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 так же за счет предворительного электрического нагрева создается температура 120-170 °С и давление 1,0-5,0 МПа, благодаря чему за время обработки, которое составляет 30-90 с продукт стерелизуется, 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 перевариваемость и вкусовые качества.

Для технического обеспечения производства БВМД на основе рапсового жмыха в условиях хозяйств в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в рамках научно-

технической программы Союзного государства «Разработка перспективных ресурсосберегающих, экологически чистых технологий и оборудования для производства биологически полноценных комбикормов» разработан комплект оборудования КДР-0,8 (рисунок 1).



Рисунок 1. – Общий вид комплекта оборудования для производства добавок на основе рапсового жмыха КДР-0,8 и панель управления оператора.

Технологический процесс и оборудование позволяет осуществлять прием и накопление рапсового жмыха и зернобобовых культур в адаптированных бункерах-питателях, производить при необходимости экструдирование компонентов с последующим охлаждением и измельчением экструдата, осуществлять точное дозирование и качественное смешивание с другими компонентами БВМД в соответствии с заданным рецептом. Готовая смесь может расфасовываться в мешки для транспортировки или использоваться в производстве комбикормов. Приготовление БВМД осуществляется полностью в автоматизированном режиме с управлением с панели оператора, что дает возможность легкой и интуитивно-понятной настройки технологического процесса.

Результаты опытной эксплуатации оборудования подтвердили возможность снизить на 8...10 % долю зернофуража в составе производимых комбикормов и сбалансировать рационы животных по протеину, жиру, незаменимым аминокислотам, повысить удои и содержание жира в молоке. Кроме того, для уменьшения материальных затрат на приобретение покупных белковых добавок в хозяйстве собственными силами смонтирована линия переработки семян рапса путем прессования. Это позволило наладить производство необходимых БВМД на основе рапсового жмыха для собственного потребления. Анализ работы линии КДР-0,8 показал воз-

возможность переработки рапсового жмыха и зернобобовых культур и производства на их основе качественных кормовых добавок.

### **Заключение**

Разработанные комплекты оборудования для производства БВМД на основе вторичных кормовых ресурсов из местных источников сырья позволяют балансировать рационы сельскохозяйственных животных по протеину и другим питательным, минеральным и биологически активным веществам.

### **Список использованной литературы**

1. Афанасьев, В.А. Руководство по технологии комбикормовой продукции с основами кормления животных. Воронеж 2007г. – 183с.
2. Голушко В.М., Линкевич С.А., Рощин В.А. и др.: Использование семян рапса и продуктов их переработки в кормлении сельскохозяйственных животных. Рекомендации. - Жодино, 2012.
3. Сыроватка В.И. Ресурсосбережение при производстве комбикормов в хозяйствах // Техника и оборудование для села. 2011. №6. С. 22-25.

УДК 631.363.7

## **ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ СВИНОКОМПЛЕКСОВ ИННОВАЦИОННЫМ НАУКОЕМКИМ ОТЕЧЕСТВЕННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ**

В.Н. Гутман, к.т.н., доцент

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

### **Введение**

Для технического обеспечения технологических процессов в свиноводстве в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Центр) проведены системные исследования и разработаны технические средства, включая системы автоматического управления с использованием IT технологий, что позволило создать наукоемкие инновационные отечественные комплекты оборудования для обеспечения интенсивных, экологически и биобезопасных технологий и по-

ставить комплекты ряду свинокомплексов республики силами Центра со сдачей объектов «под ключ» с гарантийным и послегарантийным обслуживанием. Созданные комплекты оборудования по своему техническому уровню соответствуют лучшим зарубежным аналогам, а по отечественному программному обеспечению и его оперативному сервисному обслуживанию и возможностям адаптации программного обеспечения к конкретным условиям предприятий, превосходят их.

### Основная часть

Анализ тенденций мирового развития свиноводства (Международные выставки *EUROTIER-2016* (ФРГ) и *WORLD-PORKEXPO 2015* (США)) показывает, что современная свинья является синтетическим биологическим объектом, впитавшим все передовые научные разработки в области генетики, кормления, требований к среде обитания, ветеринарному обеспечению и т.п., и требует соблюдения всех параметров технологии ее содержания от кормления по кривым роста до точных параметров микроклимата по периодам роста и физиологическому назначению групп свиней, вплоть до индивидуального кормления свиноматок и автоматического их обслуживания. Для получения генетически заложенных привесов и приплода поросят необходимо соблюдать все технологические требования (диктат технологии), т.е. работать на свинокомплексе по принципу точных технологий в свиноводстве (рисунок 1).

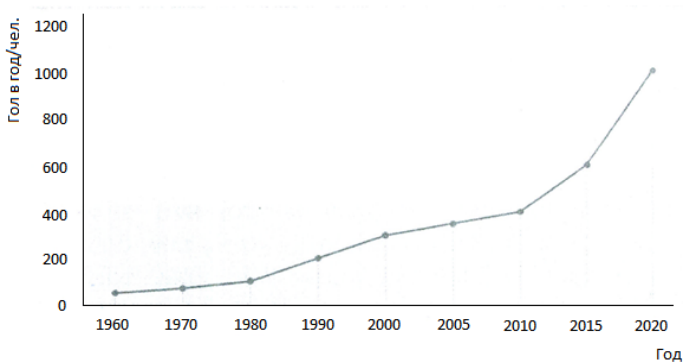


Рисунок 1. – Анализ тенденций развития свиноводства по критериям удельных затрат труда

Обеспечить этот принцип могут только надежное технологическое оборудование, использующее информационно-коммуникационные технологии. Это позволяет минимизировать количество обслуживающего персонала на свинокомплексе, доведя производительность труда до 1000 голов откормленного поголовья на одного человека в год.

При этом соблюдение всех параметров технологических процессов в соответствии с программой обслуживания животных позволяет получать в настоящее время минимальную конверсию корма в пределах 3 кг корма на кг привеса.

При этом среднесуточный прирост живой массы на откорме достигает до 800-1000 г в сутки (рисунок 2).

Получение в республике передовыми свинокомплексами высоких результатов стало возможным благодаря применению элементов Наилучших доступных технологий (НДТ) в свиноводстве при новом строительстве и реконструкции свинокомплексов.

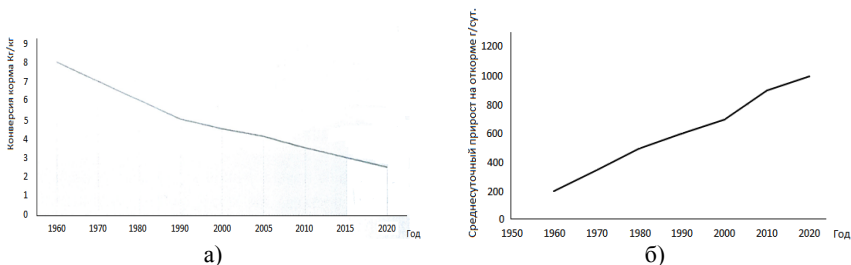


Рисунок 2. – Тенденции развития свиноводства по критерию конверсии корма (а) и критерию среднесуточного прироста живой массы свиней на откорме (б)

Разработанное в Центре оборудование позволяет применять принципы НДТ на свинокомплексах, куда оно было поставлено. Центром в течение 2007-2015 годов поставлено наукоемкого инновационного отечественного технологического оборудования более чем на 20 свинокомплексов мощностью от 12 до 108 тыс. гол. в год с импортозамещающим эффектом оценочно на 6 млн. евро. В таблице 1 приведено разработанное в Центре и других предприятиях инновационное оборудование для технического оснащения свинокомплексов.

Таблица 1 – Оборудование для технического оснащения свинокомплексов

Наименование оборудования	Марка
1. Комплект оборудования для жидкого кормления свиней	КОЖК
2. Комплект вентиляционного оборудования	КОВ
3. Оборудование для раздачи сухих кормов	ОРСК
4. Станок для опоросов с подогревом	СОП-1
5. Станок для осеменения свиноматок	СОС-1
6. Станок для ремонтных маток	СРМ
7. Комплект станочного оборудования для содержания хряков, поросят отъемышей, свиней на откорме	КОС
8. Станция автоматизированного индивидуального кормления свиноматок	САИК
9. Комплект многократного автоматизированного кормления свиней	КОМК
10. Машина для внесения полужидкого навоза	МПН-16
11. Машина для поверхностного и внутривнутреннего внесения жидкого навоза	МПВУ-16
12. Типоразмерный ряд эмалированных навозохранилищ (СЗАО «Сантекс»)	

### Заключение

В республике создано отечественное инновационное наукоемкое оборудование для интенсивного биобезопасного свиноводства. Дальнейшее развитие технологий и технических средств должно идти с учетом применения элементов наилучших доступных технологий при интенсивном ведении свиноводства.

УДК 633.31

## ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВИДОВ И СОРТОВ ЛЮЦЕРНЫ, ДОПУЩЕННЫХ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

И.Е. Жабровский<sup>1</sup>, к.с.-х.н., доцент, Г.Ф. Добыш<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Н.Ю. Жабровская<sup>2</sup>, к.с.-х.н.

<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Республика Беларусь

### Введение

Решение проблемы увеличения производства высококачественных белковых кормов для животноводства республики тесно связано

с возделыванием многолетних трав. В последние годы в республике приоритетное место в обеспечении растительным белком животных отводится люцерне, так как люцерна имеет широкую область распространения ввиду высокой зимостойкости и засухоустойчивости, а также высокой продуктивности и низкой себестоимости получаемых из нее кормов. Люцерна как кормовая культура ценна тем, что быстро отрастает после скашивания и в течение вегетационного периода обеспечивает получение 3–4 укосов, которые могут быть использованы на зеленый корм, сено, сенаж, сенную муку и силос. Также люцерну широко используют для закладки пастбищ [1]. Кроме кормового значения люцерна, как и другие бобовые культуры, способна обогащать почву биологическим азотом, что играет большую роль в сохранении и повышении плодородия почв. Многолетнее произрастание люцерны значительно снижает эрозионные процессы.

Благодаря высоким хозяйственно-полезным показателям культуру люцерны культивируют более чем в 80 странах на площади свыше 35 млн га. Наибольшие площади посевов сосредоточены в США, Аргентине, Индии, СНГ, в странах Западной Европы.

По данным Е.И.Чекеля и др. целесообразно расширение посевов люцерны и травосмесей на ее основе во всех регионах Беларуси до 280 тыс. га. В республике имеется 1 535 тыс. га люцернопригодных почв, но в 2015 году площадь, занимаемая культурой, составила всего 143,9 тыс. га. [2].

Зеленая масса люцерны содержит (на абсолютно сухое вещество): 18–22% протеина, 2,8–4,0% жира, 23–33% клетчатки, 32–44% БЭВ и 9,7–10,6% золы. В ней много незаменимых аминокислот, фосфора (0,24%), кальция (1,49%) и в достаточном количестве почти все витамины, необходимые животным.

Принято считать, что уровень молочной продуктивности коров на 25 % обусловлен генетическими факторами и на 75 % – условиями окружающей среды, среди которых решающая роль принадлежит кормлению. Следовательно, качество кормов определяет экономическую эффективность производства молока и уровень продуктивности животных. В этой связи уместно уделить особое внимание многолетним бобовым и прежде всего люцерне – источнику дешевого растительного белка.

### **Основная часть**

Люцерна (лат. *Medicago*) весьма полиморфный род, представленный однолетними и многолетними видами трав семейства Бобовых. Из произрастающих 103 видов люцерны в Беларуси хозяй-

ственно-полезное значение получили люцерна посевная (синяя) (*M. sativa*), люцерна гибридная (изменчивая) (*M. media*), люцерна желтая (серповидная) (*M. falcata*).

Люцерна посевная имеет развитую корневую систему. Главный стержневой корень развивается очень быстро, длина его достигает до 2 м и более. Основная масса корней размещается в пахотном горизонте. Благодаря этому люцерна может усваивать питательные вещества и влагу из глубоких слоев почвы, чем и объясняется ее высокая засухоустойчивость. Цветки лилово-фиолетовые, соцветие – метелка. Стебель округло-ребристый, от 70 до 150 см высотой. Листья тройчатые, яйцевидные, в верхней части по краям зазубренные. Плод – спирально скрученный боб, содержащий 4–8 мелких желтых, желто-бурых почковидных семян. Масса 1000 семян – 1–2,6 г. Люцерну гибридную получили скрещиванием посевной люцерны с желтой. Ее растения имеют разноокрашенные цветки – синие или желтые, изредка пестрые. Люцерна синяя характеризуется высокой засухоустойчивостью.

Люцерна желтая многолетнее растение, которое характеризуется мощно развитой корневой системой. Стебли восходящие, многочисленные, простертые или прямые, высотой 40–80 см, полностью голые или немного волосистые. Листочки разных размеров и формы, обратно-яйцевидные, линейно ланцетные, продолговато ланцетные, ланцетные, овальные или округло-яйцевидные, 2–6 мм шириной и 5–22 мм длиной. Цветочные кисти головчатые, овальные, на коротких ножках. Венчики собраны в густые кисти по 20–30 шт., желтого цвета с оранжевым оттенком. Бобы мелкие, не густо опушенные, реже лунные, чаще серповидные до прямых, 2,7–3,7 мм шириной и 9–13 мм длиной. Массовое созревание плодов начинается с августа по сентябрь. Люцерна принадлежит к растениям длинного дня. Это светолюбивое растение, отрицательно реагирует на затенение, особенно в начале роста.

Семена люцерны прорастают при температуре 2–3 °С, массовые всходы появляются при 18–20 °С на 9–12-й день. Весной люцерна начинает развиваться при температуре 8–10 °С. Всходы способны переносить заморозки до минус 6°С. В зимний период при хорошем снежном покрове растения переносят морозы до минус 25 °С. Характеризуясь устойчивостью к суровым климатическим условиям и высокой урожайностью, люцерна достаточно распространена и в северных районах.

К плодородию почвы люцерна довольно требовательна. Высокие урожаи собирают на плодородных и богатых соединениями кальция почвах. Люцерна отрицательно реагирует на повышенную кислотность почвы, поэтому при подборе участка необходим контроль  $pH_{КС1}$  и содержания в почве подвижных форм алюминия. Оптимальной является нейтральная или слабокислая реакция среды по всему профилю почвы ( $pH$  6,0–7,0), а содержание подвижных форм алюминия не должно превышать 10 мг/кг почвы, как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах. Хорошо возделывается люцерна на дерново-карбонатных, развивающихся на различных породах, дерново-подзолистых, развитых на легких и средних суглинках и супесях, а также связных песках, подстилаемых с глубины 0,5–0,8 м мореным суглинком.

Обязательной технологической операцией, при возделывании люцерны, является выравнивание верхнего слоя почвы, а также предпосевное и послепосевное прикатывание.

Несмотря на то, что люцерна засухоустойчивое растение, она хорошо реагирует на увлажнение. Влажность почвы при ее выращивании нужно поддерживать на уровне 70–80% НВ в течение вегетации. В этих условиях основная масса корней концентрируется в слое 0–40 см, формируется высокий урожай зеленой массы. При недостатке влаги в слое почвы 0–100 см корни интенсивнее растут вглубь, в результате чего снижаются рост растений и урожайность зеленой массы. Избыточное увлажнение и близкое залегание грунтовых вод (менее 1,0 м) от поверхности почвы негативно влияют на продуктивность и обуславливают сжижения травостоя.

Для выращивания люцерны благоприятны практически все климатические зоны Беларуси. Разнообразие видов, сортоформ и сортов люцерны с различными требованиями к условиям выращивания дает возможность подобрать для каждой почвенно-климатической зоны сорт, обладающий наибольшей продуктивностью в конкретных условиях. Использование разных по сроку спелости сортов позволяет сформировать уборочный конвейер, что особенно важно для крупных сельхозпредприятий.

Сорта люцерны, включенные в Государственный реестр сортов, для выращивания в Брестской (Бр), Витебской (Вт), Гомельской (Гм), Гродненской (Гр), Минской (Мн), Могилевской (Мг) областях.

Люцерна посевная (*Medicago sativa* L.): Алфа (Бр, Гм, Гр, Мг), Артемис (Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг), Бируте (Мн), Будучыня (Бр, Гр, Мн), Верко (Гм, Гр, Мн), Вэсна (Гм, Гр), Дайси (Мн), Дерби (Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг), Ексквиз (Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг), Жидруне (Мн), Каннелле (Бр, Мн, Мг), Концерто (Вт, Мн), Крено (Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг), Крушевачка 22 (Мг), Крушевачка 28 (Бр, Гм, Гр, Мг), Малвина (Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг), Мария (Вт, Гм, Гр, Мн, Мг), Медиана (Бр, Гр), Морава-1 (Бр, Гм, Гр, Мн, Мг), Нептун (Бр, Гм, Гр, Мн, Мг), Планет (Бр, Гр, Мн, Мг), Плато (Гр, Мн, Мг), Превосходная (Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг), Рахель (Вт, Мг), Симфони (Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг), Тимбале (Бр, Гр), УЛСТАР (Бр, Вт, Гр, Мн, Мг).

Люцерна изменчивая (*Medicago x varia* Martun.): Аванта АС (Бр, Мн), Вега 87 (Вт, Гм, Гр, Мн, Мг), Луговая 67 (Вт, Гм, Гр, Мн, Мг), Ростовская 90 (Бр, Гм, Гр, Мн, Мг).

Люцерна желтая (*Medicago falcata* L.): Вера (Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг) [4].

### **Заключение**

В настоящее время в Беларуси из рода Люцерна (лат. *Medicágo*) культивируются Люцерна посевная (*Medicago sativa* L.), Люцерна изменчивая (*Medicago x varia* Martun.), Люцерна желтая (*Medicago falcata* L.). Для выращивания рекомендуются 32 сорта, которые характеризуются продуктивным долголетием, хорошей зимостойкостью, экологической пластичностью и кормовыми качествами, позволяющими при правильном подборе во всей полноте раскрыть биологический потенциал культуры.

### **Список использованной литературы**

1. Боярский, Л.Г. Технология кормов и полноценное кормление сельскохозяйственных животных / Л.Г. Боярский. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 416 с.
2. Чекель, Е. Особенности возделывания люцерны / Е. Чекель, А. Боровик, М. Крицкий / Белорусское сельское хозяйство.– 2015.– № 11. – С. 70–71.
3. Методика государственного испытания сельскохозяйственных культур. – Москва, 1985. – 263 с.
4. Государственный реестр сортов / ГУ «Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2016. – С.27.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОЛЛЕКТОРА ДОИЛЬНОГО АППАРАТА**

А.А. Романович, к.т.н., С.Г. Клок

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

### **Введение**

В результате накопления опыта эксплуатации отечественных доильных установок, в сравнения технических характеристик отечественных и зарубежных аналогов, предъявления более жестких требований к ним и технологического процесса доения, его интенсивности является необходимость дальнейшего совершенствования отечественных машин. Это является основой поддержания их конкурентоспособности и усовершенствования технологического процесса доения, повышения качества молока, производительности установок и снижения затрат ручного труда оператора [1].

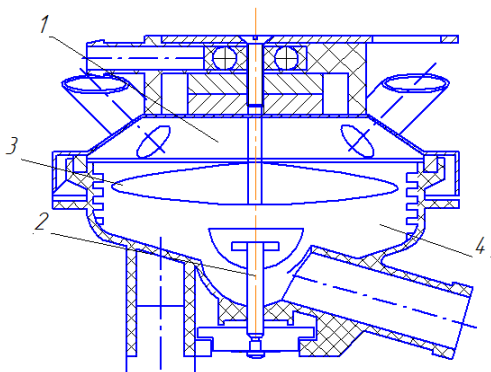
Основным исполнительным рабочим органом доильной установки, служащим для извлечения молока из вымени коровы и сбора его в емкость или молокопровод, является доильный аппарат. Он состоит из доильных стаканов, коллектора, пульсатора, шлангов и патрубков, их объединяющих, и действуют за счет разряжения создаваемого вакуумным насосом в вакуум-проводе.

### **Основная часть**

В настоящее время совершенствование конструкции коллекторов направлено на улучшение качества молока путем установки для каждого соска молочной железы отдельного датчика, измеряющего соли в молоке в течении всей дойки. Если содержание соли превышает допустимый уровень, то загорается светодиод, сигнализирующий об отклонении данной части вымени. Маститный индикатор при помощи светодиода также показывает окончание дойки. Питание осуществляется от электрической сети или батарейки [2]. Еще одним недостатком конструкции доильного аппарата является избыточное пенообразование в коллекторе в связи с неравномерным поступлением молока, что снижает производительность коллектора, однако производители доильной техники не уделяют этому большого внимания.

С целью устранения данного недостатка предлагается внутри полости коллектора установить пенопреобразователь у входных отверстий молочной камеры, закрепленной одним концом у края патрубка, также предлагается на стенках верхней крышки коллектора выполнить оребрение по винтовой линии (рисунок 1).

Предлагаемый коллектор работает следующим образом. Молоко двигаясь по пенопреобразователю удалено от точки стока теряет скорость движения. Далее попадая в канал у стенок коллектора, упорядоченно перемещается к выходу из коллектора, следовательно, турбулентный режим течения молока сменяется на упорядоченный ламинарный, сокращается вероятность пенообразования, что приводит к увеличению пропускной способности коллектора, тем самым повышая производительность доильной установки, а также снижаются непроизводительные затраты энергии на технологический процесс доения молока, и улучшается качество продукта.



1 – крышка нижняя; 2 – клапан в сборе; 3 – пенопреобразователь;  
4 – крышка верхняя

Рисунок 1. – Коллектор молочный

### Заключение

В результате анализа конструкции было установлено, что недостатком доильного аппарата является избыточное пенообразование в коллекторе в связи с неравномерным поступлением молока, что снижает производительность коллектора, однако производители доильной техники не уделяют этому большого внимания. Предлагаемый коллектор сокращает вероятность пенообразования, что приводит к увеличению пропускной способности коллектора, тем самым повышая производительность доильной установки, а также

снижаются непроизводительные затраты энергии на технологический процесс доения молока, и улучшается качество продукта.

#### **Список использованной литературы**

1. Ремонт, реконструкция и совершенствование доильных установок / Э.П. Сорокин, С.А. Киршенков. – Мн.: ГУ «Учебно-методический центр Минсельхозпрода», 2009. – 149 с.

2. Машины и оборудование в животноводстве: учеб. пособие / А.В. Китун, В.И. Передня, Н.Н. Романюк. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2016. – 382 с.

УДК 631.16

## **ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА**

А.В. Мучинский, к.т.н., доцент; И.С. Крук, к.т.н., доцент, Л.Е. Процко  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Экономическая эффективность применения различных машин для механизации отдельных процессов или операций на фермах может быть определена путем сопоставления экономических показателей при однотипных способах осуществления процессов.

Наиболее полно, влияние различных факторов на эффективность применения машин, может быть учтено в технологических картах, которые могут составляться для выполнения отдельных процессов или для всех процессов обслуживания животных.

Разработка технологических карт для существующих и проектируемых способов механизации производственных процессов позволяет определить экономическую эффективность применения новых (модернизированных) технических средств.

### **Основная часть**

Одним из основных критериев экономической эффективности применения новых (модернизированных) машин являются приведенные затраты и экономический эффект за срок службы.

Для их определения производится расчет эксплуатационных затрат по базовому и новому вариантам. Расчет эксплуатационных затрат рассчитывается в соответствии с технологической картой по формуле

$$\mathcal{E}_3 = \text{ЗП} + \text{З}_a + \text{З}_{\text{эл}} + \text{З}_{\text{то}} + \text{З}_{\text{пр}},$$

где ЗП – заработная плата обслуживающего персонала с начислениями, руб.;  $\text{З}_a$  – затраты на амортизацию оборудования, руб.;  $\text{З}_{\text{эл}}$  – затраты на электроэнергию, расходуемую на работу оборудования, руб.;  $\text{З}_{\text{то}}$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования, руб.;  $\text{З}_{\text{пр}}$  – прочие затраты (затраты на инвентарь и др.), руб.

Зарботная плата с начислениями:

$$\text{ЗП} = t_{\text{ср}} T_3 K_{\text{доп}} K_{\text{ув}},$$

где  $t_{\text{ср}}$  – средняя часовая тарифная ставка обслуживающего персонала, руб/чел.-ч.;  $T_3$  – затраты труда, чел.-ч.;  $K_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную оплату труда;  $K_{\text{ув}}$  – коэффициент, учитывающий начисления на основную и дополнительную оплату труда.

Затраты труда (трудоемкость) определяются по формуле

$$T_3 = t_m N_m,$$

где  $t_m$  – время работы машины (оборудования) при выполнении годового объема работ, ч;  $N_m$  – численность обслуживающего персонала машины (оборудования), чел.

Время работы машины (оборудования)

$$t_m = \frac{O_r}{W_{\text{ч}}},$$

где  $O_r$  – годовой объем работы, выполняемой машиной (оборудованием), гол.(т);  $W_{\text{ч}}$  – производительность машины (оборудования), гол/ч (т/ч).

Часовая производительность машины (оборудования) определяется по ее техническим характеристикам. Годовой объем работы, гол (т)

$$O_r = O_{\text{сут}} \cdot 365.$$

Затраты на амортизацию оборудования

$$\text{З}_a = \frac{N_a B_{\text{ст}}}{100},$$

где  $N_a$  – норма отчислений на амортизацию, % от балансовой стоимости оборудования;  $B_{\text{ст}}$  – балансовая стоимость оборудования данной операции, руб.

Количество необходимого оборудования определяем по данным технических характеристик, из которых следует количество

поголовья (количество продукции) которое может обслужить данное оборудование.

Затраты на электроэнергию:

$$З_{эл} = Q_э Ц_{эл},$$

где  $C_{эл}$  – цена 1 кВт·ч электроэнергии, руб.

Расходы на ремонт и техническое обслуживание оборудования:

$$З_{то} = \frac{N_{то} B_{ст}}{100},$$

где  $N_{то}$  – норматив отчислений на ремонт и техническое обслуживание, %.

Прочие затраты (инвентарь и пр.)

$$З_{пр} = \frac{N_{пр} B_{ст}}{100},$$

где  $N_{пр}$  – норматив отчислений на инвентарь и пр., %.

Определив эксплуатационные затраты по базовому и новому вариантам, осуществляем выбор наиболее эффективного варианта машин (оборудования) по критерию приведенных затрат:

$$\mathcal{E}_з + E_H K_B \rightarrow \min,$$

где  $\mathcal{E}_з$  – эксплуатационные затраты рассматриваемого варианта оборудования, руб.;  $K_B$  – капитальные вложения, необходимые на внедрение рассматриваемых вариантов машин (оборудования), руб.  $E_H$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ( $E_H = 0,20$ ).

Годовой экономический эффект по приведенным суммарным издержкам определяется по формуле

$$\mathcal{E}_г = (\mathcal{E}_{зБ} + E_H K_{вБ}) - (\mathcal{E}_{зН} + E_H K_{вН}) \frac{O_{гБ}}{O_{гН}},$$

где  $\mathcal{E}_{зБ}, \mathcal{E}_{зН}$  – эксплуатационные затраты базового и нового вариантов, руб.;  $K_{вБ}, K_{вН}$  – капитальные вложения по базовому и новому вариантам, руб.;  $O_{гБ}, O_{гН}$  – годовой объем работы, выполняемой машиной (оборудованием) по базовому и новому вариантам, гол.(т)

Экономический эффект за срок службы машины (оборудования) определяем по формуле

$$\Theta = \frac{Z_{ГБ} - Z_{ГН}}{R + E_H},$$

где  $Z_{ГБ}$ ,  $Z_{ГН}$  – годовые затраты на приобретение и использование соответственно базового и нового оборудования, руб.;  $R$  – коэффициент реновации, величина обратная сроку службы оборудования  $R = 1/T$ , ( $T$  – срок службы оборудования).

Годовые затраты на приобретение и использование, соответственно базового и нового оборудования определяем по следующим формулам

$$Z_{ГБ} = \Theta_{зБ} + \left( \frac{H_a}{100} + E_H \right) B_{стБ},$$
$$Z_{ГН} = \Theta_{зН} + \left( \frac{H_a}{100} + E_H \right) B_{стН},$$

где  $\Theta_{зБ}$ ,  $\Theta_{зН}$  – эксплуатационные затраты по базовому и новому вариантам, руб.;  $B_{стБ}$ ,  $B_{стН}$  – балансовая стоимость (капитальные вложения) по базовому и новому вариантам, руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, необходимых на внедрение новой (модернизированной) машины определяется из следующей формулы

$$T_d = \frac{K_{вд}}{\Theta_{Г}}.$$

### **Заключение**

В результате приведенных расчетов выбирается вариант с наименьшим критерием приведенных затрат. Затем определяем экономический эффект за срок службы машины (оборудования) и период окупаемости дополнительных капитальных вложений.

### **Список используемой литературы**

1. Практикум по организации и управлению производством на сельскохозяйственных предприятиях / В.Т. Водяников, А.И. Лысюк, Л.И. Кушнарев и др.; Под ред. В.Т. Водяникова. — М.: Колос, 2005. — 448 с.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ МТКО DIAN

Ф.И. Назаров, Ф.Д. Сапожников, к.т.н., доцент,  
Г.Ф. Назарова, А.Л. Евдонка  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### Введение

Оборудование для охлаждения молока типа *МТКО DIAN 2500/2* предназначено для охлаждения молока на животноводческих фермах, пунктах приема и сбора молока с целью его хранения до перевозки к месту дальнейшей переработки. Оборудование предназначено для охлаждения молока в объеме двух доений.

Охлаждение молока производится орошением наружных боковых стенок молочной емкости ледяной водой насосом через систему трубопроводов. Молочная емкость установлена в водяную ванну и находится выше уровня ледяной воды. Охлаждение воды происходит за счет таяния льда, который образуется на змеевиковом испарителе системы охлаждения.

Применение системы предварительного охлаждения молока позволяет смешивать молоко нескольких доений, что гарантирует высокое качество сырья и значительно сокращает время охлаждения молока до критической температуры 10 °С (в течение 15 минут от начала доения) [1].

### Основная часть

С целью экономии средств и энергоресурсов нами предлагается устанавливать теплообменник непосредственно в водяной ванне под днищем молочного танка. Это позволило устранить из старой схемы наличие водяного насоса с электродвигателем для забора воды из молочного танка.

Проведем расчет теплообменника. Из основного уравнения теплопередачи

$$F = \frac{Q}{k_t \cdot \Delta t_{cp}},$$

где  $F$  – площадь поверхности теплопередачи,  $\text{м}^2$ ;  $Q$  – тепловая нагрузка, Вт;  $k_t$  – коэффициент теплопередачи,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ ;  $\Delta t_{cp}$  – средняя разность температур между теплоносителями,  $^\circ\text{С}$ .

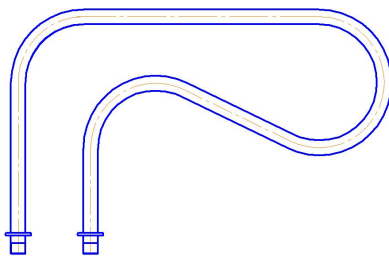


Рисунок 1. – Теплообменник

Коэффициент теплопередачи зависит от многих факторов (температуры теплообменных жидкостей, конструкции теплообменника, условий течения жидкостей и т.п.) и в каждом отдельном случае определяется экспериментально или рассчитывается по имеющимся экспериментальным зависимостям. Нами принято  $k_t = 2203 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ . Это значение взято из книги [2], где произведен расчет для условий, аналогичным нашим.

Средняя разность температур между теплоносителями определяется по формуле

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}},$$

где  $\Delta t_{\max}$  и  $\Delta t_{\min}$  – соответственно максимальная и минимальная разность температур между водой и молоком.

Разрабатываемый теплообменник находится в ванне с водой температурой  $1^\circ\text{С}$ , температура поступающего на охлаждение молока равна  $32^\circ\text{С}$ , а после охлаждения –  $15^\circ\text{С}$ .

Тогда  $\Delta t_{\max} = 32 - 1 = 31^\circ\text{С}$ ,  $\Delta t_{\min} = 15 - 1 = 14^\circ\text{С}$ ,  $\Delta t_{cp} = 21,5^\circ\text{С}$ .

Тепловую нагрузку определяем исходя из одновременного доения 10 коров. Годовой удой от коровы равен 6000 л. молока. Корова доится в среднем 5 мин. = 300 сек. Одноразовый надой от коровы максимальный 15 л. молока. Следовательно, в теплообменник будет постоянно поступать в секунду  $M_c = 0,5 \text{ кг}/\text{с}$ .

Тепловая нагрузка на теплообменник определяется по формуле

$$Q = M_c \cdot C_m \cdot (t_n - t_{кп}),$$

где  $M_c$  – секундный расход молока, кг;  $C_m$  – удельная теплоемкость молока,  $C_m = 3900$  Дж/кг·С;  $t_n$  и  $t_{кп}$  – начальная и конечная после предохлаждения температура молока

$$Q = 0,5 \cdot 3900 \cdot 17 = 33150 \text{ Вт.}$$

Из формулы (1) определяем площадь поверхности теплоотдачи

$$F = \frac{33150}{2203 \cdot 21,5} = 0,7 \text{ м}^2.$$

Габариты холодильника *МТКО DIAN 2500/2* позволяют разместить под ванной теплообменник длиной 4 м.

Диаметр молокопроводной трубы определяем из выражения

$$d = \frac{F}{\pi \cdot L},$$

где  $L$  – длина теплообменника,  $L = 4$  м.

$$d = \frac{0,7}{3,14 \cdot 4} = 0,056 \text{ м.}$$

В соответствии со стандартом на круглые трубы принимаем условный диаметр равный 56 мм. Толщина стенки 3,5 мм. Проведенный тепловой расчет показывает, что молоко после доения проходя через теплообменник, будет охлаждаться до температуры  $15^{\circ}\text{C}$ .

### **Заключение**

Проведенная модернизация холодильной установки *МТКО DIAN* позволит значительно сократить время охлаждения молока при высоком его качестве.

### **Список использованной литературы**

1. Сапожников Ф.Д. Охлаждение молока и техническое обслуживание установок: практикум / Ф.Д. Сапожников, В.М. Колончук, Ф.И. Назаров. – Минск: БГАТУ, 2006. – 88 с.
2. Остриков А.Н. Расчет и проектирование теплообменников: учебник / А.Н. Остриков, А.В. Логинов, А.С. Попов, И.Н. Болгова; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж: ВГТА, 2011. – 427 с.

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ДОИЛЬНЫХ СТАКАНОВ

А.А. Романович, к.т.н., Ю.А. Ракевич

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

### Введение

В настоящее время на фермах используется большое многообразие доильных стаканов, как импортного, так и отечественного производства.

Доильный стакан является основным механизмом доильного аппарата. Это связано с тем, что доильный стакан - единственная часть доильного аппарата, которая в процессе доения взаимодействует с организмом животного. Поэтому именно от этого взаимодействия зависит и здоровье, и продуктивность животного.

### Основная часть

Однокамерные доильные стаканы состоят из металлической гильзы и резинового присоска. Они обычно работают в двухтактном режиме - такт сосания и такт отдыха.

Конструкции доильных стаканов можно классифицировать по многим признакам, одним из которых является количество камер.

По количеству камер доильные стаканы бывают одно-, двухкамерными и трехкамерными, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки [1, 2].

Преимущество однокамерных доильных стаканов:

- при правильном соответствии размеров стаканов размерам сосков не оказывает неблагоприятного физиологического воздействия на соски животного, не нарушает в них кровообращения;
- заболевания сосков наблюдается редко;
- доильный стакан очень прост и надежен в работе, так как не имеет в конструкции быстро изнашивающейся сосковой резины.

Недостатки однокамерных доильных стаканов:

- не всегда обеспечивает чистое выдаивание, так как сфинктер соска при такте сосания в некоторых случаях не может открываться полностью из-за сжатия его с боков при слишком сильном засасывании в конусообразный стакан, вследствие чего у некоторых животных наблюдается не чистое выдаивание (большой ручной додой);

- необходимо иметь несколько комплектов доильных стаканов различного размера к каждому доильному аппарату, чтобы охватить машинным доением животных, имеющих соски разных размеров.

Наиболее распространенными являются двухкамерные доильные стаканы. Они могут работать как в двух-, так и в трехтактном режиме. Они же могут снабжаться различными дополнительными устройствами с целью стимуляции животного.

Доильный двухкамерный доильный стакан, разработанный П.Л. Воликов и А.Д. Леонов который стимулирует молокоотдачу в процессе доения. Достигается это тем, что нижняя стенка присоска имеет меньшую толщину, чем верхняя стенка, диаметр отверстия верхней стенки присоска больше диаметра отверстия нижней стенки [3].

Преимущество двухкамерных доильных стаканов:

- можно обойтись одним комплектом доильных стаканов к каждому аппарату, так как сосковая резина в некоторой степени приспособляется к соскам различных размеров;

- выдаивание коров происходит несколько быстрее, чем однокамерными доильными стаканами, так как в двухкамерных стаканах сосковая резина меньше препятствует открыванию сфинктера соска, чем твердые конусообразные стенки однокамерных доильных стаканов.

Недостатки двухкамерных доильных стаканов:

- во время каждого такта сосания несколько нарушается кровообращения в сосках, которое не восстанавливаются полностью во время такта сжатия;

- во время доения соски значительно удлиняются, и доильные стаканы напозают на соски и вымя животного; имеют место большие эксплуатационные расходы на сменные резиновые детали (сосковую резину).

В отличие от двухкамерного стакана, трехкамерный доильный стакан имеет так называемый такт «отдыха», во время которого в подсосковые камеры доильных стаканов из коллектора впускается воздух и устанавливается почти атмосферное давление, выталкивающее из стаканов соски, втянутые в них вакуумом в такте сосания, поэтому перекрытие межцистернальных молочных потоков, соединяющих соски с цистерной вымени, по сравнению с доением двухкамерных доильных стаканов, здесь менее вероятно.

Трехкамерные доильные стаканы лучше обеспечивают сохранение здоровья вымени, однако они не находят широкого применения вследствие сложности конструкции и дороговизны. Основным недостатком является низкая интенсивность молоковыделения из-за наличия такта «отдыха», снижающего продолжительность сосания.

Примером трехкамерного доильного стакана может служить стакан, разработанный А.М. Андриановым и В.И. Рычковым. Гильза доильного стакана снабжена продольными приливами, которые образуют дополнительные камеры переменного давления. В этих камерах расположены подпружиненные поршни, которые сдавливая сосок, оказывают на него стимулирующие воздействие [4].

### **Заключение**

Конструктивное исполнение доильных стаканов показывает, что наиболее перспективным направлением в совершенствовании конструкции доильного стакана является устранение недостатков двухкамерных рабочих органов, путем исключения наползания его на вымя и верхнюю часть соска. Несвершенство доильных стаканов является основной причиной низкой продуктивности коров и качества молока.

### **Список использованной литературы**

1. Ведищев, С.М. Механизация доения коров. – Тамбов: ТГТУ, (Учебное пособие) 2006, с. 153
2. Бетин, С.И. Современные доильные аппараты. // Молочное и мясное скотоводство, 1980, с. 44-51.
3. А.С. № 614776 МКЛ А01j5/06. Однокамерный доильный стакан / П.Л. Воликов, А.Д. Леонов. Заявлено 05.03.71; Бюл.№26
4. А.С. № 1713507 МКЛ А01j5/04. Доильный аппарат. А.М. Андрианов, В.И. Рычков. Заявлено. 25.01.90; Бюл. №7

УДК 631.22.01

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНОБОБОВЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЛЕГКОУСВОЯЕМЫЕ КОРМА ТЕЛЯТАМ МОЛОЧНОГО ПЕРИОДА**

В. И. Передня<sup>1</sup>, д.т.н., профессор,

А.В. Китун, д.т.н., профессор, А.А. Романович, к.т.н.

<sup>1</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Согласно зоотехническим исследованиям, потенциал молочной продуктивности коровы закладывается уже на этапе выращивания

телят и зависит более чем на 60 % от условий выращивания и кормления.

Основным кормом телят молочного периода является цельное молоко. В настоящее время, при дефиците молока, на выпойку одного теленка расходуют 250–400 литров цельного молока, а с учетом вторичных молочных продуктов (обрат, сыворотка и т.д.) в переводе на сухое вещество, телятам скармливают в нашей стране около 12–16 % валового производства молочных продуктов [1]. В развитых странах с учетом вторичных молочных продуктов, скармливают не более 6–8 %, заменив остальное количество заменителем.

### **Основная часть**

Заменители цельного молока (ЗЦМ) в абсолютном большинстве хозяйств страны закупают иностранного производства. В последние годы в Беларуси начинают осваивать выпуск местных заменителей молока. Основой всех выпускаемых ЗЦМ является обезжиренное сухое молоко (СОМ), которое обогащается различными добавками с целью повышения его питательности. Так, заменитель производимый на АО «Экмол» (ССК–2) содержит в своем составе 48 % сухого молока и около 17 % гидрогенизированного жира с добавками витаминов и микроэлементов [1].

Однако, указанный заменитель не нашел широкого распространения из-за недостатка необходимого количества сухого обезжиренного молока и гидрогенизированных жиров.

Состав коровьего молока в настоящее время изучен достаточно подробно. Изучен также состав, количество макро- и микроэлементов и витаминов [2]. Известно, что молоко коров образуется из кормовых компонентов, основу которых составляют зерновые культуры.

В зернах злаковых и бобовых культур содержится большое количество белков, жиров, углеводов, но перевариваемость их без углубленной переработки не высока. Белки в зерне и бобах откладываются в значительных количествах в специализированных субклеточных формах – алейроновых зернах, окруженных единой мембраной и содержащих кристаллические белковые тела [2].

Зерна злаковых культур наряду с белками содержат много крахмала, усвоение которого у животных происходит медленно. По данным ряда исследований [3], усвояемость питательного потенциала крахмала в природной форме не превышает 20-25% в зави-

симости от вида культур. Как показывают исследования, повышение температуры в зерне приводит к разрыву природных связей крахмала на клеточном уровне и переводе его в более простые соединения (декстрины и сахара), особенно при наличии воды.

Рапс включает в своем составе полезные вещества, белки и жиры, но и содержит токсичные вещества такие как глюкозинолаты и их производные. Глюкозинолаты являются сложными органическими соединениями, включающими глюкозу и аглюкон. Под воздействием фермента микрозиназы глюкозинолаты гидролизуются с образованием циклических соединений – нитрилов, отрицательно влияющих на функцию щитовидной железы, печени и пищеварительного тракта животных. Из многочисленных исследований [3] известно, что при воздействии температуры глюкозинолатный гидролиз не происходит и инактивируются микрозиназы.

В мировой практике известно множество методов и технологий обработки зернового сырья с целью повышения его переваримости и усвояемости. Однако для телят молочного периода, у которых еще не сформировался рубец и желудочно-кишечный тракт, возможно использовать только влаготепловой способ обработки зерна, который способствует улучшению вкусовых качеств, повышению питательной ценности углеводного и протеинового комплекса, снижению затрат энергии молодого организма на переваривание и усвоение питательных веществ поедаемого корма. Воздействие тепла и влаги на зернобобовую смесь вызывает в ней биохимические процессы, в результате которых происходит ферментативное расщепление, декстринизация, желатинизация крахмала и другие процессы. В процессе обработки крахмал зернобобовых гидролизуется до мальтозы, дающей после присоединения воды две молекулы глюкозы. Кроме того, в качестве промежуточного продукта образуются полисахариды с разной молекулярной массой – декстрины. В зависимости от степени гидролиза их молекулярная масса понижается и они все больше приближаются к сахарам [4]. В этом случае процесс протекает на уровне нано-технологии.

Исходя из выше изложенного, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработал комплект оборудования, а РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» разработали рецепты и технологический регламент получения легкоусвояемого жидкого корма на базе местных зерновых культур, таких как овес, узколи-

стный люпин, рапс, горох, льносемя в сочетании с другими обогащающими добавками и витаминно-минеральным комплексом.

В основу технологии приготовления легкоусвояемого жидкого корма положена идея влаготепловой обработки зернофуража на специальной гидродинамической установке, создающая в процессе работы гидроудары и кавитацию, что позволяет прямо из зерновых компонентов получить однородную гомогенную мелкодисперсную массу.

Как показали исследования, использование кавитации позволяет получать однородную (гомогенную) массу, которая не расслаивается на фракции на протяжении длительного периода времени. Более того, одновременное нагревание и перемешивание ингредиентов, содержащих в своем составе большое количество жиров, жироподобных веществ, жировые шарики которых в диаметре превышают шесть и более микрон, позволяет достичь мелкодисперсного однородного состава влажной смеси. Этому способствует процесс кавитации, а продукты, полученные при обработке белково-жирового сырья растительного происхождения на гидродинамической установке, дают возможность, после смешивания их с водой получать высокопитательные влажные кормосмеси или заменители цельного молока, необходимые при выращивании телят.

Ценность такого оборудования заключается еще и в том, что в одном агрегате происходит измельчение или доизмельчение зернофуража, его тепловая обработка и смешивание с водой до образования пасты необходимой влажности или растительного молока. По степени гомогенности такая паста, или растительное молоко, практически не расслаивается на фракции и сохраняет однородный состав в течение длительного времени (более 30 дней). Использование гидродинамической установки для умеренной влаготепловой обработки сухой кормовой смеси при температуре 75–80°C, по сравнению с экструдированием, значительно снижает разрушение незаменимых аминокислот и витаминов (особенно К, С, В<sub>1</sub>, В<sub>3</sub>). Кроме того, обработка зерна и добавленных ингредиентов происходит в закрытом пространстве в водной среде с минимальным доступом кислорода, что предупреждает окисление жиров и, как следствие, жирорастворимых витаминов (А, Д и Е). С технологической точки зрения, при разбавлении полученной массы водой достигается полное растворение витаминно-минеральных добавок и получается корм с содержанием необходимого количества сухого

вещества. Благодаря кавитации и температуре происходят и некоторые качественные изменения в составе питательных веществ (таблица 1). К ним можно отнести такие, как стерилизация полученного материала, инактивация ингибиторов, алкалоидов, микроримов и патогенной микрофлоры, снижение антипитательных веществ. Также происходит желатинизация крахмала с расщеплением части его до моносахаров, что достигается при достаточном количестве горячей воды.

Содержание питательных веществ в зернофураже до и после обработки представлено в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, содержание питательных веществ в зерносмеси и после обработки в агрегате влаготепловой обработки, в основном, осталось почти неизменным, за исключением сахара и клетчатки.

Вероятно, в результате воздействия температуры, влаги и времени на клетчатку и белки зерна произошел распад части белка на более простые составляющие.

Таблица 1 – Содержание питательных веществ в сухом веществе зернофуража, г/кг

Показатели	Зерносмесь		
	до обработки	после обработки	%
Органическое вещество	969	968,6	99,9
Азот	43,6	42,2	96,7
Протеин	272	266	97,7
Сахар	49,2	75,1	152,6
Клетчатка	121,7	58,8	48,3
Жир	131,6	131,7	100
БЭВ	319,9	363,4	113,6
ЗОЛ	31,0	31,4	101,3

Кроме минеральных и органических веществ, было определено и содержание отдельных витаминов. Витаминный состав при приготовлении заменителей цельного молока подвержен наиболее широким колебаниям, поэтому сохранность витаминов в заменителе цельного молока является одним из факторов, обеспечивающих полноценность данного продукта (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание витаминов в зернофураже

Показатели, %	Температура нагрева, °С			
	20	70	80	90
Витамин А	100	95	92	90
Витамин Si	100	98	95	91
Витамин В2	100	98	96	93
Витамин В5	100	94	91	89

### **Заключение**

Использование влаготепловой обработки зернофуража позволяет получать мелкодисперсную однородную массу, которая вполне может быть использована при кормлении телят после 20-дневного возраста вместо заменителя цельного молока.

Применение влаготепловой обработки зернофуража не уменьшает количество питательных веществ в полученном продукте, количество сахара и свободных аминокислот даже несколько увеличивается, а клетчатки уменьшается.

Для сохранения количества витаминов целесообразно температурный режим приготовления зернофуража ограничить величиной не более 75°С.

### **Список использованной литературы**

1. Технология приготовления заменителя цельного молока на основе зерновых компонентов / Азаренко В.В., Горячев И.И., Передня В.И. // «Вестник» Национальной академии наук №2, 2008 г.
2. Заменители молока – эффективное решение // Брошюра, М., Ленинский проспект 2009 г., 137с.
3. Легкопереваримые углеводы в кормлении коров / Ю. Лазарев, И. Кузмин // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2006. №10. М.
4. Галушко, В.М. Заменитель цельного молока из местных источников питательных веществ./ Горячев, И.И., Передня, В.И. / Сб. науч. Трудов РУП «Институт животноводства национальной академии наук Беларуси», - Жодино, 2006. - Том 41.

## АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОГО НАВОЗА

И.И. Скорб

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

### Введение

С началом применения гидравлических способов уборки навоза связаны исследования физико-механических свойств бесподстилочного навоза [1].

### Основная часть

В результате многочисленных исследований, установлено, что влажность бесподстилочного навоза крупного рогатого скота и свиней зависит от вида, возраста и пола животных, способов их содержания, кормления и составляет 70...91,5 % и 82-91 % соответственно [2].

Некоторые авторы утверждают, что влажность свиного навоза не зависит от рациона [3].

Плотность жидкого навоза при различных типах содержания и кормления КРС и изменении влажности от 84 до 94 % составила 993...1300 кг/м<sup>3</sup>, сухого вещества – 1250...1350 кг/м<sup>3</sup>. Плотность навоза КРС меньше плотности свиного навоза.

Многочисленными исследованиями установлено, что плотность свиного навоза изменяется в зависимости от влажности в пределах 1013...1400 кг/м<sup>3</sup>, а плотность сухого вещества навоза составляет 1800 кг/м<sup>3</sup> и 1208...1320 кг/м<sup>3</sup>.

Жидкий навоз при хранении подвержен расслаиванию. Так исследованиями В.И. Якубаускаса установлено, что жидкий бесподстилочный навоз во время длительного хранения расслаивается на верхний слой влажностью 73...78 %, высотой до 0,7 м, средний слой влажностью 92...96,5 % - до 1 м и нижний слой – осадок влажностью 87...88,9 % до 0,5 м [4].

Исследования гранулометрического состава показали, что в свином навозе при концентратном типе кормления частиц размером 0,5 мм и меньше содержится более 50 %, в навозе КРС частиц размером до 0,5 мм – около 50 %, частиц размером от 3 до 10 мм – около 30 %.

По данным Н.М. Марченко и других авторов, средневзвешенная длина включений в навозе КРС составляет 2,2 мм, частиц длиной более 10 мм не более 0,8 % [5].

С.Д. Дурдыбаевым установлено, что в навозе КРС содержится более 55 % частиц размером до 0,25 мм, в свином навозе – около 58 % частиц размером 0,25...1,0 мм [6].

Осаждение твердых частиц в свином навозе начинается при влажности выше 88 %. Наибольшая скорость осаждения происходит по одним источникам в первые 15...20 минут, по другим в течение 2...3 часов и заканчивается через 3...6 суток.

При исследовании физико-механических свойств свиного навоза получены уравнения для определения количества частиц, выпавших в единицу времени в осадок:

$$G_0V = 0,84(100 - W)$$

где  $G_0$  – масса взвешенных частиц в единице объема, г/см<sup>3</sup>;  $V$  – объем, м<sup>3</sup>;  $W$  – влажность исходного навоза, %.

На скорость осаждения частиц влияют их размеры, влажность и температура (рисунок 1).

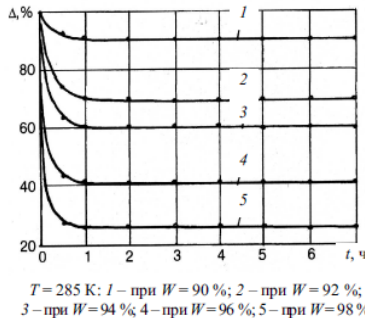


Рисунок 1. – График осаждения твердой фракции свиного навоза при различной влажности

Интенсивное осаждение частиц происходит в течение часа и заканчивается через 4 часа. С повышением влажности, температуры и увеличением размеров частиц скорость осаждения повышается. В зависимости от размеров частиц скорость их осаждения составляет  $(1,5...5,2)10^{-2}$  м/с [7].

### Заключение

Знание физико-механических и реологических свойств навоза, позволяет выбирать соответствующие технические средства для осуществления транспортировки, хранения и переработки, способствуя оптимальному функционированию систем и получению навоза хорошего качества.

### **Список использованной литературы**

1. Берглунд С., Анианссон Г., Эжесбу И. Транспортировка жидкого навоза / Пер. со швед. Под ред. И.Ф. Ромашкевича. М.: Колос, 1962. - 183 с.
2. Капустин, В.П. Совершенствование систем уборки и транспортировки бесподстилочного навоза, Тамбов, Издательство ТГТУ, 2001. - 122с.
3. Голушко А.С. Исследование линейных и местных сопротивлений в навозопроводах на свиноводческих фермах: Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 1969. 31 с.
4. Якубаускас В.И. Технологические основы механизированного внесения удобрений, М.: Колос, 1973. 231 с.
5. Марченко Н.М., Личман Г.И., Шебалкин А.Е. Механизация внесения органических удобрений. М.: Агропромиздат, 1980. 207 с.
6. Дурдыбаев С.Д., Данилкина В.С., Рязанцев В.П. Утилизация отходов животноводства и птицеводства: Обзор. М.: Агропромиздат, 1989. 56 с.
7. Капустин В.П., Саяпин В.А., Дудышев Е.С. Исследование расслаивания и скорости осаждения свиного навоза // Механизация и автоматизация животноводческих ферм: Крат. тез. докл. конф. Тамбов, 1974. Ч.2. С. 98-100.

УДК 631.363.7

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗКИ СУТОЧНЫХ ЦЫПЛЯТ И ИНКУБАЦИОННЫХ ЯИЦ НА ПТИЦЕФАБРИКАХ**

В.Н. Гутман, к.т.н., доцент

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

### **Введение**

Работу над созданием автофургона для перевозки суточных цыплят и инкубационных яиц, конструкторы РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» начали после посещения Вице-премьером Республики Беларусь Владимиром Семашко ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский». Тогда ученые и получили заказ на создание отечественного автомобиля для перевозки инкубационных яиц и суточных цыплят на базе пятитонного автомобиля МАЗ.

## **Основная часть**

Созданный автофургон АПЦ соответствует всем требованиям, которые выдвигали заказчики. Но чтобы получить столь впечатляющий результат, сначала пришлось проанализировать зарубежный опыт производства подобной техники. Ведь до этого момента в ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» применялись автомобили российского производства на шасси ГАЗ-53. Они были оборудованы только системами обогрева и продувки воздуха. Систем кондиционирования и доведения воздуха до нужной температуры не было. Микроклимат, особенно в летнее время, был практически неуправляем.

По расчетам вместимость автофургона должна составлять 28 тысяч суточных цыплят или 55 тысяч инкубационных яиц. Для этого предстояло укомплектовать изотермический кузов машины специальным оборудованием, которое бы поддерживало нужные условия перевозки и автофургон был удобен в работе для обслуживающего персонала. С этой задачей ученые справились. Приведу пример. Агрокомбинат «Снов» заказал 70 тысяч цыплят, чтобы заполнить два птичника. Автофургон АПЦ с небольшой перегрузкой взял сразу 34 тысячи цыплят, и понадобилось еще 3 машины российского производства, чтобы разместить в каждом по 12 тысяч цыплят - бройлеров. Как видите, эффективность перевозки нашим автофургоном очевидна.

Очень высокие требования специалисты птицефабрики предъявляли к надежности технологического процесса. В автофургоне размещены 4 датчика, которые постоянно отслеживают температуру воздуха, влажность, другие параметры для протокола перевозки. Получать обновленную информацию можно через каждые 15 минут, имеется также видеокамера для наблюдения за поведением цыплят во время транспортировки. В случае выхода из строя основного двигателя автомобиля, автофургон может в автономном режиме на аккумуляторах работать еще в течение 6 часов.

Кстати, отечественный автофургон АПЦ и по цене вдвое дешевле зарубежных аналогов – 100 000 долларов США. Серийный выпуск автофургонов ведется на ООО «Минский завод кузовов и прицепов «МАЗ-Купава».

## **Заключение**

Автофургон АПЦ прошел Государственные приемочные испытания в ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» и перевез за год испытаний более 15 млн. цыплят-бройлеров. После испытаний ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» закупил 4 автофургона. Другие крупнейшие птицефабрики: РУСПП «Смолевичская бройлерная

птицефабрика», РДСУП «Белорусьнефть-Особино» и другие закупили более десяти автофургонов.

УДК 621.565

## **ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН**

Ф.Д. Сапожников, к.т.н, доцент, Г.Г. Тычина, к.т.н, доцент,  
В.М. Колончук, Ф.И. Назаров.  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

В связи со строительством и реконструкцией молочно-товарных ферм постоянно пополняется парк молокоохладительных установок как отечественного, так и зарубежного производства. Для каждого объема емкости установки и кратности доек существуют программы подбора комплектующих узлов и агрегатов.

### **Основная часть**

Для точного определения параметров термодинамического процесса пользуются  $\lg P-i$  ( $P$  – давление,  $i$  – удельная энтальпия хладагента) диаграммами, выпускаемыми заводами-изготовителями хладагента. Как правило, эти диаграммы выполнены в крупном масштабе и очень точно, что позволяет использовать их для расчетов. Кроме того, имеются таблицы состояния хладагента при различных температурах, а также таблицы удельного объема, энтальпии и энтропии хладагента в различных состояниях (на линии насыщения, перегретого пара) [1].

Исследуя реальный холодильный цикл, путем измерения параметров в определенных точках холодильной машины, можно оценивать отклонения  $\lg P-i$  диаграммы от нормы и, исходя из этого определить характер неисправности холодильной машины.

Практически измеряют температуру и давление конденсации, испарения, ток двигателя компрессора, перегрев хладагента на выходе из испарителя (норма 5-8 К), переохлаждение хладагента на выходе из конденсатора (норма 5-8 К).

На рисунках 1 и 2 показаны примеры отклонения  $\lg P-i$  диаграммы от нормы соответственно при «слабом» конденсаторе и при недостаточном количестве хладагента (сплошными линиями показана норма, а штриховыми отклонения) [2]

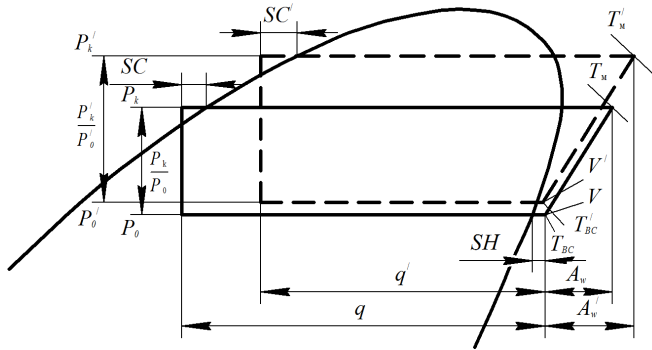


Рисунок 1. –  $\lg P-i$  диаграмма при «слабом» конденсаторе

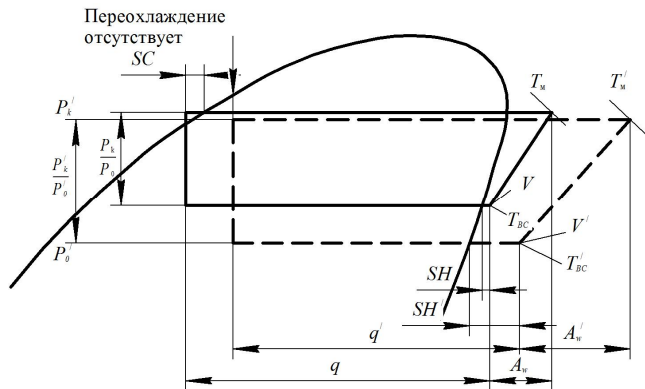


Рисунок 2. –  $\lg P-i$  диаграмма при недостаточном количестве хладагента

В таблице показаны изменения параметров холодильной машины при разных неисправностях.

Кроме перечисленных в таблице отклонений параметров при «слабом» конденсаторе может увеличиваться рабочий ток компрессора, повышаться температура головки компрессора, что может привести к выходу его из строя.

Таблица 1. – Изменение параметров при «слабом» конденсаторе и недостаточном количестве хладагента

№ п/п	Параметры	Изменение параметров	
		при «слабом» конденсаторе	при недостатке хладагента
1.	Давление конденсации, $P_k$	повышается	понижается незначительно
2.	Давление испарения, $P_o$	повышается незначительно	понижается
3.	Температура нагнетания, $T_m$	повышается	повышается
4.	Температура всасывания, $T_{вс}$	повышается незначительно	повышается
5.	Перегрев, SH	без изменений	повышается
6.	Переохлаждение, SC	без изменений	понижается
7.	Коэффициент сжатия, $P_k/P_o$	увеличивается	повышается
8.	Объемная производительность, V	повышается незначительно	повышается
9.	Холодопроизводительность, q	понижается	понижается
10.	Тепловой эквивалент работы компрессора, Aw	повышается	повышается незначительно

Неисправности, которые могут возникнуть при недостаточном количестве хладагента: срабатывание датчика низкого давления, снижение холодопроизводительности. уменьшение рабочего тока компрессора.

### **Заключение**

Показано, что исследование реального холодильного цикла путем измерения параметров в определенных точках холодильной машины можно оценить отклонение  $\lg P-i$  диаграммы от нормы. Исходя из этого, можно определить характер неисправности холодильной машины.

### **Список использованной литературы**

1. Нимич Г.В. и др. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Изд-во ТОВ «Выдавничий будинок». Киев, 2003 г.
2. Расчет и проектирование теплообменников. Учебник / А.Н. Остриков и др./ ВГТА. Воронеж. 2011 г.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ АКТИВНОГО УЧАСТКА СТРУИ ПОТОКА ЖИДКОГО НАВОЗА**

И.М. Швед, А.В. Китун, д.т.н., профессор  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Внедрение энергосберегающей техники на животноводческих фермах и комплексах позволит уменьшить затраты на выполнение сложных технологических операций. В статье рассматривается вопрос определения объема активного участка струи потока жидкого навоза. Проведенные исследования в нашей стране, а также обобщение зарубежного опыта свидетельствуют о том, что бесподстилочный навоз, получаемый на животноводческих комплексах, может быть использован для удобрения. Естественной энергии земли вполне достаточно, чтобы противостоять высоким и низким температурным перепадам внешней среды и стабильно поддерживать режим консервации навозной массы на протяжении всего года. Этому способствует и пористость коркового слоя [1-3].

В процессе хранения жидкий навоз расслаивается и его необходимо периодически перемешивать. Качественное его перемешивание зависит главным образом от скорости движения навозной массы, перемещаемой в струе потока жидкого навоза, который создается при вращении мешалки миксера.

Важными параметрами, характеризующими эффективность эксплуатации миксера, является дина активного участка струи потока жидкого навоза.

### **Основная часть**

Процесс перемешивания навоза в навозохранилищах производится миксером и является одной из энергоемких операций в животноводстве.

Для определения длины активного участка струи потока жидкого навоза рассмотрим процесс, протекающий при вращении лопастей мешалки миксера в среде жидкого навоза

В процессе работы миксера в среде жидкого навоза, за мешалкой, при ее вращении, возникает область пониженного давления, способ-

ствующая подаче навозной массы на лопасти. Лопасти, захватывая навозную массу перемещая ее в продольном направлении, создавая перед мешалкой область повышенного давления. Одновременно с этим навозная масса участвует и во вращательном движении.

При подаче навозной массы на лопасти мешалки, на некотором расстоянии от нее, образовывается ядро струи (рисунок 1) жидкого навоза с постоянными осредненными скоростями.

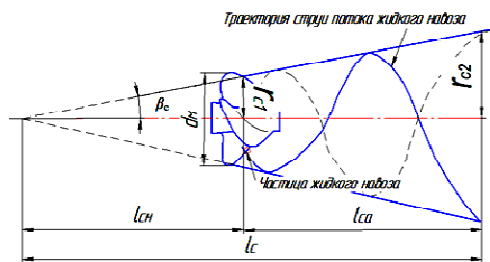


Рисунок 1. – Схема движения струи жидкого навоза

С увеличением поперечного размера пограничного слоя толщина ядра уменьшается. Затем ядро с равномерным распределением скоростей исчезает. Расстояние начала образования струи до момента схода с лопастей характеризуется длиной начала струи  $l_{сн}$ . При сходе навозной массы с лопастей мешалки образовавшаяся струя жидкого навоза перемещается в хранящуюся навозную массу.

Радиус начала активного участка струи жидкого навоза можно выразить из формулы определения площади вершины струи. При этом необходимо учесть сужение струи жидкого навоза под действием лопастей мешалки. Тогда площадь струи  $F_c$  жидкого навоза определится по формуле [4]:

$$F_c = 0,8\pi r_0^2, \quad (1)$$

где 0,8 – коэффициент, который учитывает сужение струи под действием лопастей мешалки;  $r_0$  – радиус окружности, описываемой крайней точкой лопасти, м.

Учитывая, что окружность, описываемая крайней точкой лопасти равна диаметру мешалки, то радиус начала активного участка струи  $r_{c1}$  можно выразить из равенства:

$$\pi r_{c1}^2 = 0,8\pi r_m^2, \quad (2)$$

где  $r_m$  – радиус мешалки, м.

Тогда радиус начала активного участка струи жидкого навоза определится по формуле:

$$r_{cl} = 0,89r_m. \quad (3)$$

Длину струи на начальном участке  $l_{ch}$  и ее общую длину  $l_c$ , до момента когда осевая скорость потока жидкого навоза стремится к нулю можно определить из формулы [5]:

$$l_{ch} = \frac{0,29}{a_c} r_{cl}; \quad (4)$$

$$l_c = \frac{0,96}{a_c} r_{cl}, \quad (5)$$

где  $a_c$  – коэффициент, характеризующий влияние турбулентности струи [6,7].

Подставив полученное выражение (3) в формулы (4) и (5) определим длину струи на начальном участке  $l_{ch}$  и ее общую длину  $l_c$ :

$$l_{ch} = \frac{0,26}{a_c} r_m; \quad (6)$$

$$l_c = \frac{0,85}{a_c} r_m. \quad (7)$$

Из рисунка 1 определим длину активного участка струи жидкого навоза:

$$l_{ca} = l_c - l_{ch}. \quad (8)$$

Тогда подставив выражения (6) и (7) в формулу (8) определим длину активного участка струи жидкого навоза:

$$l_{ca} = \frac{0,59}{a_c} r_m. \quad (9)$$

### Заключение

Таким образом, из уравнения (9) видно, что длина активного участка струи жидкого навоза зависит от влияния турбулентности активного участка струи и геометрических размеров мешалки миксера. Зная длину активного участка струи можно более рационально использовать миксер, перемещая его в рабочую зону струи для разрушения более плотных слоев навозной массы.

### **Список использованной литературы**

1. Богданович, П. Ф. Основы энергосбережения: Учеб. пособие / П. Ф. Богданович, Д. А. Григорьев, В. К. Пестис. — Гродно: ГГАУ, 2007. — 174 с.
2. Брагинский, Л. Н. Перемешивание в жидких средах / Л.Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Барабаш. — Л.: Химия, 1984. — 336 с.
3. Кафаров, В. В. Процессы перемешивания в жидких средах / В. В. Кафаров. — М.: Госхимиздат, 1949. — 230 с.
4. Емцев, Б.Т. Техническая гидромеханика / Б.Т. Емцев. — М.: Машиностроение, 1987. — 440 с.
5. Повх, И.Л. Техническая гидромеханика / И.Л. Повх. — Л.: Машиностроение, 1976. — 504 с.
6. Карасев, Б.В., Дечев, В.И. Основы гидравлики, гидравлические машины и сельскохозяйственное водоснабжение / Б.В. Карасев, В.И. Дечев. — Минск: Урожай, 1965. — 293 с.
7. Есьман, И.Г. Гидравлика: изд. 6-е доп. и перераб. / И.Г. Есьман. — М. — Л.: ГОНТИ НКТП СССР, 1938. — 368 с.

УДК 628.385(476)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА АКТИВНОГО УЧАСТКА СТРУИ ПОТОКА ЖИДКОГО НАВОЗА**

И.М. Швед, М.И. Чурилов

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

### **Введение**

Проведенные исследования в нашей стране свидетельствуют о том, что бесподстилочный навоз, получаемый на животноводческих комплексах, может быть использован для удобрения [1]. Бесподстилочный навоз в хранилище перемешивают при помощи миксера. Перемешивание жидкого навоза в навозохранилище осуществляется миксером. Важными параметрами, характеризующими эффективность эксплуатации миксера является объем активного участка струи потока жидкого навоза.

### Основная часть

Для определения объема перемещаемой массы активного участка струи жидкого навоза рассмотрим процесс, протекающий при вращении лопастей мешалки миксера в среде жидкого навоза (рисунок 1).

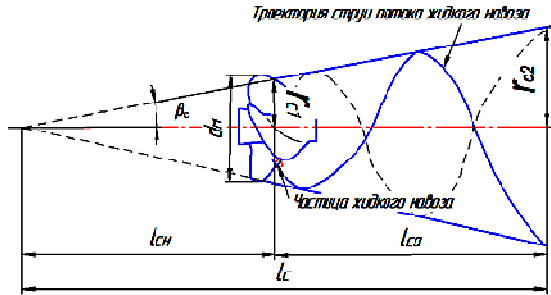


Рисунок 1 – Схема движения струи жидкого навоза

Рассматривая струю (рисунок 1) как усеченный конус объем перемещаемой навозной массы определится по следующей формуле:

$$V_c = \frac{1}{3} \pi l_c (r_{c1}^2 + r_{c1} r_{c2} + r_{c2}^2), \quad (1)$$

где  $l_c$  – длина струи, м;  $r_{c1}$  – радиус начала активного участка струи, м;  $r_{c2}$  – радиус конца активного участка струи, м.

Радиус начала активного участка струи жидкого навоза можно выразить из формулы определения площади вершины струи. При этом необходимо учесть сужение струи жидкого навоза под действием лопастей мешалки. Тогда площадь струи  $F_c$  жидкого навоза определится по формуле [2]:

$$F_c = 0,8 \pi r_o^2, \quad (2)$$

где 0,8 – коэффициент, который учитывает сужение струи под действием лопастей мешалки;  $r_o$  – радиус окружности, описываемой крайней точкой лопасти, м.

Учитывая, что окружность, описываемая крайней точкой лопасти равна диаметру мешалки, то радиус начала активного участка струи  $r_{c1}$  можно выразить из равенства:

$$\pi r_{c1}^2 = 0,8 \pi r_m^2, \quad (3)$$

где  $r_m$  – радиус мешалки, м.

Тогда радиус начала активного участка струи жидкого навоза определится по формуле:

$$r_{c1} = 0,89r_m. \quad (4)$$

Длину струи на начальном участке  $l_{ch}$  и ее общую длину  $l_c$ , до момента когда осевая скорость потока жидкого навоза стремится к нулю можно определить из формулы [3]. Тогда подставив полученное выражение (4) вместо  $r_{c1}$  определим длину струи на начальном участке  $l_{ch}$  и ее общую длину  $l_c$ :

$$l_{ch} = \frac{0,29}{a_c} r_{c1} = \frac{0,26}{a_c} r_m; \quad (5)$$

$$l_c = \frac{0,96}{a_c} r_{c1} = \frac{0,85}{a_c} r_m, \quad (6)$$

где  $a_c$  – коэффициент, характеризующий влияние турбулентности струи [4].

Из рисунка 1 определим длину активного участка струи жидкого навоза:

$$l_{ca} = l_c - l_{ch}. \quad (7)$$

Тогда подставив выражения (5) и (6) в формулу (7) определим длину активного участка струи жидкого навоза:

$$l_{ca} = \frac{0,59}{a_c} r_m. \quad (8)$$

При удалении от вершины образования струи диаметр ее основания расширяется на угол  $\beta_c$ . Расширение струи жидкого навоза зависит от структуры и интенсивности турбулентности на сходе навозной массы с лопастей мешалки. Из рисунка 1 угол расширения струи жидкого навоза  $\beta_c$  определится по формуле:

$$tg\beta_c = \frac{r_{c2}}{l_c}. \quad (9)$$

Подставим выражение (6) в формулу (9) определим радиус конца активного участка струи:

$$r_{c2} = \frac{0,85}{a_c} r_m tg\beta_c. \quad (10)$$

Подставив полученные выражения (4), (6) и (10) в начальную формулу (1) можно определить объем струи потока жидкого навоза:

$$V_c = 0,28\pi \frac{r_m^3}{a_c} \left[ 0,79 + \frac{tg\beta_c}{a_c} \left( 0,75 + \frac{0,72}{a_c} tg\beta_c \right) \right]. \quad (11)$$

### **Заключение**

Анализ выражения (11) показал, что объем струи жидкого навоза пропорционален геометрическому размеру мешалки миксера и будет возрастать с ее увеличением.

### **Список использованной литературы**

1. Васильев, В.А., Филиппова Н.В. Справочник по органическим удобрениям. – 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.: ил.
2. Емцев, Б.Т. Техническая гидромеханика / Б.Т. Емцев. — М.: Машиностроение, 1987. – 440 с.
3. Повх, И.Л. Техническая гидромеханика / И.Л. Повх. — Л.: Машиностроение, 1976. – 504 с.
4. Карасев, Б.В., Дечев, В.И. Основы гидравлики, гидравлические машины и сельскохозяйственное водоснабжение / Б.В. Карасев, В.И. Дечев. — Минск: Урожай, 1965. – 293 с.

УДК 628.385(476)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА ПРИ ПЕРЕМЕШИВАНИИ МИКСЕРОМ**

И.М. Швед

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

### **Введение**

В процессе хранения жидкий навоз расслаивается и его необходимо периодически перемешивать. Процесс перемешивания навоза в навозохранилищах производится миксером и является одной из энергоемких операций в животноводстве.

Качественное его перемешивание зависит главным образом от скорости движения навозной массы.

## Основная часть

Миксер применяемый для перемешивания жидкого навоза состоит из электропривода, вала на котором закреплена лопастная мешалка. Работает миксер следующим образом. Погрузив миксер в массу жидкого навоза, включается электропривод, передающий вращение на вал с мешалкой, которая создает вихревые потоки жидкой фракции навоза, чем поднимает осадок со дна хранилища и затем вместе с жидкой фракцией перемешивается до однородного состояния.

Так как навоз к мешалке подтекает со всех сторон, т.е. по полушере с площадью  $2\pi r^2$ , то скорость движения жидкого навоза на расстоянии  $l$  от мешалки определится по формуле [1]:

$$u = \frac{Q_c}{2\pi l^2}, \quad (1)$$

где  $Q_c$  – секундная производительность миксера, м<sup>3</sup>/с.

Секундная производительность миксера определяется по формуле [2]:

$$Q_c = vS, \quad (2)$$

где  $v$  – осевая скорость движения жидкого навоза, м/с;  $S$  – рабочая площадь мешалки, при подаче массы жидкого навоза лопастями, м<sup>2</sup>.

Поэтому при расчете секундной производительности миксера будет справедливо учесть уровень заполнения хранилища жидким навозом и высоту расположения миксера в процессе работы.

Коэффициент заполнения хранилища определится по формуле:

$$k = \frac{h_m}{H}, \quad (3)$$

где  $h_m$  – высота размещения миксера при перемешивании навоза, м;  
 $H$  – уровень жидкого навоза в навозохранилище, м.

Тогда секундная производительность с учетом коэффициента заполнения хранилища определится по формуле:

$$Q_c = kvS. \quad (4)$$

Осевая скорость движения перемещает массу жидкого навоза в продольном направлении и определяется по формуле:

$$v = K\omega \cos^2 \alpha, \quad (5)$$

где  $K$  – шаг установки лопастей мешалки, м;  $\alpha$  – угол подъема винтовой линии лопастей мешалки, град.

Шаг установки лопастей мешалки определяется из выражения [3]:

$$K = \frac{\pi d_m}{z}, \quad (6)$$

где  $z$  – число лопастей мешалки, шт.

Подставив выражение (6) в формулу (5) определим осевую скорость движения жидкого навоза:

$$v = \frac{\pi d_m \omega}{z} \cos^2 \alpha. \quad (7)$$

Рабочая площадь мешалки зависит от геометрического размера лопасти и их количества и определяется по формуле:

$$S = zLB \sin \alpha, \quad (8)$$

где  $L$  – длина лопасти, м;  $B$  – ширина лопасти, м.

Для лопастных мешалок длина лопасти равна половине диаметра мешалки  $L = 0,5d_m$ .

Ширина лопасти выражается в % от диаметра мешалки и определяется из выражения [2]:

$$B = \frac{bd_m}{100}, \quad (9)$$

где  $b$  – максимальная ширина лопасти в плановой проекции, %.

Подставив полученные выражения для ширины и длины лопасти в формулу (8) определим рабочую площадь мешалки:

$$S = 0,005bz d_m^2 \sin \alpha. \quad (10)$$

Преобразуем выражение (4) для определения секундной производительности миксера, подставив полученные формулы (7) и (10):

$$Q_c = 0,005kb\pi d_m^3 \omega \sin \alpha \cos^2 \alpha \quad (11)$$

Тогда подставив полученные выражения (3) и (11) в начальную формулу (1) определим скорость движения жидкого навоза при перемешивании миксером:

$$u = \frac{0,0025h_m b d_m^3 \omega \sin \alpha \cos^2 \alpha}{Hl^2}. \quad (12)$$

### Заключение

Анализ формулы (12) показывает, что скорость движения жидкого навоза при перемешивании миксером зависит от высоты его

размещения в навозохранилище, геометрических размеров и частоты вращения мешалки.

### **Список использованной литературы**

1. Иванов, О.П., Мамченко, В.О. Аэродинамика и вентиляторы: Учеб. для студентов ВУЗов, обучающихся по специальности «Холодильные и компрессорные машины и установки». — Л.: Машиностроение, 1986. — 280 с., ил.

2. Александров, В.Л. Воздушные винты / В.Л. Александров. — М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1951. — 447 с.

3. Мелашенко, В.И., Методическое пособие по профилированию лопастей рабочих колес центробежных насосов: в 2 ч. / В.И. Мелашенко, А.В. Зуев — М.: МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1980. — 348 с.

УДК 633.112.9:631.8:631.445.2

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

Л.Г. Шейко, к.с.-х.н., доцент, А.Ф. Станкевич

*Белорусский государственный аграрный технический университет  
Минск, Беларусь*

### **Введение**

Производство и использование высококачественного зерна для комбикормов – актуальная задача на современном этапе. Поиск дешевых источников улучшения качества зерна для повышения биологической продуктивности комбикормов необходим. Новое гранулированное удобрение, полученное на основе отходов калийного производства, кроме калия и натрия содержит в своем составе кальций, магний, серу, бор, марганец, кобальт и другие микроэлементы, необходимые растениям и животным для получения высококачественной продукции. Химический состав новых гранулированных удобрений открывает большие перспективы по их использованию в сельском хозяйстве.

## Основная часть

Производство высококонцентрированного хлористого калия (60% д.в.  $K_2O$ ) и применение новых гранулированных удобрений на основе обезвоженного глинисто-солевого шлама в сельском хозяйстве имеет важное значение.

Исследования проводились на учебно-опытном поле УО Белорусский государственный аграрный технический университет в Боровлянах. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная со следующей агрохимической характеристикой (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы

pH в KCl	Гумус, %	Содержание в почве подвижных форм, мг/кг						
		$P_2O_5$	$K_2O$	CaO	MgO	B	Cu	Zn
6,08	2,17	163	185	1197	393	0,61	1,3	2,5

Показатели кислотности дерново-подзолистой супесчаной почвы опытного участка – pH 6,08. Почва опытного участка по содержанию фосфора относится к среднеобеспеченной (163 мг/кг почвы  $P_2O_5$ ), по содержанию калия - относится к третьей группе обеспеченности. Содержание подвижного калия составляет 185 мг/кг почвы. Почва высоко обеспечена магнием (393 мг/кг почвы) и кальцием (1197 мг/кг почвы), среднеобеспечена микроэлементами. Содержание бора составляет 0,61 мг/кг почвы, меди - 1,3 мг/кг почвы и цинка - 2,5 мг/кг почвы.

При возделывании озимого тритикале наиболее эффективно внесение фосфорных и калийных удобрений осенью под предпосевную культивацию и подкормки азотом во время возобновления вегетации и в стадию первого узла [1]. Калийные стандартные удобрения и новые гранулированные согласно схеме опыта были внесены под культивацию. Семена озимого тритикале перед посевом обрабатывались фунгицидом максим 2л/т. Осенью в фазу 3-4 листа растений была проведена обработка посевов гербицидом ку-гар 1л/га совместно с фунгицидом фундазол 0,5 кг/га для предотвращения снежной плесени.

Весной азотные удобрения были внесены в подкормку в два срока (в период возобновления вегетации и в период начала трубкования). В фазу колошения посевы обрабатывались фунгицидом фоликур 1л/га совместно с инсектицидом децис 0,01 л/га.

Обработка почвы и уход за посевами выполнялись в соответствии с агротехническими правилами для данной зоны. Объектом

исследований был сорт озимого тритикале «Модератэ» польской селекции. Норма высева 220 кг/га. Посев проводился сеялкой СПУ-6. Уборка проводилась в фазу полной спелости зерна. Урожайные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Эффективность калийных удобрений и новых продуктов при выращивании озимого тритикале.

Варианты опыта	Урожай, ц/га	Прибавка				Оплата 1 кг. д.в. калийных удобрений урожаем, кг
		к контролю		к фону		
		ц/га	%	ц/га	%	
1. Контроль (без удобрений)	41,5	-	-	-	-	-
2. P <sub>120</sub> + N <sub>120 (60+60)</sub> в подкормку (весной) - фон	53,0	11,5	28	-	-	-
3. фон + K <sub>150</sub> (KCl стандартный)	60,8	19,3	46	7,8	15	5,2
4. фон + K <sub>150</sub> (ГСШ гранулированный)	62,9	21,4	52	9,9	19	6,6
5 фон + K <sub>150</sub> (новое удобрение, содержащее 20% KCl)	64,4	22,9	55	11,4	22	7,6
6. фон + K <sub>150</sub> (новое удобрение, содержащее 50% KCl)	65,1	23,6	57	12,1	23	8,1
НСР <sub>0,95</sub>	2,2					

Уровень потенциальной продуктивности озимого тритикале в условиях Беларуси достигает 100 ц/га и более [2].

Урожай озимого тритикале без применения удобрений на среднеобеспеченной подвижными формами калия и фосфора почве составил 41,5 ц/га зерна. За счет азотно-фосфорных удобрений получена прибавка урожая по отношению к контролю 11,5 ц/га. Применение стандартного хлористого калия и гранулированного глинисто-солевого шлама (ГСШ) в дозе K<sub>150</sub> позволило получить практически одинаковую прибавку урожая зерна на уровне 7,8-9,9 ц/га. Новые гранулированные удобрения обеспечили увеличение урожая на 22-23% по отношению к фону. Самая высокая оплата 1 кг. д.в. калийных удобрений урожаем 8,1 кг зерна получена при применении нового удобрения, содержащего 50% KCl в дозе 150 кг/га дей-

ствующего вещества. Более высокая урожайность зерна озимого тритикале и эффективность применения новых удобрений в исследованиях во многом была обусловлена лучшими показателями структуры урожая (таблица 3).

Таблица 3 – Структура урожая озимого тритикале в зависимости от применения различных форм калийных удобрений

Варианты опыта	Количество продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	Высота растений, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна 1 колоса, г	Масса 1000 зерен, г
1. Контроль (без удобрений)	357	103	7,3	44	1,38	37,3
2. P <sub>120</sub> +N <sub>120 (60+60)</sub> в подкормку (весной) - фон	393	111	8,0	51	1,64	42,5
3. фон +K <sub>150</sub> (KCl стандартный)	405	118	8,0	53	1,72	42,0
4. фон + K <sub>150</sub> (ГСШ гранулированный)	386	106	7,9	49	1,87	39,6
5. фон + K <sub>150</sub> (новое удобрение, содержащий 20% KCl)	418	121	8,2	52	1,89	44,5
6. фон + K <sub>150</sub> (новое удобрение, содержащий 50% KCl)	404	119	8,4	50	1,86	43,2
НСР <sub>0,95</sub>	12,4	3,1	0,3	1,5	0,04	1,3

Количество продуктивных стеблей в вариантах с удобрениями увеличилось с 353 до 418 шт./м<sup>2</sup>, высота растений со 103 до 121 см, длина колоса с 7,3 до 8,4 см, число зерен в колосе с 44 до 53 штук. Масса 1000 зерен в зависимости от варианта опыта составила 37,3-44,5 грамма. Лучшие показатели структуры урожая озимого тритикале по всем параметрам получены при применении нового гранулированного удобрения, содержащего 20% KCl.

#### Заключение

1. Основным способом применения новых гранулированных удобрений является равномерное поверхностное распределение их по полю с последующей заделкой в почву под зерновые культуры.

2. Производство новых гранулированных форм минеральных удобрений на основе глинисто-солевых шламов (отходов, обра-

зующихся в процессе обесшламливания сильвинитовой руды) является перспективным направлением.

3. Использование таких удобрений на легких почвах, бедных калием и другими элементами, содержащимися в отходах калийного производства, будет способствовать более экономному производительному использованию таких почв, улучшению их водно-физических и агрохимических свойств.

4. Сравнительное изучение эффективности стандартного хлористого калия и новых удобрений в эквивалентных по калию количествах показало их примерно равное влияние на урожайность и качество озимого тритикале.

#### **Список использованной литературы**

1. Лапа В.В. Урожайность и качество зерна озимого тритикале в зависимости от системы удобрения на дерново-подзолистой легко-суглинистой почве. / В.В. Лапа [и др.]. // Почвоведение и агрохимия. – 2011. - № 1(46). – С. 124-134.

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. 2. 2007. – 448 с.

УДК 636.085.5:33

### **ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАГОТОВКИ ТРАВЯНЫХ КОРМОВ**

Н.С. Яковчик<sup>1</sup>, д.с.-х. н., д.э.н., профессор, С.Л. Кулагин<sup>2</sup>,  
А.Э.Шибек<sup>1</sup>, к.э.н., доцент, Н.Н.Быков<sup>1</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Академия управления при Президенте РБ,  
г. Минск, Республика Беларусь*

#### **Введение**

Эффективность и конкурентоспособность производства кормов – главное условие стабильного развития отраслей животноводства, снижения себестоимости продукции, надежности и своевременности обеспечения сырьем предприятий перерабатывающей промышленности,

достижения продовольственной безопасности страны и формирования экспортного потенциала, поскольку на долю кормов в структуре себестоимости молока и мяса КРС приходится от 45 до 60% всех затрат.

В комплексе мер по повышению качества заготовки травяных кормов и обеспечению животноводства растительным белком исключительно важную роль играют технологии и техническое обеспечение уборки трав и заготовки кормов. Как свидетельствует практика, именно на этих этапах сельскохозяйственные организации республики теряют до 25 % биологического урожая. В условиях дефицита высокопроизводительной кормозаготовительной техники и ее дороговизны на первом плане возникает необходимость выбора вариантов комплектования кормоуборочных комплексов и эффективной организации кормозаготовительных работ.

### **Основная часть**

Заготовка сельскохозяйственными организациями высококачественных травяных кормов в оптимальные агротехнические сроки является важнейшим условием высокоэффективного развития животноводческой отрасли. Для обеспечения производства 9,2 миллионов тонн молока к 2020 году с продуктивностью дойного стада не менее 6000–7000 кг молока необходимо обеспечить общественное поголовье кормами в год на уровне 45–50 центнеров кормовых единиц на условную голову, из них травянистых кормов не менее 30–35 центнеров кормовых единиц. Заготовка сенажа в полимерную пленку ежегодно должна составлять не менее 15% от общего объема травянистых кормов с энергетической питательностью 1 кг сухого вещества, не менее 10 МДж, с концентрацией обменной энергии в 1 кг сухого вещества сена – 9-9,2 МДж, сенажа – 10,6–10,9 МДж, силоса – 10,5–10,8 МДж. Кроме того, должны быть соблюдены требования по содержанию сырого протеина в сухом веществе: сена на уровне 13–14%, сенажа – 15-16% и силоса – 14– 15% [1].

Выбор наиболее рационального способа заготовки травяных кормов определяется качеством, потерями исходного сырья и затратами на реализацию технологии.

Заготовка рассыпного сена – весьма трудоемкий процесс, отличающийся низким уровнем механизации. По этой причине основная масса сена в сельскохозяйственных организациях заготавливается в прессованном виде. В результате в несколько раз сокращается потребность в хранилищах, уменьшаются транспортные расходы, по-

вышаются качество и питательная ценность корма за счет снижения потерь листовенной части растений, неизбежных при выполнении многочисленных операций по заготовке рассыпного сена.

Реально снизить затраты энергоресурсов и себестоимости корма можно, максимально используя техническую производительность пресс-подборщиков.

Технология заготовки сенажа и силоса с упаковкой в полимерные материалы получила широкое распространение во всем мире, зарекомендовав себя как экономически эффективная, надежная и обеспечивающая стабильно высокие результаты. Для применения рекомендуется несколько разновидностей данной технологии:

- заготовка сенажа и травяного силоса путем прессования провяленных трав в рулоны рулонными пресс-подборщиками с последующей индивидуальной обмоткой рулонов пленкой;
- упаковка рулонов сенажа или травяного силоса в полимерный рукав диаметром 1,5 м;
- упаковка измельченной сенажной или силосной массы в полимерный рукав диаметром 2,7 м.

Каждый из этих способов имеет свою область применения, технические, технологические и эксплуатационные особенности и обеспечивают высокое качество получаемого корма, практически 100 % уровень механизации технологических процессов и неоспоримые преимущества по сравнению с традиционными способами заготовки.

Все три разновидности технологии заготовки кормов с упаковкой в полимерные рукава и пленки, помимо высокого качества корма, имеют целый ряд технологических и экономических преимуществ:

- заготовка кормов в меньшей мере зависит от погодноклиматических условий (процесс закладки можно без потерь приостановить на любой срок до наступления благоприятной погоды);
- для закладки кормов не требуется специальных хранилищ: корма, упакованные в рукава и пленку, могут храниться на любой подходящей по размеру площадке;
- потери питательных веществ при хранении не превышают биологически неизбежные 8-10 %;
- гарантийный срок хранения кормов в полимерной упаковке — не менее двух лет;
- процесс заготовки практически полностью механизирован (трудозатраты – 0,07-0,09 чел.-ч/т);

- высокое качество получаемого корма и его сохранность эквивалентны повышению продуктивности кормовых угодий и получению дополнительной продукции животноводства.

Описанные способы заготовки кормов позволяют снизить реальные потери, повысить качество, уменьшить затраты на заготовку и хранение с традиционным траншейным способом, а главное – уменьшить общие потери: сухого вещества – на 6 %, протеина – на 14,5 % и кормовых единиц – на 9,5 %. Это дает возможность дополнительно получить около 1 т молока или 120 кг мяса КРС с 1 га угодий [4].

При заготовке сена в рассыпном виде потери могут достигать 50 %, а в прессованном – от 15 до 20 %, сенажа из провяленных трав с хранением в траншейных хранилищах – от 14 до 20 %. Самые минимальные потери от 6 до 8 % достигаются при заготовке травяных кормов с хранением в полимерных материалах [4].

С учетом технических характеристик кормоуборочных машин экономическая эффективность способов заготовки сена в прессованном виде показана в таблице 1.

Таблица 1 – Производительность, расход топлива и эксплуатационные затраты при заготовке сена в прессованном виде

Технологическая операция	Марка трактора	Марка с.-х. машины	Производительность, га/ч (т/ч)	Расход топлива, л/га, л/т	Эксплуатационные затраты, руб/т
Скашивание	УЭС-2-250	КПР-9	7	0,23	1,1
Сгребание	Беларус 820	ГР-700П	7,4	0,12	0,4
Ворошение	Беларус 820	ГР-700П	7,4	0,12	0,4
Прессование (вариант 1)	Беларус 1221	ПРИ-150	9	1,40	7,4
Прессование (вариант 2)	Беларус-2022	Торнадо РПЮ 445.02	19	1,26	14,0
Прессование (вариант 3)	Беларус 3022	ПТ-800	24	1,25	7,4
Погрузка и транспортировка рулонов (варианты 1-2)	Беларус 1221	ТП-10-1	12	0,75	3,7
Погрузка тюков (вариант 3)	Беларус 820	ПСН-1	11	0,73	1,5
Транспортировка тюков (вариант 3)	Беларус 1221	ПТК-10	15	0,93	1,9
Скирдование сена	Беларус 820	ПСН-1	11	0,73	1,5
Итого					39,3

Анализ показателей таблицы 1 свидетельствует о том, что при заготовке сена с применением пресс-подборщика тюкового ПТ-800, эксплуатационные затраты составляют 17,8 руб./т. При этом производительность комплекса в 1,7 выше по сравнению с применением рулонных пресс-подборщиков типа ПРИ-150 и Торнадо РПО 445.02.

Показатели экономической эффективности заготовки сенажа в рулонах с упаковкой в пленку представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Производительность, расход топлива и эксплуатационные затраты при заготовке сенажа в рулонах с упаковкой в пленку

Технологическая операция	Марка трактора	Марка с.-х. машины	Производительность, га/ч (т/ч)	Расход топлива, л/га, л/т	Эксплуатационные затраты, руб/т
Скашивание	УЭС-2-250	КПР-9	7	0,23	1,1
Сгребание	Беларус 820	ГР-700П	7,4	0,12	0,4
Ворошение	Беларус 820	ГР-700П	7,4	0,12	0,4
Прессование (вариант 1)	Беларус-2022	Торнадо РПО 445.02	42	0,57	6,4
Прессование (вариант 2)	Беларус 1221	ПРИ-150	17,1	0,74	3,9
Обмотка рулонов (вариант 2)	Беларус 820	ОРС-2	17,1	0,50	1,4
Погрузка рулонов	-	Амкодор 332 с захватом	12	0,92	2,9
Транспортировка рулонов	Беларус 1221	ПТК-10	15	0,93	1,9
Складирование рулонов	-	Амкодор 332 с захватом	12	0,92	2,9
Итого					21,3

При заготовке сенажа в рулонах с упаковкой в пленку с применением, рулонного пресс-подборщика типа ПРИ-150 и обмотчика ОРС-2 эксплуатационные затраты составляют 15,0 руб./т. Комби-

нированный же рулонный пресс-подборщик обмотчик типа «Торнадо» РППО-445.02 обеспечивает производительность свыше 40 т/час, что выше других комплексов более чем в два раза при эксплуатационных затратах – 16,0 руб./т.

Об экономической эффективности заготовки сенажа с хранением в крупногабаритных рукавах можно судить по данным таблицы 3.

Таблица 3 – Производительность, расход топлива и эксплуатационные затраты при заготовке сенажа с хранением в крупногабаритных рукавах

Технологическая операция	Марка трактора	Марка с.-х. машины	Производительность, га/ч (т/ч)	Расход топлива, л/га, л/т	Эксплуатационные затраты, руб/т
Скашивание	УЭС-2-250	КПР-9	7	0,23	1,1
Сгребание	Беларус 820	ГР-700П	7,4	0,12	0,4
Ворошение	Беларус 820	ГР-700П	7,4	0,12	0,4
Подбор валков с измельчением	-	КВК-800	25	1,12	9,7
Транспортировка сенажной массы	Беларус 1221	ПСС-15	15	0,93	1,9
Упаковка массы в рукав	-	УСМ-1	65	0,14	1,3
Итого					14,8

Показатели, приведенные в таблице 3, свидетельствует о том, что при заготовке сенажа с хранением в крупногабаритных рукавах с применением упаковщика типа УСМ-1 эксплуатационные затраты составляют 14,8 руб./т. Более низкие затраты являются следствием большей производительности агрегата, при этом потери исходного сырья минимальны и составляют 6-8 %.

По данным Института системных исследований в АПК НАН Беларуси:

– порог эффективного производства сена многолетних трав формируется с концентрацией посевов 100–125 га на хозяйство при урожайности не менее 50–55 ц/га и выходе продукции на 1 балло-гектар не менее 155–185 кг, с уровнем материально-денежных затрат на 1 га посевов порядка 1650–1800 тыс. руб./га, или 155–175 долл. США и себестоимостью 1т 300–320 тыс. руб./т, или 28–30 долл. США.

– порог эффективного производства зеленой массы многолетних трав формируется с концентрацией посевов 450 – 500 га на хозяй-

ство при урожайности не менее 400–450 ц/га и выходе продукции на 1 балло-гектар не менее 1000–1150 кг, с уровнем материально-денежных затрат на 1 га посевов порядка 3000–3500 тыс. руб./га, или 280–330 долл. США и себестоимостью 1 т 70–75 тыс. руб./т, или 7,0–7,5 долл. США [3].

При выборе вариантов комплектования кормоуборочных комплексов должны учитываться концентрация посевов, урожайность сельскохозяйственных культур и финансовые возможности сельскохозяйственных организаций.

### **Заключение**

Проведенная оценка экономической эффективности инновационных технологий заготовки травяных кормов позволяет сделать следующие выводы.

1. В настоящее время в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь применяются различные технологии заготовки травяных кормов. Современный период развития сельскохозяйственного производства отличается от всех предыдущих ростом стоимости материальных ресурсов, вкладываемых в развитие отрасли. Низкий уровень платежеспособности большинства сельскохозяйственных организаций при принятии управленческих решений специалистами вызывает необходимость сравнения экономической эффективности внедрения инновационных технологий заготовки травяных кормов.

2. При заготовке рассыпного сена технологические потери составляют до 50%, прессованного – до 20 %, сенажа с хранением в траншейных хранилищах – до 20 %, по сравнению с хранением сенажа в полимерных материалах, где потери составляют от 6% до 8%.

3. Эксплуатационные затраты при заготовке сена с применением пресс-подборщика тюкового ПТ-800 в 1,9 раза ниже, а производительность в 1,7 раза выше по сравнению с применением рулонных пресс-подборщиков типа ПРН-150 и Торнадо РППО 445.02.

4. При заготовке сенажа в рулонах с упаковкой в пленку с применением рулонного пресс-подборщика ПРИ-150 и обмотчика ОРС-2 эксплуатационные затраты составляют 15,0 руб./т. Комбинированный рулонный пресс-подборщик обмотчик «Торнадо» РППО-445.02 обеспечивает производительность свыше 40 т/час, что выше других комплексов более чем в два раза, при эксплуатационных затратах – 16,4 руб./т.

Выбор вариантов применения кормозаготовительной техники позволит сельским товаропроизводителям улучшить качество, сократить сроки и повысить экономическую эффективность заготавливаемых кормов.

#### **Список использованной литературы**

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы. – Минск, 2016. – 54 с.

2. Бречко, Я. Анализ современного состояния производства травяных кормов из многолетних и однолетних трав на пашне Республики Беларусь / Я. Бречко, А. Головач, Е. Седнев // Аграрная экономика. – 2015. – № 8. – С. 62–70.

3. Научные принципы регулирования развития АПК : предложения и механизмы реализации / В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2016. – 164 с.

4. Технологии производства высококачественных кормов : рекомендации / В.К. Павловский [и др.]. – Минск : Журнал «Белорусское сельское хозяйство», 2013. – 40 с.

УДК 637.344.8; 663.14.033.82

### **ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДИСПЕРГАЦИИ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

И.Н. Черняк<sup>1</sup>, Д.И. Жегздринь<sup>1</sup>, Н.Н. Якимович<sup>2</sup>, к.т.н.,  
А.А. Шункевич<sup>2</sup>, Р.А. Кусин<sup>3</sup>, к.т.н., доцент, А.С. Сапотько<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ГНУ «Институт порошковой металлургии»,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

#### **Введение**

Основным назначением порошковых фильтрующих материалов (ПФМ) является очистка жидкостей и газов от посторонних примесей. Хорошо показали себя изделия из порошковых фильтрующих

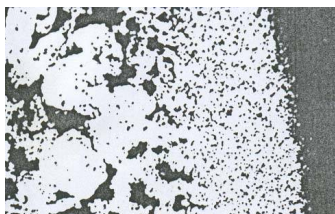
материалов при исследовании на предприятия АПК в процессах тонкой очистки воды, стерилизации воздуха, очистки пара.

Целью данной работы является обоснование эффективности использования порошковых фильтрующих материалов для диспергации газовых потоков в агропромышленном комплексе.

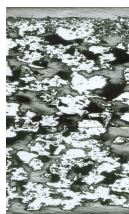
### **Основная часть**

Одними из наиболее перспективных материалов для изготовления ПФМ, предназначенных для производств агропромышленного комплекса (АПК), являются порошки титана. Они обеспечивают тонкость очистки от долей микрометра до нескольких сотен и коэффициент проницаемости от 0,2 до  $1000 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2$  при высокой прочности. Регулируя структуру ППМ путем изменения размеров частиц исходного порошка и режимов изготовления, можно в широком диапазоне изменять характеристики получаемых изделий, обеспечивающие эффективность их применения: в данном случае это диаметр пузырьков газа и пропускная способность [1-3]. Эффективность использования диспергаторов на основе ППМ может быть повышена за счет применения современных методов создания двухслойных пористых структур [4-5], представленных на рисунке 1. Размеры пор (определяют тонкость очистки при фильтрации или размер пузырьков при диспергации) у таких материалов равны или близки к размерам пор однослойного материала, изготовленного из порошка мелкой фракции, а коэффициент проницаемости (определяет пропускную способность) является величиной интегральной и обуславливает повышение эффективности использования всего материала. При этом уменьшение толщины мелкодисперсного слоя (рисунок 1, б) приводит к повышению эффективности, при некотором усложнении технологии изготовления и незначительном ухудшении равномерности распределения свойств по рабочей поверхности.

Диспергаторы, изготовленные из порошков титана были использованы на ООО «Фирма Ремона» (г. Могилев) для диспергации озоносодержащей воздушной смеси для обеззараживания воды в установке замкнутого водоснабжения для выращивания ценных пород рыб (рисунок 2) и на ОАО «Бобруйский завод биотехнологий» для диспергации потока воздуха с целью насыщения кислородом культуральной жидкости на основе молочной сыворотки в процессе выращивания дрожжевых микроорганизмов (рисунок 3).



а)



б)

Рисунок 1. – Двухслойные ППМ, полученные совместным прессованием порошков разных фракций путем послойной засыпки (а) и нанесения на один из формообразующих элементов слоя из мелкодисперсного порошка (б)



а)

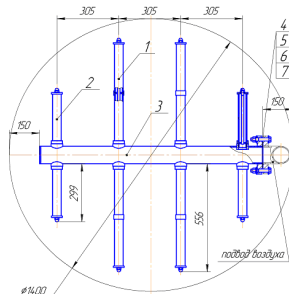


б)



в)

Рисунок 2. – Внешний вид (а) и процесс эксплуатации (б) диспергатора на основе пористых порошковых титановых элементов; внешний вид импортного диспергатора после 1,5 лет эксплуатации (в)



1, 2 – аэратор; 3 – коллектор,  
4 – болт; 5 – гайка; 6, 7 – шайба

Рисунок 3. – Устройство для насыщения культуральной среды кислородом воздуха

Эксплуатация порошковых диспергаторов в условиях ООО «Фирма Ремона» (г. Могилев) показала, что по истечении двух лет использования показатели отечественных изделий не изменились, тогда как аналогичные изделия импортного производства пришли в негодность в результате саморазрушения по истечении полутора лет эксплуатации (рисунке 2, в).

Исследование процесса диспергации воздушного потока, проведенные в производственных условиях ОАО «Бобруйский завод биотехнологий» в аппарате чистой культуры показали, что устройство для насыщения культуральной среды обеспечило завершение процесса культивирования через 12 ч, против 14 ч при работе штатного (перфорированного) диспергатора.

#### **Заключение**

В условиях ООО «Фирма Ремона» и ОАО «Бобруйский завод биотехнологий» подтверждена высокая эффективность использования порошковых материалов для диспергации газовых потоков. Они надежны в работе и обеспечивают высокое качество протекающих технологических процессов, в которых используются.

#### **Список использованной литературы**

1. Жерноклев А.К. Аэрация и озонирование в процессах очистки воды / А.К. Жерноклев, Л.П. Пилинович, В.В. Савич. - Мн.: Тонпик, 2002. - 132 с.
2. Капцевич В.М., Фильтрующие материалы: перспективные области применения в агропромышленном комплексе и современные технологии получения/ В.М. Капцевич, Л.С. Богинский, Р.А. Кусин, О.П. Реут. – Мн.: БГАТУ, 2006. – 189 с.
3. Шибряев, Б.Ф. Пористые проницаемые порошковые материалы [Текст] / Б.Ф. Шибряев. - Металлургия, 1982. – 168 с.
4. Ильющенко А.Ф., Современные материалы в сельскохозяйственном машиностроении / А.Ф. Ильющенко, В.М. Капцевич, Р.А. Кусин, А.М. Яркович, А.Р. Кусин. – Мн: БГАТУ, 2009. – 256 с.
5. Патент №9898 от 23.07.2007 г. Республика Беларусь, Способ получения двухслойных пористых порошковых фильтров. Ильющенко А.Ф., Капцевич В.М., Кусин Р.А., Черняк И.Н., Жегздринь Д.И.

**СЕКЦИЯ 3**  
**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И**  
**РОБОТИЗАЦИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**  
**ЖИВОТНОВОДСТВА**

УДК 631.37:658.264(075.8)

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ**  
**МОЛОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

К.В. Гаркуша, В.А. Коротинский, к.т.н., доцент,  
К.Э. Гаркуша, к.т.н., доцент

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

**Введение**

Республика Беларусь обладает развитым сельским хозяйством, дающим возможность обеспечивать продовольственную безопасность страны и осуществлять экспорт в зарубежные государства. Наибольшее развитие в последние годы получила такая отрасль, как животноводство. При этом, особое внимание уделяется крупному рогатому скоту (молочное стадо, таблица 1) с целью получения качественного молока и, как следствие, качественной молочной продукции при его переработке.

Таблица 1 – Поголовье КРС на конец года

Год	2011	2012	2013	2014	2015
Поголовье, тыс. голов	4055,8	4186,1	4167,5	4250,9	4310,4

При этом, приоритетная роль укрепления экономической безопасности государства должна принадлежать эффективному энергообеспечению.

**Основная часть**

Анализ эффективности использования различных видов энергии за последние пять лет показывает, что сельскохозяйственное производство в Беларуси развивалось исключительно в экстенсивном и энергоемком направлениях. Так, рост производства сельскохозяйственной продукции и повышение производительности труда достигались в основном за счет использования более мощной техники

и оборудования, увеличения количества молочных комплексов, роста потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Как показали исследования, основными причинами нерационального использования ТЭР на большинстве молочных комплексах являются:

- морально и физически устаревшее технологическое оборудование;
- отсутствие современных средств автоматизации;
- не надежная электрическая защита оборудования;
- отсутствие надлежащей эксплуатации технологического и энергетического оборудования из-за низкой квалификации обслуживающего персонала;

- дефицит высококвалифицированных специалистов для работы на современных и достаточно сложных зарубежных и отечественных установках (обеспеченность электротехническим персоналом в среднем составляет 30–35 %);

- незначительные затраты тепловой и электрической энергии на энергообеспечение комплексов, находящихся на удалении от генерирующих источников (особенно при присоединении низкорентабельных хозяйств);

- наличие большого числа электродвигателей в технологических установках, эксплуатируемых с минимальной нагрузкой;

- неэкономичные системы электроосвещения.

Однако, с 2012 г. наметилось снижение энергоемкости этой отрасли, хотя и не высокими темпами (таблица 2). На современном этапе имеются все предпосылки ускорить эту тенденцию.

Таблица 2 – Доля энергоресурсов в структуре затрат организаций Минсельхозпрода РБ, %

Наименование	Годы		
	2012	2013	2014
Сельскохозяйственное производство,	8,5	8,1	8,0
в том числе производство молока	7,2	6,4	6,3
Перерабатывающая промышленность,	4,8	4,4	4,2
в том числе производство молочных продуктов	5,3	4,5	4,1

Главной задачей энергетического обеспечения молочных комплексов является надежное и экономичное энергоснабжение на основе внедрения современных технологий, а также использования альтернативных источников энергии, включая возобновляемые источники энергии (ВИЭ) [1, 2].

Необходимость применения ВИЭ в первую очередь связано с тем, что с развитием в стране животноводства одновременно увеличивается количество отходов, что негативно отражается на экологической ситуации вблизи животноводческих комплексов.

Так, начиная с 2007 года, передовые сельскохозяйственные организации внедряют солнечные коллекторы (рисунок 1) на фермах с содержанием КРС на глубокой подстилке. Для таких ферм предъявляются особые требования к выпойке животных: температура воды должна быть 22–24 °С.



Рисунок 1 – Система подогрева питьевой воды для животных в Агрофирме «Унибокс»

Как показывает практика, системы подогрева воды с гелиоколлекторами эффективны не только в зимний период, но и в течение всего года, так как летом могут служить для обеспечения нужд технологического горячего водоснабжения и бытовых потребностей обслуживающего персонала. Единственным условием при эксплуатации вакуумных солнечных коллекторов в летний период при максимальной солнечной активности является обеспечение интенсивного отбора теплой (горячей, до 60 °С) воды или накрытие солнечного коллектора брезентом, чтобы не допустить закипания теплоносителя в вакуумных тепловых трубках. В этом случае наиболее перспективным решением представляется использование абсорбционных холодильных машин (АБХМ) в комплекте с солнечными коллекторами, которые решают сразу все проблемы эксплуа-

тации солнечной системы и обеспечивают дополнительную функцию охлаждения, так необходимую на фермах КРС в летнее время.

Необходимо отметить, что несмотря на ряд положительных свойств, холодильный коэффициент АБХМ в обычном исполнении равен 0,7 (это значит, что с 1 кВт потребляемой тепловой мощности можно получить только 0,7 кВт холода, и при этом, 1,7 кВт будет передано в окружающую среду). Однако, только эти машины способны добывать холод из солнечных лучей в летний период времени, когда на фермах и комплексах необходимы системы охлаждения. Кроме того, абсорбционные холодильные машины достаточно экономичны, так как они практически не потребляют электрическую энергию и не создают угроз для озонового слоя атмосферы (вместо фреона у них обыкновенная вода), что очень важно в свете проводимой в Республике Беларусь экологической политики.

Так как экологическая политика направлена на обеспечение экологической безопасности, эффективное использование природных ресурсов при сохранении целостности природных комплексов, в том числе уникальных. Поэтому, к основным направлениям ее реализации, как показала практика, относятся:

- значительное улучшение качества компонентов окружающей среды на основе повышения технологического уровня производства;
- сокращение объемов образования отходов, выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросов загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы;
- предотвращение загрязнения подземных вод, почв и деградации сельскохозяйственных угодий.

Для комплексного решения экологических и энергетических проблем животноводческой отрасли Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь проводит политику по внедрению в непосредственной близости от крупных ферм биогазовых комплексов. Так, на территории нашей страны действуют 17 биогазовых комплексов суммарной мощностью 23,2 МВт [3-7]. Самые мощные из них находятся в СПК «Рассвет им. К.П. Орловского» (4,8 МВт) и СПК «Агрокомбинат «Снов» (2,8 МВт).

Как отмечалось ранее, серьезную озабоченность вызывает кадровое обеспечение аграрной энергетики, от которого в значительной степени зависит эффективность энергообеспечения. Решением этой задачи занимаются Белорусский государственный аграрный

технический университет (БГАТУ), который ведет подготовку специалистов-энергетиков для сельского хозяйства по 3 направлениям, и Институт повышения квалификации и переподготовки кадров АПК (при БГАТУ), который осуществляет переподготовку кадров и повышении квалификации специалистов.

### **Заключение**

К приоритетным направлениям, обеспечивающим повышение энергетической эффективности сельскохозяйственного производства, следует отнести [3–7]:

-создание высокоэффективных интеграционных структур корпоративного типа по технологическим продуктовым цепочкам от производства исходного сырья до сбыта готовой продукции;

-интенсификация сельскохозяйственного производства на основе эффективного использования производственных и климатических условий, трудовых ресурсов, инфраструктуры сбыта внутри страны и за рубежом с ориентацией на потребности перерабатывающей промышленности и спрос на мировом рынке продовольствия;

-модернизация организаций, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье, внедрение нового оборудования и технологий, позволяющих осуществлять глубокую переработку сырья, расширять ассортимент, а также обеспечивать выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью.

Следует отметить, что решение вышеизложенных проблем будет способствовать преодолению энергетического кризиса, возрождению и развитию села, а также внесет существенный вклад в энергетическую и продовольственную безопасность Республики Беларусь.

### **Список использованной литературы**

1. Директива Президента Республики Беларусь «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства» от 14 июня 2007 года №3.

2. Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27 декабря 2010 г. №204-3.

3. Перспективы развития возобновляемой энергетики в Беларуси/ Коротинский В.А., Гаркуша К.Э. – Минск: Энергосбережение: практикум, №1, 2010 – 16 с.

4. Перспективы биоэнергетики/ Коротинский В.А., Гаркуша К.Э. – Минск: Энергосбережение: практикум, №2, 2010 – 16 с.

5. Analysis of bioenergetic potential and development in Belarus: Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering / V. Korotinsky, W. Tanas, K. Garkusha, Kiril Garkusha. – Poland, Lublin, 2013, Vol. 58(2) – 6 p.

6. Biogas and the prospect of development of bioenergy in Belarus: Biogas production in Belarus and Sweden (Exchange of experiences)/ Ulf Nordberg, Lars Ryden, Victor Korotinsky, Galina Belskaya: Project Report. – Sweden, CSD Uppsala, 2012 – 40/11 p.

7. Prospects of development of bioenergetics in Belarus: ТЕКА: An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering/ V. Korotinsky, W. Tanas, K. Garkusha, Kiril Garkusha. – Poland, Lublin - Rzeszow, 2013, Vol. 13(1) – 6 p.

УДК 637.1.026

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СУШИЛОК ПРИ СУШКЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

И.С. Леонович; Г.Е. Раицкий, к.т.н., доцент  
*Гродненский государственный аграрный университет,  
г. Гродно, Республика Беларусь*

### **Введение**

Эксплуатирующиеся на молочных заводах Беларуси распылительные сушилки не имеют удовлетворительных технологий очистки отработанного воздуха от пылевидных включений продукта. В окружающую среду выбрасывается большое количество готового сухого продукта. С учетом того, что сушилки для таких заводов являются основным технологическим оборудованием и работают в год около 5000 часов, суммарные потери для средней сушилки (1000 кг испаренной влаги в час) составляют, во взаимосвязи с техническим состоянием, регулированностью 27÷90 тонн по сухому молоку, 135÷180 тонн по сухой сыворотке или сухим продуктам переработки сыворотки. Имея в виду что сухое молоко по массе составляет 9-12,5% от сырьѐа, а сухая сыворотка (белковый концентрат) около 6%,

каждая такая сушильная установка ежедневно бесцельно перерабатывает удой стада 80-297 коров с удоем 5000 кг за год. Результаты работы по организации стада, его содержанию, доению, переработке молока на заводе теряются, загрязняя окружающую среду и резко снижая энергоэффективность всего цикла производства. Разработанные нами технология и оборудование позволяют решить эту задачу.

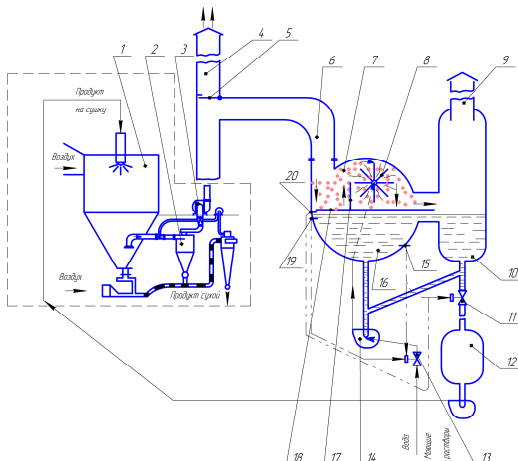
### **Основная часть**

Нами разработаны способ и устройство мокрой очистки отработанного теплоносителя, направленные на обеспечение возможности эффективного обеспыливания больших потоков воздуха на выходе из распылительных сушилок, составляющих 40 тыс. м<sup>3</sup>/час и более, повышение эффективности очистки, снижение гидравлического сопротивления процесса обеспыливания, использование в качестве орошающей жидкости воды, с доведением концентрации восстановленного молока до значений, позволяющих непосредственную сушку, без сгущения на вакуум-выпарной установке.

Орошение осуществляется использованием роторного устройства, обеспечивающего низкое гидравлическое сопротивление процесса обеспыливания в малогабаритном аппарате.

Реализация способа поясняется с использованием рисунка 1, где изображена технологическая схема последовательности операций жидкостной очистки воздуха на выходе из распылительной сушильной установки 1, после ее вытяжного вентилятора 3.

Двухпозиционный шибер 5 направляет поток воздуха в воздуховод 6, расположенный в зоне блокирования с скруббером 7 вертикально. Поток ударяется о смоченную поверхность контактной пластины 18 и направляемый пластиной 17 поступает к верхней половине ротора 8, где эффективно смачивается каплями и жидкостными пленками, образующимися лопастями ротора из жидкости, подаваемой к центральной оси его вращения насосом-диспергатором 14. В качестве смачивающей жидкости используется чистая горячая вода, заполняющая аппарат до начала работы по показаниям датчика рабочего уровня (РУ) 19, установленного с учетом возможности повышения уровня до верхнего (ВУ) 20 по мере растворения молочного порошка. Поток смоченного воздуха ротором направляется снова на контактную пластину 18 и под давлением выходит в циклон-каплеуловитель 10.



1 – сушильная установка; 2 – циклон; 3 – вытяжной вентилятор;  
 4,6 – воздуховоды; 5 – двухпозиционный шибер; 7 – скруббер; 8 – ротор;  
 9 – труба; 10 – циклон-каплеуловитель; 11,13 – вентили; 12 – буферный бак;  
 14 – насос-диспергатор; 15 – датчик нижнего уровня; 16 – поддон;  
 17,18 – пластины; 19 – датчик рабочего уровня; 20 – датчик верхнего уровня  
 Рисунок 1. – Способ жидкостной очистки воздуха на выходе из распылительной  
 сушильной установки

Процесс продолжается до повышения уровня восстановленного жидкого молочного продукта до датчика верхнего уровня (ВУ) 20, место установки которого согласуется с достижением заданной концентрации раствора (35-50%). После этого автоматически открывается запорный орган вентиля 11 и раствор (восстановленный молочный продукт) самотеком поступает в буферный бак 12 сушильной установки, откуда подается на распылитель сушильной башни. По достижению нижнего уровня (НУ) 15, истечение восстановленного молочного продукта в буферный бак 12 прекращается перекрытием вентиля 11. Автоматически открывается вентиль 13 и емкости поддона 16 скруббера 7 и нижней емкостной части циклона-каплеуловителя 10 заполняются водой до достижения датчика рабочего уровня (РУ) 19, после чего вентиль 13 прекращает наполнение. Процесс очистки воздуха продолжается без остановки.

### Заключение

Из материалов работы следует, что используемые технологии очистки теплоносителя циклонированием неэффективны и приводят к большим потерям продукции молочного скотоводства. Фильтро-

вальное оборудование, закупаемое за границей, крайне дорого, трудоемко и неэффективно в эксплуатации. В Республике Беларусь необходимо организовать выпуск собственного оборудования, решающего проблему потерь сырья и имеющего перспективу серийного производства, с целью оснащения всех сушильных производств.

#### **Список используемой литературы**

1. Леонович, И.С. Эффективность очистки отработанного воздуха циклонами на примере распылительных сушилок молочной промышленности / Леонович И.С., Раицкий Г.Е. // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XVIII международной научно-практической конференции – УО ГГАУ – Гродно, 2015. – С. 269-271.

2. Леонович, И.С. Оценка потерь продукта при работе сушилок распылительного типа / Леонович И.С., Раицкий Г.Е. // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XVIII международной научно-практической конференции – УО ГГАУ – Гродно, 2015. – С. 268-269.

УДК 620.9: 637.11

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ДОЕНИЯ КОРОВ И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА**

М.А. Бойко, И.И. Скочек

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

### **Введение**

Животноводство – важнейшая отрасль АПК, обеспечивающая население такими продуктами питания, как мясо, молоко, яйца и др. Кроме того животноводческие хозяйства поставляют сырье для предприятий легкой промышленности, которые занимаются изготовлением одежды, обуви, мебели и иных необходимых для человека вещей. Наконец сельскохозяйственные животные являются источником органических удобрений для растениеводства. Поэтому увеличение объемов производства продукции животноводства является нужным и даже необходимыми явлением для любого го-

сударства. При этом основным источником производственного роста в современном мире выступает в первую очередь внедрение интенсивных технологий, в частности автоматизация и механизация животноводства с основами энергосбережения.

Среди причин низкого уровня автоматизации отечественного животноводства можно назвать с одной стороны низкую рентабельность в отрасли, не позволяющую предприятиям закупать импортное оборудование, а с другой – отсутствие отечественных современных средств комплексной механизация и технологий животноводства.

Однако механизация и автоматизация животноводства не может быть сплошной. Некоторые виды работ можно полностью автоматизировать, поручив их компьютеризированным и роботизированным механизмам. Другие работы подлежат исключительно механизации, то есть их может выполнять только человек, но используя в качестве инструментов более совершенное и производительное оборудование. И некоторые работы на сегодняшний день требуют полностью ручного труда.

### **Основная часть**

Основная задача молочного животноводства – извлечение максимальной прибыли, то есть производство молока должно быть в первую очередь эффективным с точки зрения экономики. Повысить эффективность возможно за счет увеличения выхода продукции или снижения ее себестоимости. Каждый из путей предполагает решение ряда взаимосвязанных вопросов.

Основные объемы молока в республике производятся на действующих фермах, построенных по типовым проектам. Развивающиеся рыночные отношения диктуют необходимость повышения продуктивности молочного скота и получения качественного и конкурентоспособного молока. Обеспечить высокие темпы роста объемов продукции и подъем на качественно новый уровень экономики молочного скотоводства позволит переход к интенсивным методам производства.

Для правильной организации и соблюдения технологии машинного доения перспективным является беспривязный способ содержания коров с доением в специальных доильных залах. Использование современных систем автоматического контроля позволяет управлять не только процессом доения, но и кормления животных. В Беларуси используется более 20 тысяч доильных установок; из них 30% - доение в молокопровод, 54% - доение в ведра; 16% - доение в доильных залах [1]. Использование доильных залов, обо-

рудованных доильными установками типа «Елочка», «Тандем», «Полигон» имеет ряд преимуществ перед доением в молокопровод: резко повышается производительность труда дояра, улучшаются условия для подготовки и обработки сосков вымени в процессе доения, лучше промывка оборудования, меньше расход моющих средств, выше качество молока.

Значительными резервами экономии энергоресурсов кроме использования доильного оборудования может быть использование новых марок оборудования для первичной обработки молока. Практика и многочисленные исследования показывают, что процесс охлаждения молока является высокоэнергозатратным, требующим в среднем 29-30 кВт·ч электроэнергии на охлаждение 1 тонны. Этим определяется актуальность разработки технологий и устройств, обеспечивающих снижение затрат энергии на процесс охлаждения молока. Основными направлениями здесь являются использование тепловой энергии, отбираемой от молока, в технологических целях, а также использование природного источника холода в зимний период года. Первое направление предусматривает использование теплохолодильных установок или рекуператоров теплоты, второе – аккумуляторов естественного холода. В литературе встречаются технико-экономические расчеты, которые показывают, что использование в доильно-молочной линии аккумулятора естественного холода в зимний период года позволяет на 15...20% снизить энергозатраты на охлаждение молока. В соответствии с технической характеристикой теплохолодильная установка типа ТХУ-14 обеспечивает нагрев около 100 литров воды на технологические нужды до температуры 55-60 °С при охлаждении 1 тонны молока с 36 до 8 °С [2].

Теплохолодильные установки обеспечивают теплой водой для поения животных, горячая вода идет на отопление бытовых помещений. Экономия от использования одной теплохолодильной установки оценивается в 24000 Вт электроэнергии или 2,5т дизельного топлива [3].

### **Заключение**

Комплексное решение проблемы охлаждения молока на основе модульных холодильных агрегатов позволяет обеспечить снижение потребления электроэнергии, что положительным образом скажется на снижении энергоемкости производимой продукции.

### **Список использованной литературы**

1. Передня, В.И. Малозатратная технология производства молока на реконструируемых фермах / В.И. Передня, Ю.А. Башко, Э.П. Со-

рокин, В.Н. Тимошенко // Материалы XVI Международного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных, Минск – Гомель, 27–29 июня 2012 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ОАО «Гомельагрокомплект». – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – С. 107–116.

2. Капустин И.В. Совершенствование доильно-молочных линий. – «Техника в с.х.», 2003, № 6.

3. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://geum.ru/next/art-389297.leaf-5.php>. - Дата доступа: 21.03.2017.

УДК 631.171

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СБИВАНИЯ МАСЛА КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

М.И. Бородина, Е.С. Якубовская

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

### **Введение**

В современных экономических условиях важную роль приобретают безотходные, малоотходные и энергосберегающие технологические процессы и автоматизация как отдельных аппаратов и агрегатов, так и в целом технологических производств.

### **Основная часть**

Для выработки масла методом сбивания используют маслоизготовители периодического и непрерывного действия. Процесс в маслоизготовителе непрерывного действия происходит следующим образом. Сливки из сливокостозревательного резервуара через уравнительный бак винтовым насосом подаются в цилиндр маслоизготовителя. Образовавшееся масляное зерно с пахтой поступает в первую камеру обработника, где зерно подвергается первой промывке и механической обработке шнеками. Пахта отделяется от масляного зерна в бак для пахты и далее насосом подается для дальнейшей переработки. Масляный пласт образуется в первой камере обработника. Во второй камере происходят окончательная промывка и дальнейшая обработка масляного зерна. В третьей камере вакуум-насосом создается разрежение для удаления воздуха. Далее масло продавли-

вается через решетки с мелкими отверстиями, между которыми установлены ножи для перемешивания пласта масла. Масло, выходящее из насадки маслоизготовителя, по транспортеру направляется на фасовку и упаковку. Для дозирования масла имеется насос-дозатор. Процесс сбивания масла достаточно сложный и требует контроля многих параметров: уровня по технологическим емкостям, температуры охлаждающей воды, влажности масляного зерна на выходе, загрузки привода сбивателя. При этом раз линия поточная, то включение оборудования должно вестись обратно ходу продукта, а останов по ходу. Такой сложный алгоритм работы можно реализовать только с помощью микропроцессорного устройства управления.

Кроме того, с целью обеспечения энергосбережения по загрузке маслоизготовителя следует устанавливать частоту вращения сбивателя. Для этого следует использовать преобразователь частоты, на который управляющий сигнал будет подавать контроллер по токовому сигналу. В данном контуре должен быть реализован закон плавного регулирования. При этом для определения параметров настройки регулятора, которым выступает контроллер, следует досконально проработать модель маслоизготовителя как объекта автоматизации.

#### **Заключение**

Таким образом, совместное использование контроллера и преобразователя частоты обеспечивает решение сложной задачи обеспечения энергосбережения в процессе сбивания масла, при условии настройки параметров регулирования.

УДК 631.171

## **РЕАЛИЗАЦИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ В ПТИЧНИКЕ КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

П.И. Бульга, Е.С. Якубовская

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

#### **Введение**

Так как теплообмен и теплорегуляция у птицы взаимообусловлены, то температура, как один из основных факторов микрокли-

мата, играет важную роль при этих процессах. При изучении влияния пониженных температур воздуха на яйценоскость кур в зимнее время установлено [1], что при средней дневной температуре воздуха минус 4 °С яйценоскость кур снижается на 0,47 яйца на несушку. Температура минус 10°С способствует резкому снижению яйценоскости кур. При установлении нормальной температуры (16–18 °С) яйценоскость кур восстанавливается в течение трех–десяти дней. При температуре воздуха в птичнике плюс 38–40 °С наблюдается гибель кур от перегрева. Таким образом, от системы автоматического управления микроклиматом требуется поддержания оптимальной температуры воздуха в помещении на протяжении всего периода содержания.

### **Основная часть**

В птичниках в жаркое время года, за счет тепла, выделяемого птицей, в помещении образуется значительный его избыток. Приточная система вентиляции птичника работает в режиме вытеснения из помещения углекислого газа и влаги. Для увеличения воздухообмена в птичнике летом с целью удаления избытка тепла используется принудительная вытяжная система вентиляции, при этом поступление воздуха в птичник происходит не только через приточные воздухообмены, но и вытяжные шахты, смонтированные в перекрытии в шахматном порядке. Производительность принудительной вытяжной вентиляции регулируется автоматически по температуре воздуха внутри птичника. Как варианты обеспечения оптимальной температуры в летний период наряду с увеличением воздухообмена может применяться система охлаждения и увлажнения приточного воздуха [2]. Рассмотрим варианты управления воздухообменом (вытяжная вентиляция) в птичнике в теплое время года с учетом особенностей температурного режима содержания кур.

Для плавного регулирования изменения воздухообмена в последнее время широко используются преобразователи частоты. Однако, задача поддержания температуры в птичнике в теплый период осложняется тем, что нередко наблюдается перекося температурных полей, а даже незначительное превышение температуры после границы в 30 °С значительно влияет на самочувствие птицы. В этих условиях помимо преобразователя частоты для реализации управления требуется использовать современные микропроцессорные устройства.

С помощью контроллера и преобразователя частоты можно реализовать несколько вариантов управления температурным режи-

мом в птичнике. Используя дискретные выходы контроллера для связи с дискретными входами преобразователя (5 входов), можно обеспечить многоступенчатое изменение воздухообмена. Однако более приемлемым является алгоритм, когда наибольшее значение температуры будет поступать на блок ПИД-регулирования (в программе контроллера), что позволит сформировать величину сигнала на выходе плавного регулирования модуля расширения, связанного с входом 0-10 В преобразователя частоты. В этом случае дискретные выходы контроллера освобождаются для реализации управления системой увлажнения или охлаждения.

### **Заключение**

Таким образом, совместное использование контроллера и преобразователя частоты обеспечивает решение сложной задачи поддержания температурного режима в птичнике в теплый период, обеспечивая высокую точность при достаточной простоте программирования и настройки, а также обеспечивает снижение энергопотребления за счет точного поддержания скорости вращения вентиляторов (требуемого воздухообмена) в зависимости от значения температуры.

### **Список использованной литературы**

1. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник – М.: Колос, 2003. – 344 с.
2. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб.пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. – Минск : БГАТУ, 2007. — 592 с.

УДК 658.52.012.011.56:631.22.014

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЭФФЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗДАЧИ КОРМОВ**

И.И. Гируцкий, д.т.н., А.Г. Сеньков, к.т.н.

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

### **Введение**

Раздача кормов животным является энерго- и трудоемким процессом, значительно влияющим на конкурентоспособность произ-

водимой продукции. Снижение количества потребляемой электрической энергии может быть достигнуто за счет использования современных автоматизированных методов управления технологическими процессами, позволяющими реализовать практически безлюдное, с возможностью удаленного контроля производство. Жидкое кормление является полностью механизированным процессом и обеспечивает высокую эффективность откорма свиней [1, 2]. Представляет интерес энергетическая оценка эффективности реализации перехода к многоразовому, круглосуточному кормлению свиней.

### Основная часть

Рассмотрим теоретические аспекты и практическую реализацию интеллектуальных автоматизированных методов управления, на примере технологического процесса раздачи жидких кормов на свиноводческих комплексах.

Проектная производительность линий раздачи жидких кормов  $Q$  должна обеспечивать кормление расчетного откармливаемого поголовья в соответствии с технологическими требованиями [1]:

$$Q = V / (n \cdot t), \quad (1)$$

где  $V$  – максимально возможный суточный объем раздаваемого корма заданной влажности, л.;  $n$  – число кормлений за сутки;  $t$  – время одной раздачи корма, с.

Ранее в работе [2] была эмпирически установлена связь мощности кормораздаточного насоса с его производительностью:

$$P = l \cdot K_0 \cdot Q^\gamma, \quad (2)$$

где  $Q$  – текущий расход жидкого кома,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $l$  – длина кормопровода, м.;  $K_0$  и  $\gamma$  – аппроксимационные коэффициенты, значения которых зависят от влажности кормосмеси  $W$  и геометрических параметров кормопровода и могут быть табуированы.

Указанный подход к анализу экспериментальных данных позволил получить следующие результаты [4], отраженные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты аппроксимации экспериментальных данных по формуле (2)

$W, \%$	77	78.6	80	82.5	84	85.9
$\gamma$	1,12	1,26	1,42	1,68	1,78	1,36
$K_0, \text{кВт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot (\text{с./л.})^\gamma$	0,02102	0,01522	0,00642	0,00369	0,00295	0,00473

При этом суточные энергозатраты на раздачу корма будут определяться выражением:

$$E = P \cdot t \cdot n. \quad (3)$$

Подстановка выражений (1) и (2) в (3) показывает зависимость энергозатрат от количества кормлений (рисунок 1):

$$E = (l \cdot K_0 \cdot V^\gamma \cdot t^{1-\gamma}) \cdot n^{1-\gamma}.$$

### Заключение

При типовом оборудовании на свиноводческих комплексах, требующих присутствия оператора, принято 2-разовое кормление. Внедрение современных инфокоммуникационных технологий автоматизации, позволяющих исключить обязательное присутствие оператора, и тем самым, реализовать круглосуточное кормление, может дать трех- и более кратное снижение энергозатрат на раздачу жидкого корма по сравнению с 2-разовым кормлением. Много-разовая раздача также позволяет уменьшить мощность электроприводов и геометрические размеры технологического оборудования.

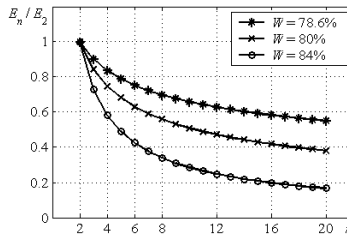


Рисунок 1 – Сокращение энергозатрат на раздачу жидкого корма при увеличении числа кормлений в сутки  $n$ :  $E_2$ ,  $E_n$  – энергозатраты, соответственно, при 2-х разовом и  $n$ -разовом кормлении;  $W$  – влажность кормосмеси

Много-разовая раздача также позволяет уменьшить мощность электроприводов и геометрические размеры технологического оборудования.

### Список использованной литературы

1. Гируцкий, И.И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для откорма свиней/ Автореферат дисс. на соиск. степ. д.т.н., Москва, ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. - 36 с.
2. Гируцкий, И.И. Энергосберегающий потенциал интеллектуальной раздачи жидких кормов на свиноводческих комплексах / И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков, Н.М. Матвейчук // Mechanization in agriculture/ Year LX1, ISSN 08`61-9638, issue 10/2015, Bulgaria. - p. 12-14.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕКУЩИХ НАДОВ КОРОВЫ В УСЛОВИЯХ МОЛОЧНО-ТОВАРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

И.И. Гируцкий, д.т.н., А.Г. Сеньков, к.т.н.,  
С.С. Слюсаренко, к.ф.-м.н., А.Б. Грищенко

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

### Введение

В информационном обеспечении молочного скотоводства развиты и широко применяются разнообразные модели лактационных кривых [1]. Как правило, такие модели связывают прогноз суточного надоя с периодом лактации. Анализ литературы и реальных экспериментальных данных показывает, наряду с другими факторами, влияние на текущий надой промежутка времени между доениями и кратности доения. Игнорирование этих факторов при попытке прогноза текущего надоя приводит к большой погрешности.

### Основная часть

Информационные потоки современной системы управления стадом (СУС) молочного-товарного комплекса содержат большой объем реальных данных по каждому доению [2]. При этом возникает задача обработки массива данных по доению коровы за лактационный период (рисунок 1) и получение новых знаний о процессе доения для каждой коровы.

01 Выборка из VisitIntervals							
CowNo	DayNo	MK	Yield	HoursSinceLastVisit	SincePriorMI		
2	1	1	9,57				
	2	1	1,265	7,14527777780313			✓
	2	2	1,578	16,5122222222853			✓
	2	2	3,593	6,35833333345363			✓
	2	3	8,815	17,81861111111427			
	2	3	3,571	5,9883333322546			✓
	2	3	3,992	5,8008333322546			✓
	2	4	6,359	11,5016666666488			✓
	2	4	4,437	6,9330555556435			✓
	2	4	2,269	4,4544444444729			✓
	2	5	9,218	12,6197222221526			✓
	2	5	4,097	6,3672222221503			✓
	2	5	2,483	5,24861111113569			✓

Рисунок 1 – Набор первичных данных по доению коровы №2  
из СУС «Майстар»

В качестве математической модели синтеза молока в вымени коровы примем аperiodическое звено 1-го порядка:

$$y(\tau) = y_{\max} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{\tau}{T_1}} \right), \quad (1)$$

где  $y_{\max}$  – максимальное количество молока в вымени, кг;  $\tau$  – промежуток времени между доениями, ч;  $T_1$  – некоторая постоянная времени, ч.

Результаты обработки суточных надоев для одной коровы (рисунок 2) за лактационный период показывают изменения как амплитудного  $y_{\max}$ , так и временного  $T_1$  параметров модели (1).

Задача анализа удоев для стада, при учете вышеизложенного формализма, сталкивается с реальным фактом того, что промежуток времени между доениями каждого фигуранта не является фиксированным, а только вероятностным. Анализ данных по стаду (около 3000 голов) показывает, что процесс каждой дойки по трехразовой схеме, за весь период лактации, хорошо описывается нормальным распределением:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

где  $\mu$  – среднее значение для интервала времени между дойками, ч.;  $\sigma$  – стандартное отклонение, ч.

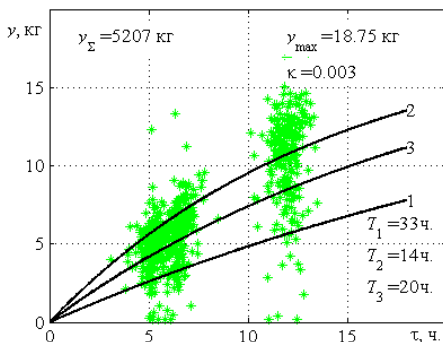


Рисунок 2. – Математическая модель образования молока в зависимости от времени  $\tau$  после последнего доения на 1-й, 100-й и 200-й день лактации (соответственно, кривые 1, 2 и 3) у коровы продуктивностью 5207 кг молока за лактацию и реально зарегистрированные величины надоев

Так в первую дойку мы получаем  $\mu = 11,9$  ч.;  $\sigma = 0,4$  ч., для второй –  $\mu = 6,7$  ч.;  $\sigma = 0,41$  ч. и для третьей –  $\mu = 5,2$  ч.;  $\sigma = 0,47$  ч.

### **Заключение**

Идентификация параметров модели (1) позволит решать ряд задач управления дойным стадом, включая оптимизацию кратности доения и диагностики состояния животных.

### **Список использованной литературы**

1. Thornley, J.H.M. Mathematical models in agriculture. / J.H.M Thornley, J. France, 2004. - pp. 847.
2. Гируцкий, И.И. Информационные потоки в системе управления стадом крупного рогатого скота/ И.И. Гируцкий, А.Б. Грищенко// Агропанорама, №1, 2017. - с. 27-30.

УДК 636.085.7:620.9

## **ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ**

Г.Ф. Добыш, к.т.н., доцент, В.Я. Тимошенко к.т.н., доцент,  
И.Е. Жабровский, к.с.-х.н., доцент,  
*Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

В структуре себестоимости животноводческой продукции основную долю затрат составляют корма 60-70%. Поэтому от их качества, стоимости и сохранности зависит количество и качество произведенной продукции и продуктивное долголетие крупного рогатого скота.

Важнейшей задачей сельскохозяйственной отрасли Республики Беларусь является увеличение продуктивности животноводства. Это вызывает необходимость создания прочной кормовой базы. Поскольку сельское хозяйство республики имеет молочно-мясное направление специализации, то 70-75 % сельскохозяйственных угодий используется для производства кормов.

Низкое качество травяных кормов, как правило, приводит к перерасходу концентратов, стоимость кормовой единицы которых в 3 раза выше, чем травяных кормов, что приводит к удорожанию животноводческой продукции.

Своевременное и качественное проведение механизированных работ по заготовке кормов сдерживается в настоящее время высокой нагрузкой на кормоуборочную технику (в 1,5–2 раза выше нормативной нагрузки на машину). Кроме того, значительная доля техники имеет срок службы выше нормативного. Она потребляет в 1,5 раза больше топлива на выполнение механизированных работ и снижает их качество и, следовательно, приводит к повышению себестоимости сельхозпродукции.

### **Основная часть**

В настоящее время в большинстве сельскохозяйственных организаций республики сложился наиболее затратный и наименее соответствующий физиологическим потребностям крупного рогатого скота силосно-концентратный тип кормления, который приводит к низкой продуктивности и сокращению долголетия коров, большому перерасходу кормов и соответствующему росту себестоимости продукции. Поскольку себестоимость сбалансированной по белку кормовой единицы зеленой массы кукурузы превышает 45 долларов за тонну, что в 5 раз больше, чем по многолетним злаково-бобовым травам, у которых кормовая единица уже обеспечена всеми кормовыми ингредиентами. При недостатке в кормовой единице 1 г переваримого протеина до физиологически обоснованной нормы перерасход кормов составляет 1,5–2,0 %. Только за счет многолетних трав мы можем снизить себестоимость кормов и пополнить запасы белка, обеспечить им кормовую единицу рациона.

Более полное использование биологического потенциала бобовых трав позволит:

- увеличить производство травяных кормов на 15–20 %;
- удешевить кормовую единицу (к.ед.) травяных кормов в 2–3 раза;
- сбалансировать к.ед. всех травяных кормов и, таким образом, повысить коэффициент их полезного действия на 30–35 %;
- оставить в почве биологический азот, корневые и пожнивные остатки, что эквивалентно внесению 8–10 кг/га д.в. карбамида и 20–25 т навоза на 1 га (содержание органического вещества, нако-

пившегося в почве после возделывания галеги восточной эквивалентно 60 , люцерны – 36 т навоза);

-посев зерновых по таким предшественникам обеспечит прибавку урожая 0,4–0,5 т/га зерна;

-уменьшить в севообороте затраты на химические средства защиты на 15–20 %.

При этом следует учесть, что физиологическое долголетие коров составляет 15–18 лет, срок же хозяйственного использования животных из-за неправильного содержания и кормления в Республике Беларусь составляет 3,3 лактации. Зоотехническая наука указывает, что коровы первого отела продуцируют за год молока на 30 %, а второго отела – на 15 % меньше, чем полновозрастные коровы третьего отела и старше. При этом у голштиinizированных черно-пестрых коров удой возрастает до пятой-шестой лактации. В Западной Европе при выпасе коров на пастбищах по сравнению со стойловым содержанием суточные надои повышаются на 3–5 кг, а расход концентратов снижается в 1,4 раза. При этом стоимость пастбищных кормов ниже стоимости концентратов в 3,6–6,0 раз.

Снижение стоимости и энергозатрат при производстве кормов в большой степени зависит от уровня применяемых в кормопроизводстве технологий и комплексов машин, а также форм и методов организации использования техники.

Заслуживает внимания заготовка кормов по «всепогодной» технологии, основанной на упаковке кормов в специальную пленку или пластиковые рукава, которая обеспечивает снижение потерь сухого вещества на 6 %, повышение сохранности протеина на 14,5 %, увеличение сохранности кормовых единиц на 9,5 %.

Основными требованиями технологии при заготовке кормов в герметически упакованных в пленку рулонах являются:

-влажность массы должна быть не выше 40–65 % (оптимально – 40–50 %);

-упаковку в пленку следует производить сразу или не позднее 2–3 часов после формирования рулонов;

-хранить рулоны лучше вертикально (по высоте не более 3-х рядов);

-защищать пленку от грызунов, птиц, удобрений, ядохимикатов и других повреждений.

Несвоевременная заточка рабочих органов косилок-измельчителей и увеличение зазора между лезвиями ножей и про-

тиворежущей пластиной приводят к увеличению удельного расхода топлива на 10–15 % и удельных энергозатрат в 1,5–2,0 раза. Так у кормоуборочных комбайнов типа «Ягуар» оптимальным является зазор между лезвиями ножей и противорежущей пластиной в пределах 0,15 мм. При увеличении этого зазора до 0,4 мм затраты на измельчение силосной массы увеличиваются в 2 раза, а при увеличении зазора до 0,8 мм – в 3 раза. Аналогично, если радиус закругления режущей кромки ножа увеличивается с 0,15 мм до 0,4 или до 0,8 мм затраты мощности на измельчение (а следовательно и расход топлива) увеличиваются соответственно в 2 или 3 раза. При этом качество измельчения зеленой массы ухудшается.

Подобная причинно-следственная связь прослеживается также на подборе валков провяленных трав при заготовке сенажа. Поэтому необходимо систематически производить заточку ножей, не допуская работу кормоуборочного комбайна с затупленными лезвиями ножей измельчающего барабана. Практика показывает, что при заготовке сенажа достаточно затачивать ножи 1 раз в смену, при заготовке силоса из трав – через 3–5 дней, при уборке кукурузы с початками восковой спелости – каждый день. После заточки необходимо регулировать зазор между ножами и противорежущей пластиной.

Качество измельчения массы влияет и на повышение эффективности использования транспортных средств, занятых на ее отвозке к месту хранения, и это очень важно, учитывая, что по затратам энергии при производстве кормов из трав на первом месте стоит их транспортировка. Применение высокообъемных прицепов (45–60 м<sup>3</sup>) на отвозке измельченной массы позволяет повысить производительность транспортных средств в 2–3 раза и комбайнов на 15–20 %, что позволяет снизить расход топлива на 20–25 %.

В последние годы распространение получила технология консервирования зерна ранних стадий спелости, введение в рацион которого позволяет повысить среднесуточные привесы молодняка КРС на 9–12 %, удой молока – на 7–10 %, увеличить валовой сбор фуражного зерна на 8–10 % за счет снижения потерь при уборке; снизить энергозатраты (исключается сушка, очистка и размол зерна) на 23 %; уменьшить расход жидкого топлива на 80 % в сравнении с традиционной технологией использования фуражного зерна; повысить усвояемость корма на 5–8 %. Себестоимость одной кормовой единицы хранящегося в траншее измельченного зерна в 3–4 раза ниже, чем приготовленного из этого зерна комбикорма.

Принцип заготовки консервированного плющеного (измельченного) зерна – хранение кормовой массы с использованием консерванта в герметичных условиях, препятствующих воздействию микроорганизмов, портящих корм.

Преимущества консервирования зерна в плющеном (измельченном) виде:

- уборка зерна начинается в стадии восковой спелости при влажности 25–35 %, когда питательная ценность зерновых наивысшая, поэтому с 1 га площади заготавливают на 10–20 % больше корма;

- урожай начинают убирать на 2–3 недели раньше обычных сроков, что позволяет снизить общую потребность в дорогостоящих зерноуборочных комбайнах;

- не требуется сушка зерна, за счет чего экономится 30–60 кг/т жидкого топлива;

- отпадает необходимость дробить зерно после сушки при подготовке к скармливанию;

- возможно выращивание более поздних и урожайных сортов зерновых;

- исключаются потери от осыпания и поедания птицами;

- ранняя уборка зерновых позволяет успешно расти подсеянными травам;

- неравномерное созревание зерна не затрудняет его обработку;

- увеличение сроков уборки позволяет сократить потребность в зерноуборочных комбайнах;

- данная технология подходит для всех видов зерновых, бобовых культур и кукурузы.

Для хранения фуражного плющеного (измельченного) зерна можно использовать траншеи, хранилища или полиэтиленовые рукава.

В Республике Беларусь около 70 % валового сбора зерна используется на кормовые цели. Потери питательных веществ всего биологического урожая при уборке зерновых культур на зерно составляют до 42 %, в то время как при заготовке зерносенажа только 8–11 %. Поэтому выход продукции с 1 га посевов при заготовке зерносенажа в 1,5 раза выше, а себестоимость одной кормовой единицы в 1,5 раза ниже, чем при уборке на зерно.

### **Заключение**

Применение прогрессивных методов заготовки травяных кормов позволит снизить себестоимость 1 к.ед. в 2–3 раза. Использо-

вание бобовых трав позволит уменьшить внесение органических и минеральных удобрений.

Своевременная заточка ножей и регулировка зазоров в измельчающем аппарате косилок-измельчителей позволит снизить затраты энергии на единицу продукции в 2–3 раза.

Заготовка кормов путем консервирования измельченного (плющеного) зерна ранних стадий спелости позволяет снизить себестоимость 1 к.ед. в 3 – 4 раза (по сравнению с приготовлением комбикорма из этого зерна).

#### **Список использованной литературы**

1.Разумовский, Н.П. Эффективность использования зерносенажа, хранящегося в полимерном рукаве / Н.П. Разумовский // Белорусское сельское хозяйство. – № 5. – 2010.

2.Шейко, И.П. Заготовка кормов:курс на высший класс // Белорусское сельское хозяйство. – № 4. – 2012.

3.Основы энергосбережения в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015.

УДК 631.22

## **СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ**

В.А. Ковалев<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, А.П. Мириленко<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,

Г.М. Дворник<sup>1</sup>, к.п.н., доцент, А.Т. Кулаков<sup>2</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Успех процесса производства продукции животноводства и птицеводства базируется на следующих основных составляющих: селекционной работе, направленной на обеспечение высокого гене-

тического потенциала продуктивности животных и птицы; научно обоснованной сбалансированной кормовой базе; научно обоснованном микроклимате внутри животноводческих помещений.

Таким образом, одним из важнейших условий повышения эффективности производства животноводческой продукции является создание и поддержание заданного микроклимата в помещениях ферм и комплексов.

Современные технологии содержания животных предъявляют высокие требования к микроклимату в животноводческих помещениях. Исследования показывают, что продуктивность животных на 50-60 % определяется кормами, на 15-20 % – уходом и на 10-30 % – микроклиматом в животноводческом помещении. Отклонение параметров микроклимата от установленных пределов приводит к сокращению удоев молока на 10-20 %, прироста живой массы – на 20-33 %, увеличению отхода молодняка до 5-40 %, уменьшению яйценоскости кур – на 30-35 %, расходу дополнительного количества кормов, сокращению срока службы оборудования, машин и самих зданий, снижению устойчивости животных к заболеваниям [1].

Системы обеспечения микроклимата (СОМ) являются весьма энергоемкими. Общие затраты энергии на микроклимат составляют до 30 % всей энергии, потребляемой в отрасли животноводства и птицеводства.

Поэтому в общем комплексе задач по повышению эффективности отрасли одним из важных направлений является разработка и внедрение энергоэффективного оборудования для создания микроклимата в животноводческих помещениях, обеспечивающего максимальный технологический эффект при минимальных энергозатратах.

### **Основная часть**

Обеспечение оптимального микроклимата в помещениях предполагает создание и контроль научно обоснованных значений формирующих его факторов среды (температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха, его газового состава и др.), которые обобщены и приведены для каждого вида животных в соответствующих нормах технологического проектирования животноводческих и птицеводческих предприятий [2]. Исходя из различия в требованиях к параметрам микроклимата для содержания различных групп животных и птицы будут несколько различными и требования к СОМ в помещениях для их содержания.

Как известно крупный рогатый скот (КРС) выдерживает широкий диапазон отрицательных воздействий (низкая температура, повышенная относительная влажность воздуха) без существенного снижения продуктивности. Поэтому на фермах КРС во многих случаях имеется возможность поддерживать параметры микроклимата только за счет естественных источников энергии: биологической теплоты животных и естественных систем вентиляции. При правильном расчете естественная вентиляция с применением приточных шахт с дефлекторами, светоаэрационных коньков и светоventилиационных штор, обеспечивает без затрат электроэнергии нормальный воздухообмен и во все периоды года создает хороший микроклимат даже при малых скоростях ветра. Она надежна, дешева, бесшумна, но требует определенных профессиональных навыков обслуживающего персонала по соблюдению технологических регламентов содержания и выращивания животных [3].

Для промышленного производства свинины и птицеводческой продукции характерна повышенная концентрация поголовья в производственных помещениях, в результате этого в воздушной среде резко увеличиваются содержание продуктов обмена веществ их жизнедеятельности (вредных газов, водяных паров), пылевая и бактериальная загрязненность воздуха, что в итоге отрицательно влияет на физиологическое состояние и продуктивность животных.

### **Заключение**

Создать оптимальный микроклимат в помещениях для содержания свиней и птицы невозможно без применения отопительных приточно-вытяжных установок с механическим побуждением, являющихся весьма энергоемкими. Расход энергоресурсов при этом можно уменьшить за счет утилизации вентиляционных выбросов, совершенствования СОМ, автоматизации контроля параметров микроклимата и режимов работы оборудования. При этом следует принимать во внимание, что контроль такого важного параметра микроклимата как относительная влажность воздуха в животноводческих помещениях имеет определенные особенности [4].

### **Список использованной литературы**

1. Энергозатраты на обеспечение микроклимата в животноводческих помещениях КРС / В.И. Бочаров // Ползуновский вестник. – 2011. - №2/1. – С. 194-197.

2. Мишуров, Н.П., Кузьмина, Т.Н. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях // Научный аналитический обзор. – М., 2004. – 94 с.

3. Бодров, М.В. Обоснование, выбор и расчет круглогодичных систем естественной вентиляции животноводческих зданий // Научн. вестник ВГАСУ. – 2010. – № 1.

4. Особенности контроля относительной влажности воздуха и газовых смесей на объектах агропромышленного комплекса / Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы международной научно-технической конференции, Минск, 24-25 ноября 2011 г. – Минск : БГАТУ, 2011. – С. 310-312.

УДК 621.31:636

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОВООРУЖЕННОСТИ ТРУДА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ПУТИ СБЕРЕЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОТРАСЛИ**

А.В. Крутов, к.т.н., доцент; А.А. Петрова  
*Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Потребление электроэнергии в сельскохозяйственном производстве республики последние годы постоянно уменьшается. Как следует из [1] использование этого вида энергии в сельском хозяйстве характеризуется следующими данными: 2013 г. – 1566,32 млн. кВтч; 2014 г. – 1519,71; 2015 г. – 1448,00 млн. кВтч (уменьшение на 4,72 процента). Из всех потребителей на долю сельского хозяйства приходится только 5 процентов произведенной электроэнергии. Электровооруженность труда в сельском хозяйстве в настоящее время составляет 5400 кВтч на одного работника. Этот показатель снижается относительно низкими темпами лишь в силу того, что в сельскохозяйственном производстве постоянно уменьшается число занятых работников. Снижение электропотребления можно объяснить, в первую очередь, постоянным увеличением доли энергоресурсов в себестоимости производства продукции сельского хозяй-

ства. Сегодня на первый план выходят реальный производственный или социальный эффект, получаемый при потреблении каждого киловатт-часа. Сказывается и надежность электроснабжения, дефицит мощностей генерирования электрической энергии, особенно в зимний период, отсутствие высокой мотивации во внедрении эффективных электротехнологий.

### **Основная часть**

Предполагается, что с введением в Беларуси атомной электростанции потребность государства в импортных энергоносителях снизится почти на треть. Предстоит увеличить вес электроэнергетики в энергобалансе страны.

В сельском хозяйстве одной из ведущих по электропотреблению является животноводческая отрасль. На ее долю приходится от 60 до 80 процентов расходуемой в сельском хозяйстве электроэнергии. В животноводстве остается и достаточно трудоемких процессов, которые ждут дальнейшей электромеханизации, повышения культуры производства. При этом следует и дальше повышать надежность электроснабжения, эффективность электропотребления, рационально использовать и экономить эту уникальную энергию. Приоритетными должны стать энергосберегающие электротехнологии взамен тепловых, механических, основанные на применении оптического излучения, электрического, магнитного и электромагнитного полей, импульсных источников электрической энергии и др. Электровооруженность труда в животноводстве в течение 5 ближайших лет может вырасти до 8000 кВтч на 1 работника.

Для освещения животноводческих и птицеводческих помещений необходимо использовать светильники со светодиодной системой освещения. Светодиоды имеют небольшую мощность (0,5 Вт) и высокую светоотдачу (120 лм/Вт), обеспечивают равномерное освещение, полностью исключают стробоскопический эффект. Применение светодиодных систем освещения, компактных люминесцентных ламп с высокочастотным питанием вместо ламп накаливания позволяет снизить установленную мощность в 2,5-3 раза. Система регулирования освещения должна осуществляться по программам.

Для производства продукции животноводства высокого качества необходимо обеспечивать своевременную санитарную обработку сельскохозяйственных помещений. Для этого перспективны разработанные в ВИЭСХ новые коротковолновые ультрафиолето-

вые (УФ) установки облучения, которые обладают сильным бактерицидным действием, безвредны для людей, животных и птицы, не загрязняют окружающую среду, не вызывают коррозию металла, их применение рентабельно и технологично. Коротковолновое ультрафиолетовое бактерицидное излучение применяют для дезинфекции воздуха в птичниках, на фермах крупного рогатого скота – в родильных отделениях, профилакториях, молочных отделениях, пунктах искусственного осеменения, ветеринарных лечебницах, в складских помещениях и хранилищах, для дезинфекции воды, посуды, инвентаря, одежды и т.д. Хотя эти установки имеют повышенную мощность по сравнению со стандартными, собранными на УФ лампах низкого давления, но их эффективность в 3 раза выше аналогов с бактерицидными озonoобразующими лампами мощностью 36 Вт и в 15 раз – с установками на бактерицидных лампах мощностью 30 Вт [2]. В результате, при эксплуатации новых облучательных установок достигается значительное энергосбережение. Остаются большими затраты энергии на обеспечение нормального микроклимата на фермах и птицефабриках. На это тратится до 30 процентов всех затрат в животноводстве и еще выше в птицеводстве. Перспективными должны стать теплоутилизаторы, теплохолодильные установки, электропароводонагреватели, использование возобновляемых источников энергии и др.

Важным направлением экономии электроэнергии является внедрение регулируемого, автоматизированного электропривода на основе асинхронных двигателей с использованием высокочастотных преобразователей электроэнергии с микропроцессорным управлением.

Не малый потенциал электросбережения кроется и в налаживании действенных организационно-технических мероприятий по учету и экономии электроэнергии, совершенствованию сервисного обслуживания электрооборудования.

### **Заключение**

Животноводство и птицеводство являются одной из крупных отраслей сельского хозяйства по потреблению электроэнергии. Здесь имеется значительный потенциал по увеличению электровооруженности труда в 1,5–2 раза (до 8000 кВтч на 1 работника).

### **Список использованной литературы**

1. Отраслевая программа развития электроэнергетики на 2016 – 2020 годы. Утверждена постановлением Министерства энергетики

Республики Беларусь 31.03.2016 №8. [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.energo.by/sbyt/p82.htm>. – Дата доступа : 03.01.2017.

2. Коршунов, Б.П. Энергосберегающие электротехнологии в сельском хозяйстве: анализ и перспективы (к 85-летию института) // Вестник ВИЭСХ, 2015, №1(8). С. 12-17.

УДК 631.171

## **ПУТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

А.В. Михайловский, Е.С. Якубовская

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

### **Введение**

Одна из причин низкого эксплуатационного КПД промышленных установок – это потери тепла при сгорании топлива, вызванные несоблюдением оптимального соотношения между расходом топлива и воздуха. При недостаточной подаче воздуха в топку могут появиться большие потери из-за химической неполноты сгорания или возникает угроза обрыва факела из-за его избытка. Поэтому система автоматического регулирования должна обеспечивать оптимальные режимы работы котельных установок. Энергосбережение при эксплуатации котельных установок также может быть достигнуто при использовании современных технических средств, таких как преобразователи частоты в контурах регулирования для плавного изменения параметров регулирования и, следовательно, обеспечения большей точности регулирования.

### **Основная часть**

Системы автоматического управления котельными подразделяются на системы общекотельной автоматики, системы управления котлоагрегатами и выполняют следующие основные операции:

- технологическая защита, предотвращающая аварии;
- технологическая блокировка, исключающая выполнение неправильных операций;

- автоматический контроль работы котлов;
- технологическая сигнализация, извещающая персонал о ходе выполнения технологических процессов;
- дистанционное управление котлом (пуск и останов котлов);
- автоматическое регулирование.

Основными видами АСР котельных установок для котлов являются: регулирование процессов горения и питания; для деаэраторов – регулирование уровня воды и давления пара.

Автоматическое регулирование процессов горения предусматривается для всех котлов, работающих на жидком или газообразном топливе.

Около 60% электроэнергии собственных нужд котельных потребляют тягодутьевые машины - вентиляторы и дымососы. При применении на котлах нерегулируемого асинхронного электропривода, регулирование расхода воздуха и разряжения в топке осуществляется изменением положения заслонок направляющих аппаратов с центрального пульта, а контроль технологических параметров работы котла - с помощью регистрирующих вторичных приборов. При таком способе регулирования потоков воздуха и отходящих газов (дыма) потери на дросселирование достигают 70%. Кроме этого, при эксплуатации котлов в связи с изменением параметров воздухопроводов и дымоходов, топок котлов и свойств топлива, устанавливаемые по наладочным технологическим картам режимы отличаются от оптимальных, что вызывает перерасход топлива.

Для повышения эффективности функционирования котельных можно предложить применение для управления ими современных систем управления с включением в контуры регулирования преобразователей частоты. Важнейшими элементами таких систем являются подсистемы оптимального управления тягодутьевыми трактами водогрейных котлов, позволяющие существенно (на 30-40%) снизить потребление электрической энергии асинхронными двигателями вентиляторов и дымососов, а так же обеспечить рациональный расход топлива при полном его сжигании.

Система автоматического управления тягодутьевым трактом котла представлена на рисунке 1. Она включает в свой состав датчики расходов  $F_T$  воздуха, топлива и отходящих газов, датчик разряжения в топке  $P_T$ , датчик содержания кислорода  $O_T$  в отходящих газах, преобразователи частоты ПЧ для управления скоростью

электродвигателей М вентилятора и дымососа, программируемый логический контроллер котла ПЛК, реализующий алгоритм локального управления трактом, и персональный компьютер ПК (АРМ оператора), выполняющий функции интерфейса «человек - машина».

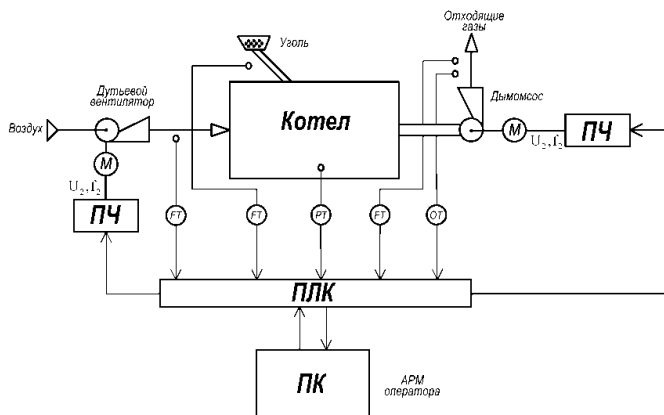


Рисунок 1. - Схема САУ тягодутьевым трактом котла

## Заключение

Энергосбережение в процессе эксплуатации котельных установок может быть обеспечено с помощью системы автоматического регулирования, обеспечивающей оптимальные режимы работы установки. Следует обеспечить полноту сгорания топлива за счет управления тягодутьевым трактом котла. Этого можно достичь, при реализации системы автоматики на базе современного контроллера, который позволяет обеспечить точность регулирования параметров (при условии использования преобразователей частоты для регулируемого электропривода), более удобное отображение информации о ходе технологического процесса, удаленное информирование об аварийном состоянии параметров и надежность работы установки.

## Список использованной литературы

1. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. – Минск: БГАТУ, 2007. – 592 с.

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ТОПКАХ ЗЕРНОСУШИЛОК

А.В. Голубкович<sup>1</sup>, д.т.н., В.А. Колос<sup>1</sup>, к.т.н.,  
В.Б. Ловкис<sup>2</sup>, к.т.н., доцент, О.В. Данильчик<sup>2</sup>, А.Н. Дадыко<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Федеральный агроинженерный научный центр ВИМ,  
г. Москва, Российская Федерация  
<sup>2</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

### Введение

Эффективному сжиганию растительных отходов (РО) с генерацией теплоты для сушки зерна препятствует их невысокая теплота сгорания [1-3], обусловленная химическим составом и повышенной влажностью.

Наши исследования показали, что при сжигании РО с теплотой сгорания менее 10-12 МДж/кг в экспериментальном топочном устройстве мощностью 1 МВт к сушилке С-5 [1] ухудшаются условия воспламенения и разгорания факела, снижается его температура, затягивается процесс горения. Из-за пониженной температуры дымовых газов возникают отложения на поверхности уноса теплообменника, снижающие эффективность его работы.

Для энергоэффективной работы топок на РО, агрегируемых с зерносушилками, РО необходимо обосновать условия и режимы их сжигания [4]. В этой связи целью данной работы является: определение допустимой теплоты сгорания РО, ниже которой необходима подсветка; доли высокорекреакционного топлива (ВТ) на подсветку для стабильной работы топки на РО, а также для возмещения дефицита мощности при ее применении взамен топки на жидком или газовом топливе.

### Основная часть

В общем случае подсветка сжигания твердого топлива необходима в случае, когда:

$$Q_n^p \leq Q_{n \text{ доп}}^p, \quad (1)$$

где  $Q_n^p$  – теплота сгорания РО, МДж/кг;  $Q_{n \text{ доп}}^p$  – допустимая теплота сгорания РО, МДж/кг.

Примем в первом приближении, что меньшая теплота сгорания твердого топлива, чем жидкого или газообразного, обусловлена его балластными включениями. Критерием стабильности работы топки примем минимум потерь теплоты на нагрев балластных продуктов и испарение влаги из твердого топлива. Исходя из изложенного, допустимую теплоту сгорания РО можно выразить соотношением:

$$Q_{\text{н доп}}^{\text{p}} = \frac{Q_{\text{нз}}^{\text{p}} \Pi_o}{\Pi_s}, \quad (2)$$

где  $Q_{\text{нз}}^{\text{p}}$  – теплота сгорания эталонного топлива, МДж/кг;  $\Pi_o$  и  $\Pi_s$  – теплосодержание балластных продуктов сгорания соответственно РО и эталонного топлива, МДж/кг.

Теплосодержание балластных продуктов сгорания твердого эталонного топлива с учетом паров влаги на выходе топки, можно записать в следующем виде:

$$\Pi_s = \frac{A^{\text{p}} c_{\text{т}} \Delta t}{100} + \frac{W^{\text{p}} r}{100 - W^{\text{p}}} + \frac{W^{\text{p}}}{100} c_{\text{в}} \Delta t, \text{ кДж/кг}, \quad (3)$$

где  $A^{\text{p}}$  и  $W^{\text{p}}$  – содержание соответственно золы и воды, %;  $c_{\text{т}}$  и  $c_{\text{в}}$  – соответственно теплоемкость топлива и воды, кДж/кг·°С;  $\Delta t = t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}$  – разность температур продуктов сгорания на входе и выходе топки, °С;  $r$  – скрытая теплота испарения воды, кДж/кг.

Исследования показали, что при замене жидкостного или газового топочного блока зерносушилки на блок, использующий РО, в связи с меньшей удельной теплонапряженностью может снизиться его паспортная тепловая мощность, т.е. возникает необходимость подсветки. Очевидно, что в этом случае мощность топочного блока на РО следует ограничить условием работы с оптимальной мощностью, а ее дефицит восполнить подсветкой высокорекреакционным топливом, вычислив его долю по формуле:

$$\eta_o = \frac{\Delta N Q_{\text{н}}^{\text{p}}}{N_{\text{онм}} Q_{\text{н вт}}^{\text{p}}}, \quad (4)$$

где  $\Delta N = N_n - N_{\text{онм}}$ , МВт;  $N_n$  и  $N_{\text{онм}}$  – паспортная и оптимальная мощность топочного блока, МВт.

ООО «ОКБ по теплогенераторам» разработал топочный блок ТБР-2,5 для сжигания РО, которым комплектуется зерносушилка СЗТ-30. При его испытаниях на Борисоглебском маслозаводе максимальная мощность составила 1,6 МВт при сжигании лузги подсолнечника с  $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 15$  МДж/кг, а максимальный КПД (0,73) – в интервале  $0,8 \leq N_{\text{онм}} \leq 1,4$  МВт. Приняв  $N_{\text{онт}} = 1,4$  МВт, рассчитаем по формуле (4) долю газообразного ВТ ( $Q_{\text{нвт}}^{\text{p}} = 34$  МДж/кг) для подсветки горения лузги с целью достижения паспортной производительности сушилки СЗТ-30 (15 т/ч) на зерне кукурузы при  $N_{\text{n}} = 1,6$  МВт. Получим  $\eta_o = 0,085$  (кг ВТ/кг РО).

### **Заключение**

Обоснована методика и выполнены расчеты допустимой теплоты сгорания РО, получены зависимости количества высокорекреационного топлива для подсветки, обеспечивающей стабильную работу топочного блока на РО и возмещение дефицита мощности при замене им жидкостного или газового блока.

### **Список использованной литературы**

1. Анискин В.И., Голубкович А.В. Перспективы использования растительных отходов в качестве топлива // Теплоэнергетика. – 2004. – № 5. – С. 60-65.
2. Голубев В.А., Жуков Е.Б., Симанов В.И. Альтернативные виды топлив Алтайского края в малой энергетике // Проблемы энергосбережения и энергобезопасности Сибири: Тезисы докл. Всероссийск. науч.-практ. конф. – Барнаул: 2004.
3. Колос В.А., Сапьян Ю.Н. Алгоритмы оценки энергоэффективности производства биотоплива из растительной биомассы // Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. – М.: ВИМ, 2011. – С. 90-94.
4. Голубкович А.В. Топки на растительных отходах: процессы, конструкции, режимы, расчеты. – М.: ГНУ ВИМ, 2011. – 172 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ

И.П. Матвеевко, к.т.н., доцент

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

### **Введение**

В промышленно развитых странах достигнутый уровень развития материально-технической базы сельского хозяйства позволяет перейти от наращивания энергетических мощностей и насыщения техникой к качественно новому этапу - совершенствованию структуры материально-технической базы, повышению ее технического уровня на основе использования автоматизированных и роботизированных систем.

Необходимость роботизации сельскохозяйственного производства, заключается в необходимости подъема продуктивности сельского хозяйства, в том числе в животноводстве, поставки более дешевой и удобной для человека техники, обновления оборудования. Автоматизация и роботизация технологических процессов сельскохозяйственного производства требует, как правило, использования различного и сложного дополнительного оборудования, в первую очередь, микроконтроллеров и различных периферийных устройств.

### **Основная часть**

В различных роботизированных устройствах 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 необходимо написать программу, с помощью программатора «прошить» процессор, подключить к выходу контроллера электродвигатели и только тогда наглядно увидеть результат своей работы. Решить такую задачу проще стало возможным благодаря компьютерному моделированию.

Для проведения компьютерного моделирования была использована программа *Proteus v7.7*. В данном примере приводится проект схемы для управления двумя двигателями постоянного тока с возможностью регулирования скорости и направления вращения электродвигателей (рисунок 1).

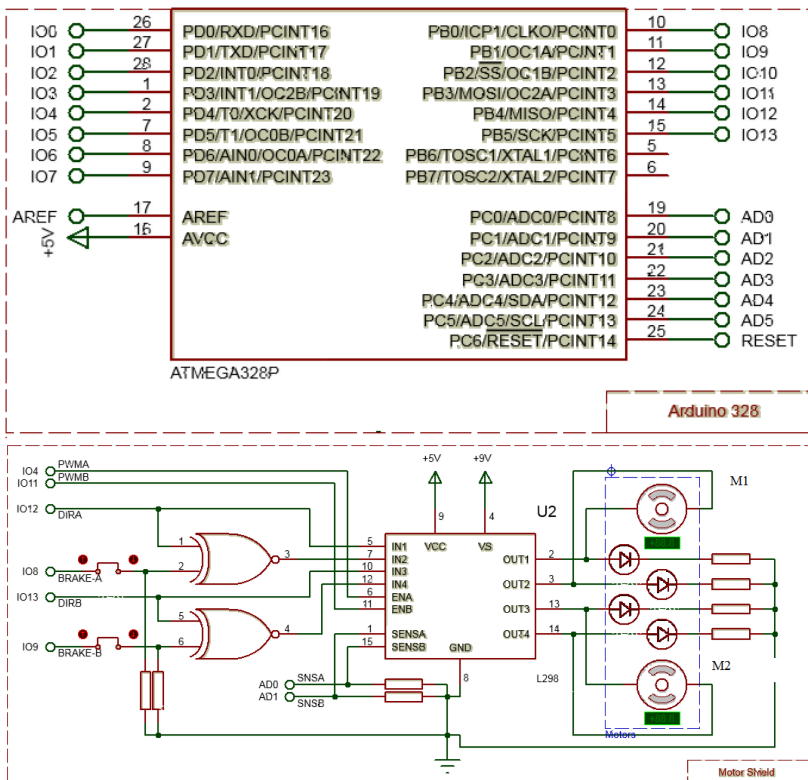


Рисунок 1. - Работающий макет проекта

Для создания проекта необходимо собрать виртуальную электронную схему, выбрав необходимые элементы, и разместить их на выделенном пространстве [1]. В работе используется микроконтроллер AVR фирмы ATMEL типа ATMEGA 328P, к выходным портам которого подключается микросхема L298.

Микросхема L298 представляет собой двоярный мостовой драйвер двигателей и предназначена для управления DC и шаговыми двигателями. Данная микросхема находит очень широкое применение в робототехнике. Одна микросхема L298 способна управлять двумя двигателями и обеспечивает максимальную нагрузку до 2A на каждый двигатель. Двигатели постоянного тока (Motors) подключаются уже к выходам микросхемы L298 (OUT1 и OUT2 - для M1, OUT3 и OUT4 - для M2) вместе со светодиодами,

которые подают световой сигнал при достижении максимальной скорости вращения.

Контроллер управляет работой электродвигателя постоянного тока, используя широтно-импульсную модуляцию (ШИМ). Скважность импульсов, которые подаются на входы *ENA* и *ENB* микросхемы L298, при этом может задаваться с пульта управления.

Проверяем работу собранной схемы в соответствии с разработанной программой. Запускаем эмуляцию программы, и наблюдаем работу схемы в соответствии с написанной программой [2] для микроконтроллера. В нашем случае, в процессе эмуляции визуально наблюдаем вращение электродвигателей *M1* и *M2* и управление скоростью и направлением вращения в соответствии скважностью импульсов, задаваемых микроконтроллером.

### **Заключение**

Таким образом, используя программу *Proteus*, можно достаточно легко смоделировать электронную схему с микроконтроллером *AVR* и электродвигателями, составляющих основу роботизированных устройств, провести ее отладку. И только потом создавать реальное устройство, зная, что оно работоспособно.

### **Список использованной литературы**

1. Матвеевко И.П. Методика изучения микроконтроллеров *AVR*. «Информатизация образования», №2. 2013. - С. 86-95.
2. Программирование в *AVR Studio 5* с самого начала: <http://datagor.ru/microcontrollers/1787-programirovanie-v-avrstudio-5-s-nulya.html>.

УДК 631

## **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ**

В.А. Павловский, Е.В. Годлевский, А.В. Неверович  
*Белорусский государственный аграрный технический университет*  
*г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Энергосбережение остается одним из актуальнейших направлений при автоматизации и роботизации технологических процессов

в животноводстве. При дипломном и курсовом проектировании студентами особое внимание необходимо уделять проведению анализа различных вариантов выполнения технологического процесса с целью выбора наиболее энергоэффективного.

### **Основная часть**

Широко известно, что при работе асинхронных электродвигателей на вентиляторную нагрузку применение частотно-регулируемого электропривода обеспечивает экономический эффект. Под вентиляторной нагрузкой подразумеваются вентиляторы и насосы, мощность для привода которых существенно увеличивается с увеличением частоты вращения. При обеспечении требуемой производительности вышеназванного оборудования изменением частоты вращения при помощи частотного привода обеспечивается значительное снижение потребляемой электроэнергии из сети, однако, не во всех режимах работы оборудования. Вопросы снижения коэффициента полезного действия при недостаточной загрузке машин известны достаточно давно [1]. В частности, при вращении рассматриваемых приводов на малых оборотах энергопотребление существенно, а производительность мизерна.

Рассмотрим возможные варианты изменения производительности системы принудительной вентиляции.

*1) Вентиляторы включаются позиционно.*

Достоинства: дешевизна системы.

Недостатки: низкая точность поддержания необходимого воздухообмена (дискретность шага составляет производительность одного вентилятора).

*2) Вентиляторы включаются позиционно, плавное регулирование осуществляется шибберными заслонками.*

Достоинства: можно обеспечить высокую точность изменения производительности при небольших капитальных вложениях.

Недостаток: перерасход электроэнергии (излишняя мощность рассеивается на заслонках).

*3) На каждый вентилятор устанавливается собственный частотный привод.*

Достоинства: высокая точность поддержания регулируемой величины.

Недостатки: дороговизна частотного привода, потери электроэнергии при работе двигателя на малых оборотах (при работе на

малых оборотах КПД вентилятора существенно снижается по сравнению с работой в режиме, близком к номинальному).

*4) Устанавливается один частотный преобразователь на группу вентиляторов.*

Достоинства: система дешевле по сравнению с установкой собственного частотного привода на каждый вентилятор.

Недостатки: ниже точность поддержания регулируемой величины по сравнению с индивидуальным регулированием вентилятора, и те же потери электроэнергии при работе двигателя вентилятора на малых оборотах.

*5) Система, состоящая из нескольких вентиляторов, включаемых позиционно и одного с частотным приводом.*

Достоинства: сочетание позиционного и непрерывного регулирования позволяют поддерживать высокую точность за счет непрерывного регулирования и высокий КПД за счет работы вентиляторов в номинальном режиме при позиционном управлении.

Рассмотрим варианты реализации системы, состоящей из нескольких включаемых позиционно вентиляторов и одного с частотным приводом. При самом простом варианте с одинаковой производительностью всех вентиляторов количество возможных комбинаций включения равно количеству вентиляторов. Если производительность каждой последующей ступени будет превышать предыдущую на половину производительности плавно регулируемой ступени, то регулируемая ступень будет находиться в приемлемом режиме загрузки.

### **Заключение**

При проектировании систем управления с изменяющейся производительностью оборудования в широких пределах есть смысл рассматривать вариант с комбинированием позиционного изменения управляющего воздействия при включении ступеней с двигателями, загруженными на номинальную мощность, с плавным регулированием частотным приводом отдельной ступени.

### **Список использованной литературы**

Кудрявцев, И.Ф. Вопросы снижения энергоемкости сельскохозяйственной продукции / И.Ф. Кудрявцев // Агропанорама – 2002. № 6. – С. 4-6.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Е.С. Казмерчик, А.А. Вельченко, к.т.н., доцент  
*Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Самым мощным возобновляемым источником энергии для нашей планеты является Солнце. Количество энергии, падающее на поверхность Земли от Солнца за день, превосходит мировое потребление за год. Солнечная энергия является экологически чистым источником энергии, не выделяющим двуокись углерода, способствующим диверсификации источников энергии, экономии средств и ресурсов, улучшению энергоэффективности.

На сегодняшний день, повышение энергоэффективности использования солнечных энергетических установок представляет интерес не только для использования в животноводческих сельскохозяйственных объектах, но и для таких объектов как: удаленные и автономные потребители в виде отдельных домов, небольших поселков, автономных предприятий; масштабные солнечные электростанции, которые могут быть использованы для решения региональных энергетических задач и глобальных проблем в отрасли энергетики [1, 2].

Интенсивность солнечного излучения в Республике Беларусь составляет 2,8 кВт·ч/м<sup>2</sup>. На территорию РБ за год поступает солнечная энергия суммарной величиной около  $3 \cdot 10^{14}$  кВт·ч, что эквивалентно 40 млрд. т.у.т. и более чем на три порядка величины превышает общее потребление энергоносителей в государстве на данный период. По количеству световой энергии, падающей на единицу поверхности, Беларусь находится практически на одном уровне с такими странами, как Канада, Германия, Япония, где солнечная энергетика развивается очень быстрыми темпами.

Примерами применения солнечных батарей в сельском хозяйстве Республики Беларусь являются: 1) солнечная электростанция мощностью – 1,26 МВт, находится в деревне Рожанка Щучинского района, Гродненской области, и работает с 2014 года. Солнечные

панели мощностью 230-250 Вт располагаются на площади 2,4 га. В день станция вырабатывает около 8500 кВт·ч энергии. На территории возводится еще одна солнечная электростанция на 1,15 МВт. В проект было инвестировано около 1,85 млн. рублей. По подсчетам инвестиции окупятся через шесть лет; 2) ферма на солнечных батареях мощностью – 70 кВт, деревня Рагозино Логойского района, Минская область. Станция включает 280 солнечных батарей и три инвертора. Ферма рассчитана на 400 голов скота. Потребность одного коровника с доильным отделением составляет 40 кВт·ч. Летом батареи позволяют перекрыть потребности этого коровника, а также соседнего. Зимой такая станция может выдавать около 10-20 кВт, остальное берут из сети. Размер инвестиций в станцию, около 100 тыс. рублей, а окупиться она должна примерно за 8 лет. Такая станция проработает не менее 25 лет. Несмотря на пасмурную погоду, солнце может не появляться из-за туч, батареи все равно впитывают солнечную радиацию и выдают 15% энергии от всей своей мощности. Этого хватает для такой фермы. В солнечную погоду батареи дают энергии в 3 раза больше, чем нужно. Излишки уходят через электросети на нужды ближайших деревень.

### **Основная часть**

В ходе проведения исследований, было определено, что один из самых рациональных способов повышения эффективности солнечной энергоустановки является постоянное ориентирование солнечных панелей за солнцем. Но, на сегодняшний день, это установка является достаточно затратной и как следствие, увеличивает срок ее окупаемости. Поэтому в данной статье предлагается использовать изменение угла наклона солнечных панелей в течении года, что для сельскохозяйственных объектов является наиболее рациональным и менее затратным.

Эффективнее всего панели работают только тогда, когда их поверхность ориентирована перпендикулярно падающему солнечному потоку. Также на ориентацию панелей сильно влияет и сезонное положение солнца. Зимой, солнце не падает под тем же углом на солнечную панель, как летом. Солнечную панель летом необходимо располагать более горизонтально, чем зимой. Поэтому угол наклона летом выбирается меньше, чем для работы зимой. Для каждой широты есть свой оптимальный угол наклона солнечной панели. Для весны и осени оптимальный угол наклона равен значению широты местности. Для зимы к этому значению прибавляется 10-15 градусов, а летом от этого значения отнимается 10-15 градусов.

Поэтому обычно рекомендуется менять дважды в год угол наклона с «летнего» на «зимний» (рисунок 1). Если такой возможности нет, то угол наклона выбирается примерно равным широте местности. Небольшие отклонения до 5 градусов от этого оптимума оказывают незначительный эффект на производительность модулей. Проводить смену угла наклона на летний вариант лучше в середине апреля, на зимний – в начале октября. Чтобы иметь возможность корректировать угол наклона, стоит монтировать панели не на крыше, а на отдельных рамах-стойках.

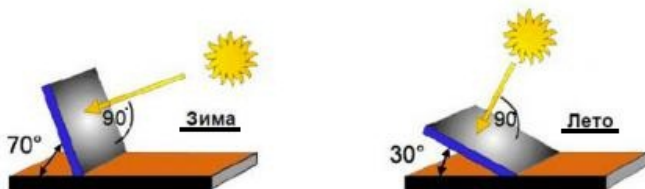


Рисунок 1. – Угол наклона солнечных панелей в зависимости от времени года

### **Заключение**

В данной статье предложен один из рациональных вариантов повышения эффективности энергетических установок для сельскохозяйственных объектов. Таким образом, для повышения эффективности и конкурентной способности солнечных энергетических установок, необходимо:

- проводить изменения угла наклона солнечной панели в течение года;
- размещать на рамах-стойках, где без труда можно изменить угол наклона панели, а также в ясные дни не допустить снижение эффективности в результате повышения температуры модуля, что позволит повысить производительность системы фактически на 20%.

### **Список использованной литературы**

1. Государственная программа модернизации основных производственных фондов белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов в 2006–2010 годах. — Минск, 2005.

2. Дорофейчик, А.Н. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие для специальностей: "Электроэнергетические системы и сети", "Электрические станции" / А.Н. Дорофейчик. — Гродно: Гродненский гос. ун-т им. Янки Купалы, 2013. — 181 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА НАГРЕВАНИЯ МОЛОКА В СЫРНОЙ ВАННЕ**

Е.С. Демосюк

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

### **Введение**

Производство сыров одной из важнейших отраслей пищевой промышленности страны. Современные требования к технологии производства сыров включают необходимость программного поддержания температуры в сырной ванне [1]. В то же время, на точность температурного режима оказывает негативное влияние нестабильность динамических параметров ванны, обусловленная различными химическими показателями продукта – жирностью и т.д. При этом, нагревание сырного зерна является одним из самых энергозатратных технологических процессов при производстве сыра. Целью настоящего исследования был поиск возможных резервов повышения энергоэффективности процесса нагревания сырного зерна за счет использования адаптивного принципа автоматического управления температурой молока.

### **Основная часть**

На основе анализа экспериментальных данных и научной литературы [2] была принята динамическая математическая модель сырной ванны как объекта регулирования температуры в виде апериодического звена 1-го порядка [3] с неопределенностью коэффициента преобразования и постоянной времени вследствие возможных изменений жирности молока. Для компенсации влияния параметрической неопределенности объекта управления в системе был использован принцип адаптивного управления с эталонной моделью (рисунок 1).

В качестве блока адаптации в данной работе предлагается использовать пропорционально-дифференциальное звено на основе реального ПИД-регулятора [3].

Исследование качества регулирования температуры нагревания молока в предлагаемой адаптивной системе было выполнено мето-

дом компьютерного моделирования с использованием программного пакета динамического моделирования *Simulink* [3]. Для моделирования параметрической неопределенности объекта управления предполагалось 5-кратное возможное изменение параметров математической модели объекта, как в меньшую, так и в большую стороны от соответствующих номинальных (эталонных) значений.

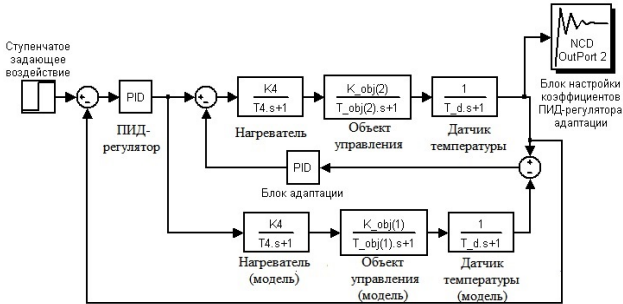


Рисунок 1. – Динамическая модель адаптивной системы автоматического регулирования в среде *Simulink*

В результате проведенных исследований было установлено, что использование в системе нагрева молока адаптивного управления с эталонной моделью позволяет в значительной мере исключить влияние параметрических неопределенностей объекта управления на качество регулирования температуры молока (рисунок 2).

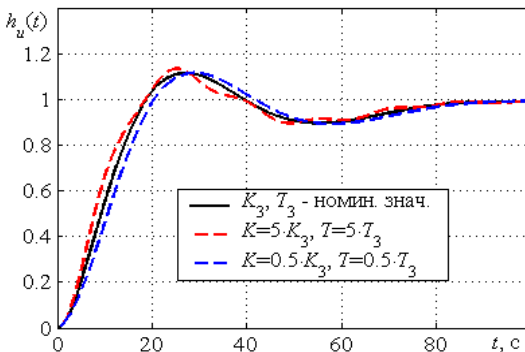


Рисунок 2. – Результаты численного моделирования работы адаптивной САР температуры при отклонениях динамических параметров объекта управления от номинальных значений  $K_3, T_3$

## **Заключение**

Это позволит более точно поддерживать температуру нагревания молока на уровне требуемых технологией значений и, в конечном счете, повысить энергоэффективность и улучшить качество обработки молока.

### **Список использованной литературы**

1. Карпеня, М.М. Технология производства молока и молочных продуктов: учеб. пособие / М.М. Карпеня, В.И. Шляхтунов, В.Н. Подрез. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014. – 410 с.
2. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования, издание третье, исправленное. Бесекерский В.А., Попов Е.П., издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1975. - 768 стр.
3. Ощепков А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 208 с.

УДК 620.97

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНЦЕНТРАТОРНЫХ СИСТЕМ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВКАХ**

В.И. Мирончук, В.М. Андрианов, д.ф.-м.н.

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

### **Введение**

Использование возобновляемых источников энергии является одним из приоритетных направлений в современном мире, в связи с негативным влиянием традиционной энергетики на окружающую среду, а также с исчерпаемостью ископаемых энергоресурсов. Экологически чистая солнечная энергия, является мощным поставщиком энергии и как следствие наиболее выгодным и перспективным возобновляемым энергоресурсом. На сегодняшний день, достаточно много предложено вариантов использования солнечной энергии, например в виде солнечных батарей или концентрирующих систем. Солнечная энергетика имеет достаточно большой ряд преимуществ, но есть и недостатки, такие как малая плотность мощности.

Этот показатель, один из важных параметров источника электроэнергии, который измеряется в Вт/м<sup>2</sup> и характеризует количество энергии, полученное с единицы площади энергоносителя. Плотность мощности для солнечного излучения составляет 170 Вт/м<sup>2</sup>, что является больше, чем у прочих возобновляемых природных ресурсов, но меньше чем у нефти, газа, угля и атомной энергетики. В связи с этим, для получения 1 кВт электроэнергии из солнечного излучения, требуется значительная площадь для солнечных модулей. Одним из вариантов решения этой проблемы, является создания концентраторных солнечных энергетических установок, которые позволили бы повысить показатель плотности мощности солнечных элементов и КПД установки в целом.

При использовании солнечных энергетических установок в сельском хозяйстве более перспективным методом преобразования солнечной энергии в электрическую, является преобразование с помощью солнечных элементов, которое в свою очередь может достигаться двумя способами, это концентрированное и неконцентрированное преобразования солнечной энергии. Данные способы преобразования энергии являются перспективными. Так же, фотоэлектрические системы электроснабжения для сельскохозяйственных потребителей экономически эффективнее традиционных дизельных электростанций, экологичны, бесшумны, не требуют периодического обслуживания и могут работать в автоматическом режиме.

Основные виды концентраторных систем: отражающие концентраторы (зеркальные системы с образующими в форме кривых второго порядка прямой), преломляющие концентраторы (линзы Френеля, голограммы). Недостатком данных концентраторных систем, для обеспечения эффективной работы модуля является необходимость постоянной ориентации панели за Солнцем. Обеспечить это можно с помощью установки в конструкции дополнительного модуля систем слежения и охлаждения. А это в свою очередь влияет на надежность работы энергетической станции и усложняет эксплуатацию и обслуживание станции в целом. Поэтому, наиболее перспективным, будет использование стационарных концентраторов с гелиостатными системами, которые позволят повысить суммарную выработку электроэнергии, упростить конструкцию и повысить надежность солнечных энергоустановок.

### **Основная часть**

В ходе проведенных исследований было определено, что одним из рациональных способов увеличения потока солнечной энергии и

повышением времени работы стационарных концентраторов, есть установка на фотоэлектрический модуль системы многоугловых жалюзийных гелиостатов (рисунок 1). Коррекцию данной системы можно производить по угловому склонению Солнца по высоте и по часовому изменению углов инсоляции. Применение гелиостатных систем, которые состоят из единичных гелиостатов, совершающих синхронное вращение, обеспечивая тем самым параллельность, что позволяет сформировать отраженный поток солнечной энергии в параллельном направлении.

Многоугловой жалюзийный гелиостат, представляет собой набор зеркальных полос, которые образуют угол  $\varphi$ . Для определения оптимального угла между пластинами гелиостатов необходимо выполнение условия, которое описывается выражением:

$$\tau = \gamma - 2\chi + 90^{\circ},$$

где  $\tau$  – угол между осью Восток-Запад и максимальным предельным лучом поля зрения концентратора;  $\gamma$  – угол склонения Солнца, который падает в параметрический угол зрения в меридиальной плоскости;  $\chi$  – угол наклона жалюзи от оси Восток-Запад.

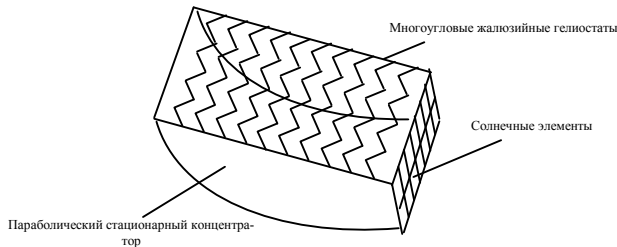


Рисунок 1. – Вид параболического стационарного концентратора с системой многоугловых жалюзийных гелиостатов

По произведенным расчетам для максимального попадания солнечного света на концентратор, необходимо создать оптимальным углом раскрытия между двумя пластинами гелиостата порядка  $120^{\circ}$ .

### Заключение

В статье предложен один из вариантов повышения эффективности концентраторных солнечных энергетических установок, который по сравнению с другими вариантами, более экономически выгоден и в тоже время надежный в эксплуатационном плане.

Использование многоугловых жалюзийных гелиостатов в стационарных концентраторных солнечных энергоустановках, позволит повысить поток солнечного излучения, который обеспечит эффективное преобразование солнечного энергии в электрическую и тем самым повысит надежность, и снизит себестоимость солнечной энергетической установки.

#### **Список использованной литературы**

1. Амерханов, Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных электрических установок с использованием возобновляемых источников энергии / Р.А. Амерханов. – М.: КолосС. – 2003. – 532 с.

2. Базарова, Е. Г. Солнечный параболоцилиндрический модуль с системой жалюзийных гелиостатов / Е.Г. Базарова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. – № 7. – С. 40-41.

УДК 631.172(07)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В АГРОГОРОДКАХ**

С.А. Дежиц

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

### **Введение**

Рост промышленного производства, сопровождаемый истощением запасов ископаемых источников энергии и ухудшением экологической обстановки, вызывает необходимость поиска новых способов энергообеспечения, в том числе солнечной энергетике.

Использование солнечной энергии повсеместно развивается в стремительном темпе. Применение фотоэлектрических модулей совместно с сетью выросло на 60% за последнее десятилетие, солнечного горячего водоснабжения - на 19%.

Повышение внимания к нетрадиционным источникам энергии обусловлено следующими причинами: энергетическая безопасность страны; истощаемость традиционных ископаемых энергоносителей; преодоление угрозы изменения климата.

Применение солнечной энергии осуществляется по двум направлениям:

- путем преобразования солнечной энергии в тепловую и ее использование ее в нагревательных системах. Такая энергия применяется в качестве источника для горячего водоснабжения, отопления и прочих хозяйственно-бытовых нужд.

- в системах непрямого и прямого преобразования в электрическую энергию, основанного на принципе фотоэффекта. Электрическая энергия, вырабатываемая фотоэлектрическими преобразователями, используется, к примеру, для освещения, работы телевизора или радио. Более мощные системы могут также питать водяной насос, радиостанцию, холодильник, электроинструмент и т.п.

### **Основная часть**

Альтернативой этим направлениям может служить комбинирование фотоэлектрических преобразователей с солнечными коллекторами. Такие установки называются фотоэлектрическими тепловыми модулями (ФЭТ) – это устройство, одновременно преобразующее энергию солнца в тепло и электричество, что дает возможность автономного обеспечения энергией потребителей агрогородков. (рисунок 1).

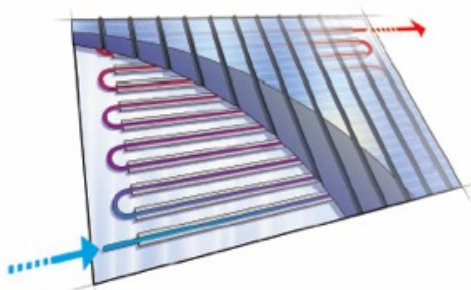


Рисунок 1. – Фотоэлектрический тепловой модуль

С его помощью возможно обеспечение гарантированного минимума энергоснабжения населения агрогородков в зонах неустойчивого централизованного энергоснабжения и предотвращение ущерба от аварийных и ограничительных отключений.

Основными конструктивными элементами устройства являются: фотоэлектрическая панель, абсорбер, резервуар с теплоносителем, прозрачная изоляция, теплоизоляционный пенал.

Преимущество модуля заключается в простоте, возможности изменения вырабатываемой мощности, высокой эффективности и уни-

версальности, что имеет значение для потребителей агрогородков. Необходимо учитывать существующие недостатки. Панели требуют ухода, поскольку снег, пыль или птичий помет, тени от высоких деревьев и соседних домов могут снизить количество солнечного света. Во-вторых, неравномерность поступления энергии в сеть. Отсюда возникает потребность в приобретении аккумуляторов.

В Республике Беларусь данная разработка еще не получила широкое применение в отличие от стран дальнего зарубежья.

Современный уровень технологий позволяет рассматривать солнечную энергию в агрогородках как дополнительный источник. Однако, интенсивность солнечного излучения в Республике Беларусь изменчива: количество ясных дней в году колеблется от 30–35 на северо-западе до 40–42 на юго-востоке. Наибольшую выработку энергии приносят май, июнь и июль, когда в отсутствии облаков солнце светит до 16 часов в сутки.

Потенциальная эффективность применения солнечных модулей в Беларуси на 17% выше, чем в Германии за счет благоприятных метеорологических условий. Развитие солнечной энергетики прежде всего сдерживает стоимость. Если возрастет цена природного газа, то солнечная энергетика будет сопоставима.

### **Заключение**

Для сравнения, в Германии и в Беларуси солнечное излучение примерно одинаково. Но там солнечные панели устанавливаются повсеместно. Выгода строительства и дальнейшая эксплуатация солнечных установок зависит не столько от количества солнечных дней в году, сколько от тарифов на электроэнергию.

Приобретение панелей для личного пользования целесообразно в том случае, когда дом спроектирован так, чтобы использование тепло- и электроэнергии было максимально эффективным. Эта эффективность достигается правильным выбором участка под строительство, конструкцией дома и его ориентацией по сторонам света, системой утепления и монтажа. В противном случае использование ВИЭ не имеет смысла.

Срок окупаемости солнечной станции для индивидуального пользования на сегодняшний день составляет порядка 10 лет, но в некоторых случаях полноценной альтернативы нет.

### **Список использованной литературы**

1. Гибридные ФЭТ (PVT) - технологии в солнечной энергетике  
// Возобновляемые источники энергии: лекции ведущих специали-

стов. Выпуск 5; под общ. ред. А.А. Соловьева, С.В. Киселевой. — М.; ЧеРо, 2008. — с. 99-11.

2. Нетрадиционные источники энергии: учебное пособие / Ю.А. Лосюк, В.В. Кузьмич. — Мн.: УП «Технопринт», 2005. — с. 5-73.

УДК 631.22.018

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ**

В.О. Китиков<sup>1</sup>, д.т.н., доцент, Д.С. Праженик<sup>2</sup>, Н.А. Деменок<sup>2</sup>,  
Д.А. Малявский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Национальная академия наук Беларуси,*  
<sup>2</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,*  
*г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

В настоящее время перед агропромышленным комплексом Республики Беларусь поставлена задача обеспечения устойчивого роста, производства продукции животноводства, снижения ее себестоимости. Достигнуть намеченных рубежей производства животноводческой продукции можно путем увеличения поголовья животных и повышения их продуктивности. Это потребует дополнительного увеличения количества работающих по обслуживанию технологических процессов в животноводстве. Кроме того, возрастает количество процессов и операций, где человеку трудно, а иногда и невозможно, уследить за их протеканием. Сложившийся в последнее время дефицит рабочих рук на селе предопределяет актуальность автоматизации в животноводстве, позволяющей сохранять численность обслуживающего персонала.

### **Основная часть**

Современный опыт показывает, что системы навозоудаления должны функционировать по принципу минимального перемещения навозной массы из помещений и транспортирование ее по кратчайшему пути в навозохранилище, без прямого контакта с окружающей средой. На реконструированных фермах, как правило, внедряется единая усовершенствованная технология, включающая в себя насосную установку [1].

В общем случае технология навозоудаления состоит из ряда технологических процессов, включающих в себя определенное число операций: очистка и уборка стойл животных; транспортировка навоза от мест дефекации; механизация накопителей навоза и навозохранилищ; транспортировка навоза к месту его хранения и переработки, для каждой из которых применяется различное оборудование (рисунок 1).

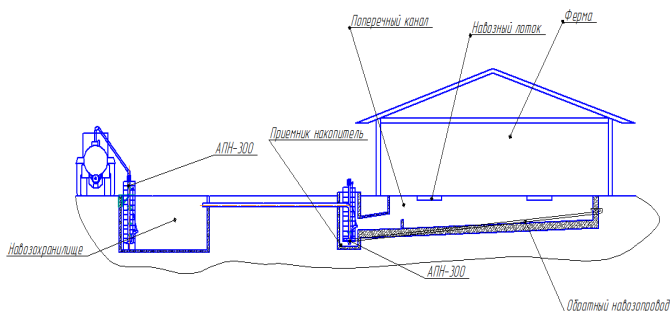


Рисунок 1. – Технологическая схема транспортирования бесподстилочного навоза

Как видно из представленной схемы имеющиеся средства механизации значительно облегчают труд оператора. Однако еще велики затраты труда на обслуживание, наблюдение за работой этого оборудования, за качеством выполнения многих операций.

Навоз, его стоки и испарения являются агрессивной средой, склонной к налипанию. Бесподстилочный навоз - коллоидная смесь, способная течь как под действием собственной массы, так и под действием сил гидростатического давления. Он обладает сложными физико-техническими характеристиками: пластической вязкостью, предельными и касательными напряжениями сдвига, гранулометрическим составом. Поскольку в среде испарений навоза медные, и особенно, алюминиевые контакты подвержены значительной коррозии, чувствительные электрические и распределительные устройства технологического оборудования необходимо размещать за пределами воздействия испарений.

Применения датчика уровня навоза в накопителе позволит плавно регулировать работу насоса. Датчик имеет меньшую трудоемкость обслуживания, так как не требуется очистка чувствительного элемента от налипающей со временем корки навоза. Его рабо-

та основана на принципе различия в теплоемкости навоза и воздуха. Датчик позволяет автоматизировать процесс наполнения и опорожнения навозных емкостей – канатов, навозоприемников, навозных хранилищ и т.д.

### **Заключение**

Автоматизация навозоудаления позволит, во многих операциях исключить или существенно облегчить труд оператора, повысить срок службы технологического оборудования. Таким образом, повышение эффективности навозоудаления позволит сделать еще один шаг на пути превращения труда работников сельского хозяйства в разновидность индустриального.

### **Список используемой литературы**

1. Новые направления развития технологий и технических средств в молочном животноводстве: материалы 13-го Международного симпозиума по вопросам машинного доения сельскохозяйственных животных. - Гомель, Республика Беларусь, 2006. - 224с.
2. Эффективный метод удаления навоза из каналов / Д.Ф. Кольга, В.С. Сыманович, Е.Д. Кольга // Агропанорама. - 2005. - N 3. - С. 28-30.

УДК 631.171

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ В АНГАРНОЙ ТЕПЛИЦЕ**

А.Н. Шибун, Е.С. Якубовская

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

### **Введение**

В условиях эффективной эксплуатации тепличного хозяйства значимым является точное обеспечение параметров микроклимата в теплице при условии полного учета влияющих факторов.

### **Основная часть**

Оптимальное значение температуры воздуха зависит от многих факторов и в первую очередь от выращиваемой культуры, стадии ее развития и уровня освещенности растений. С учетом сложности взаимосвязи параметров микроклимата в теплице и их изменения

во времени разработаны принципы и программы управления климатом теплиц в течение суток у вегетационного периода культур [1, с. 262]. На рисунке 1 представлен график изменения температуры и влажности воздуха в теплице в течение суток. В ночное время суток температура  $\Theta_{1в}$  поддерживается постоянной. За час до восхода солнца температура в теплице повышается до величины  $\Theta_{2в}$ , подсушивается воздух, и с восходом солнца вода не конденсируется на растениях и плодах, а начинается нормальный процесс фотосинтеза.

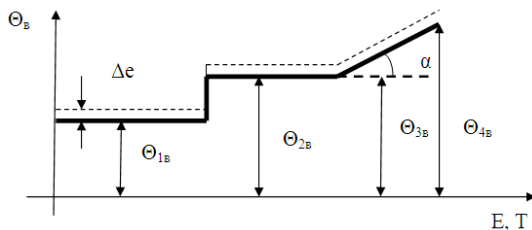


Рисунок 1. – График поддержания температуры воздуха  $\Theta_{в}$  в теплице в течение суток с учетом освещенности  $E$  и времени суток  $T$

В переходном режиме массивные части растения прогреваются медленно – отсюда опасность конденсации на них влаги и заболевания растения. Поэтому, если при переходе от ночного к дневному уровню температур не подсушивается воздух, скорость изменения температуры не должна превышать  $6^{\circ}\text{C}$  в час.

Если погода пасмурная, то в течение всего светового дня поддерживается температура  $\Theta_{3в}$ , равная температуре  $\Theta_{2в}$ . В солнечную погоду, начиная с освещенности 2 000 лк, повышают температуру в соответствии с величиной освещенности до температуры  $\Theta_{4в}$ . После этого открывают вентиляционные фрамуги, и избыток тепла уходит благодаря вентиляции. Переход от дневной температуры к ночной осуществляется после захода солнца. Угол наклона линии превышения дневных температур в солнечные дни над температурой в пасмурный день зависит от времени года, географической широты расположения тепличного хозяйства. В соответствии с увеличением освещенности и температуры в теплицах снижают температуру труб системы отопления, но снижение производят до определенного минимального уровня, обеспечивающего стимулирование движения воздуха в теплице. При превышении температуры на установленную величину  $\Delta t$  приоткрываются вентиляционные фрамуги, чтобы убрать излишки тепла.

Таким образом, в течение суток меняется заданная температура воздуха в теплице, а в течение светового дня это заданное значение температуры определяется еще и уровнем освещенности. Реализовать такое управление можно только на базе современного программируемого контроллера, который будет отслеживать показания датчиков температуры и освещенности, программно изменять заданную уставку температуры, сравнивать с ней измеренное значение и управлять исполнительными механизмами (клапаном отопления, механизмами фрамуг).

### **Заключение**

Таким образом, нормальное поддержание температурного режима в теплице требует сложного алгоритма управления исполнительными механизмами с переменным значением уставки температуры. Такой алгоритм может быть обеспечен современным логическим контроллером. Функциональной полнотой для решения такой задачи управления обладает, например, контроллер Siemens S7-1200 с подключаемой панелью оператора. Последняя обеспечит визуальный контроль параметров микроклимата в теплице.

### **Список использованной литературы**

1. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб.пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. – Минск : Новое знание, М.: ИНФРА-м, 2015. — 376 с.

УДК 631.171

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ СЫРНОЙ ВАННЫ**

В.А. Шинкевич, Е.С. Якубовская

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

### **Введение**

Для нормального протекания процесса созревания сыра в сырной ванне система автоматического управления должна обеспечить множество параметров. Однако наиболее сложной задачей является

поддержание температуры в сырной ванне, скорость нарастания которой меняется в зависимости от времени. Кроме того, должны быть предусмотрены технические средства, которые обеспечат энергосбережение в ходе процесса созревания сыра.

### **Основная часть**

По требованиям к автоматизации процесса переработки молока в сырных ваннах автоматическое управление должно предусматриваться для следующих операций [1]: заполнение емкостей молоком, внесение закваски и сычужного фермента, перемешивание в течение заданного промежутка времени заквашенного молока, выдержка его до образования сгустка, разрезание сгустка по достижении готовности (определяемой по вязкости), вымешивание сырного зерна и нагревание его по заданной программе.

Ванна заполняется в течение определенного времени молоком с одновременным введением закваски и фермента. По истечении 5 мин после заполнения ванны включается перемешивающий механизм с плавным регулированием частоты вращения мешалок. Еще через 5 мин мешалка отключается, и начинается процесс формирования сгустка, который продолжается 35–40 мин. Программой предусмотрено включение механизма несколько раз. После этого должен включиться исполнительный механизм, установленный на паропроводе для нагревания смеси зерна с сывороткой. Скорость изменения температуры должна постепенно возрастать с 0,12 °С/мин (в интервале 31–34 °С) до 0,16 °С/мин (в интервале 34–37 °С) и, наконец, до 0,2 °С/мин (в интервале 37–38 °С). Управление работой клапана, установленного на паропроводе, можно обеспечить программно с помощью контроллера при переменном аналоговом сигнале на выходе. При температуре, равной 38 °С, вступает в действие система регулирования температуры по замкнутому принципу регулирования (рисунок 1). Температура в ванне должна поддерживаться до конца обработки зерна. При  $pH$  6,05 включается насос для перекачивания смеси зерна и оставшейся сыворотки. Итак, контур поддержания температуры состоит из объекта регулирования (ванна В), датчика температуры, задатчика, элемента сравнения, регулятора и регулирующего органа – клапана непрерывного действия, изменяющего подачу пара. Задатчик, элемент сравнения, регулятор организуется программного в едином устройстве – контроллере. Однако поскольку скорость нарастания

температуры не постоянна по времени, то в программе контроллера следует изменять заданное значение также по этим интервалам времени. Для реализации программного регулятора необходимо подобрать параметры настройки регулятора и проверить, обеспечивается ли требуемое качество регулирования. Анализ качества регулирования может быть осуществлен с помощью пакета *MatLAB*, для чего функциональную схему переводим в структурную алгоритмическую, воспользовавшись математическим описанием звеньев.

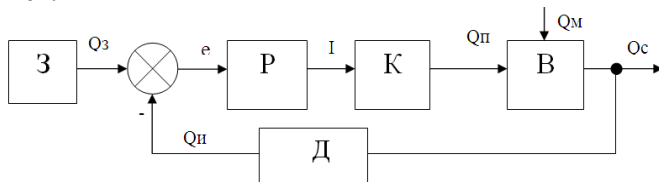


Рисунок 1. – Функциональная схема контура поддержания температуры

При подобранных параметрах настройки регулятора (коэффициент передачи  $K_p = 55.8$ , постоянная времени дифференцирования  $K_d = 14.5$ , постоянная времени интегрирования  $K_i = 0.02$ ) обеспечивается приемлемое качество регулирования, определяемое следующими параметрами: перерегулирование 18%, статическая ошибка 0% и время регулирования 36 с (значительно меньше постоянной времени объекта).

### Заключение

Таким образом, нормальное протекание процесса созревания зерна в сырной ванне требует сложного алгоритма управления клапаном на паропроводе, который может быть обеспечен современным логическим контроллером с возможностью формирования аналогового выходного сигнала. Функциональной полнотой для решения такой задачи управления обладает, например, контроллер Siemens S7-1200 с подключаемой панелью оператора. Последняя обеспечит визуальный контроль параметров процесса созревания зерна в сырной ванне.

### Список использованной литературы

1. Карпеня, М.М. Технология производства молока и молочных продуктов: учеб. пособие / М.М. Карпеня, В.И.Шляхтунов, В.Н.Подрез. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014. – 410 с.

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

Л.Т.Ткачева, к.т.н., доцент, А.Н.Мartiнович

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

### **Введение**

Теплоизоляционные конструкции являются неотъемлемой частью защитных элементов промышленного оборудования, трубопроводов, частей промышленных зданий. Благодаря изоляции значительно повышаются надежность, долговечность и эффективность эксплуатации зданий, сооружений и оборудования. Тепловая изоляция выполняет следующие функции: снижает тепловые потери в окружающую среду от объектов (здания, сооружения, оборудование, трубопроводы и др.); обеспечивает нормальный технологический процесс в аппаратах; поддерживает заданные температуры компонентов в технологических процессах; создает нормальные температурные условия для обслуживающего персонала; уменьшает температурные напряжения в металлических конструкциях, огнеупорной футеровке и т.д.

В связи с широким развитием в промышленности технологических процессов, протекающих в условиях высоких температур и давлений роль и значение тепловой изоляции непрерывно возрастают.

### **Основная часть**

Теплоизоляционные материалы должны обладать следующими свойствами: низким коэффициентом теплопроводности; небольшой плотностью; высокой термостойкостью-прочностью; низкой гигроскопичностью; антикоррозионностью; безвредностью; низкой стоимостью. При выборе материалов учитываются также показатели горючести теплоизоляционного слоя и защитного покрытия, а также поведение теплоизоляционной конструкции в условиях пожара в целом.

*От правильного выбора тепловой изоляции* во многом зависит реализация одного из основополагающих принципов – требования энергоэффективности и безопасности для обслуживающего персонала, а также сохранение параметров технологического процесса в заданных пределах. Надежность, долговечность теплоизоляционной конструкции их безопасная эксплуатации и необходимый уровень энергосбережения во многом зависят от качества проектирования. Проектирование следует осуществлять на основании действующих нормативных документов, среди которых основным является ТКП 45-4.02-129-2009 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов». Технические решения тепловой изоляции промышленного оборудования многообразны как по видам применяемых материалов, так и по конструкциям. Так, для тепловой изоляции вертикальных и горизонтальных технологических аппаратов и теплообменников применяются конструкции на основе волокнистых теплоизоляционных материалов с применением приварных штырей или проволочного каркаса

При выборе теплоизоляционного материала необходимо стремиться применять материалы с низкой теплопроводностью, что обеспечит требуемый тепловой поток при минимальной для этих условий толщине.

В задачу данной работы входило проектирование тепловой изоляции обжарочного аппарата барабанного типа, предназначенного для обжарки солода инфракрасным излучением с использованием перегретого пара, при производстве темных сортов пива.

Для решения данной задачи был выполнен комплексный анализ современных теплоизоляционных материалов. К наиболее распространенным изоляционным материалам относятся: минеральная вата, стеклянное волокно (стекловолокно) известково-кремнеземистые плиты, вспененный синтетический каучук, пенополиуретан, маты из стеклянного штапельного волокна.

Далее с помощью инженерной методики, учитывающей теплофизические свойства материалов, термическое сопротивление изолированной стенки, температуру теплоносителя и окружающей среды, условия теплообмена на внутренней и внешней поверхностях изоляции были выполнены сравнительные практические расчеты толщины теплоизоляции. Расчеты показали, что при выборе теплоизоляционного материала для изоляции обжарочного аппара-

та предпочтение следует отдать пеноподиуретану, при этом толщина теплоизоляции должна быть не менее 18 мм. Однако, как показали исследования свойств теплоизоляции, пенополиуретан имеет верхний диапазон применения до +130°C. При более высоких температурах пенополиуретан разлагается с выделением токсичных веществ (цианидов). Т.к. температура при обжарке солода внутри барабана 170-180 °С, то окончательно для экспериментальных исследований в качестве теплоизоляции были выбраны минеральная (базальтовая) вата и маты из стеклянного штапельного волокна.

С целью проверки адекватности расчетных значений необходимой толщины теплоизоляции была проведена серия экспериментальных исследований на специальном стенде, где определялась температура наружной стенки обжарочного аппарата в зависимости от толщины теплоизоляции. Температура обжарки внутри барабана при проведении исследований изменялась в диапазоне от 160 до 180°C. Для исследований использовались минеральная (базальтовая) вата и маты из стеклянного штапельного волокна толщиной 15мм, 20 мм, 25 мм, 30 мм, 35 мм и 40 мм. Экспериментальные данные сравнивались с расчетными значениями толщины изоляции.

### **Заключение**

Результаты экспериментов показали, что наиболее приемлемым теплоизоляционным материалом для обжарочного оборудования являются маты из стеклянного штапельного волокна.

Кроме того, на основании экспериментальных данных можно сделать вывод, что толщина матов из стеклянного штапельного волокна должна быть не менее 30 мм. При данных значениях обеспечивается температура на поверхности рабочей камеры обжарочного аппарата 42 °С, что является допустимым согласно существующим санитарно-гигиеническим нормам.

### **Список использованной литературы**

1. ТКП 45-4.02-129-2009 – Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Утвержден и введен в действие приказом Минстройархитектуры от 29.12.2009 № 441.

**СЕКЦИЯ 4**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**  
**РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ**  
**МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

УДК 631.3:635

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ**  
**МАШИН ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРИСТВОЛЬНЫХ ПОЛОС**

И.Г. Смирнов<sup>1</sup>, к.с.-х.н.; Н.Н. Романюк<sup>2</sup>, к.т.н., доцент;  
Д.О. Хорт<sup>1</sup>, к.с.-х.н.; Р.А. Филиппов<sup>1</sup>, к.с.-х.н.; С.В. Есипов<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»;  
г. Москва, Российская Федерация  
<sup>2</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

**Введение**

Одной из составных частей технологии выращивания плодовых и ягодных культур является технологический процесс обработки почвы в многолетних насаждениях. Качество его выполнения определяется показателями, которые зависят от функциональных возможностей применяемых технических средств.

**Основная часть**

Оригинальная фреза с выносной секцией [1] предназначена для сплошной обработки почвы и уничтожения сорняков в междурядьях виноградников и садов интенсивного типа (рисунок 1).



Рисунок 1. – Фреза универсальная с выносной секцией

Определим ширину захвата фрезерной секции  $B_p$  (рисунок 2)

$$\begin{cases} B_p = 2(e + e') + d_\sigma \\ B_p = k \cdot d_\sigma \end{cases}, \quad (1)$$

где  $e$  – ширина защитной зоны, м;  $e'$  – перекрытие линии ряда, м;  $d_\sigma$  – диаметр фрезерного барабана, м;  $k$  – количество фрезерных барабанов на корпусе, шт.

На основе уравнений (1) установлено, что для обработки полосы необходимой ширины, с учетом перекрытия, достаточно разместить на поворотном корпусе четыре барабана диаметром  $d_\sigma=0,32$  м.

Уравнение абсолютного движения точки  $A_{ij}$ , принадлежащей  $j$ -му ножу  $i$ -го вертикального ротора, при обходе штамба (рисунок 3) имеет вид

$$\begin{cases} X_{ij} = l_i \cos(\Phi + \Delta\Phi_i) + r_i \cos \alpha_{\rho ij} \\ Y_{ij} = -l_i \sin(\Phi + \Delta\Phi_i) + \mathcal{G}_n t + r_i \sin \alpha_{\rho ij} \end{cases}, \quad (2)$$

где  $l_i$  – расстояние от центра  $i$ -го барабана до оси подвеса корпуса, м;  $r_i$  – радиус точки  $i$ -го барабана, м;  $\Phi$  – текущий угол поворота корпуса, рад;  $\Delta\Phi_i$  – исходный угол поворота  $i$ -го барабана относительно оси подвеса (угловой сдвиг  $i$ -го барабана), рад;  $\mathcal{G}_n$  – поступательная скорость движения агрегата, м/с;  $t$  – текущее время, с;  $\alpha_{\rho ij}$  – текущий угол поворота  $j$ -го ножа на  $i$  барабане, рад.

Абсолютная скорость движения ножа, она же скорость резания  $\mathcal{G}_{\rho ij}$ , определится из системы уравнений

$$\begin{cases} \mathcal{G}_{xij} = -l_i \Omega \sin(\Phi + \Delta\Phi_i) - r_i \omega_i \sin \alpha_{\rho ij} \\ \mathcal{G}_{yij} = -l_i \Omega \cos(\Phi + \Delta\Phi_i) + \mathcal{G}_n + r_i \omega_i \cos \alpha_{\rho ij} \end{cases}, \quad (3)$$

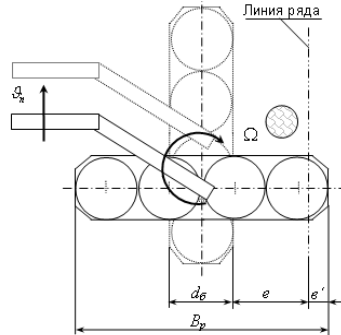


Рисунок 2. – К обоснованию ширины захвата рабочих органов

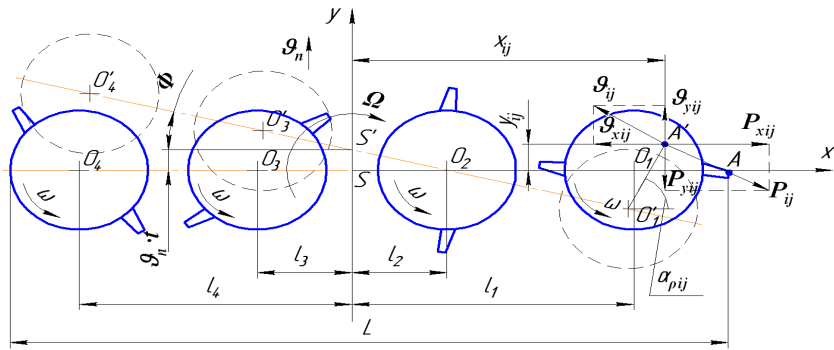


Рисунок 3. – К обоснованию кинематики и динамики рабочих органов при обходе штамба

где  $\Omega$  – угловая скорость поворота корпуса при обходе штамба,  $c^{-1}$ ;  $\omega_i$  – угловая скорость вращения  $i$ -го ротора относительно неподвижной системы координат,  $c^{-1}$ .

Реакцию со стороны почвы  $P_{ij}$  на нож вертикального ротора можно представить в виде суммы сопротивлений отрезанию  $P_{резij}$  и отбрасыванию  $P_{отбij}$  стружки

$$P_{ij} = P_{резij} + P_{отбij} = (k_{ij} + \frac{1}{2} \rho \cdot k_v \cdot g_{pij}^2) \cdot S_{lij}, \quad (4)$$

где  $k_{ij}$  – твердость почвы,  $H/m^2$ ;  $\rho$  – плотность почвы,  $кг/м^3$ ;  $k_v$  – коэффициент деформации почвы;  $S_{lij}$  – площадь проекции ножа,  $m^2$ .

Суммарный момент, действующий на поворотный корпус относительно оси подвеса, определяется по формуле

$$M = \sum_{ij} [P_{yij} \cdot X_{ij} + P_{xij} (Y_{ij} - g_n t)], \quad (5)$$

где  $P_{yij}$ ,  $P_{xij}$  – проекции реактивной силы на оси неподвижной системы координат, Н.

Дифференциальные уравнения движения корпуса при обходе штамба имеют вид:

$$J \frac{d\Omega}{dt} = M; \quad \frac{d\Phi}{dt} = \Omega; \quad \frac{d\varphi}{dt} = \omega, \quad (6)$$

где  $J$  – момент инерции корпуса,  $кг \cdot м^2$ .

Численное моделирование процесса обхода штамбов методом Эйлера с нулевыми начальными условиями позволило получить траекторию движения ножей поворотной секции при обработке почвы в ряду деревьев (рисунки 4 и 5). Точка  $A$  правой половины корпуса, находящейся в линии ряда, в результате поворота переместится в точку  $A'$ . При этом левая половина корпуса (точка  $B$ ) заходит в ряд деревьев, но уже с другой стороны штамба (точка  $B'$ ).

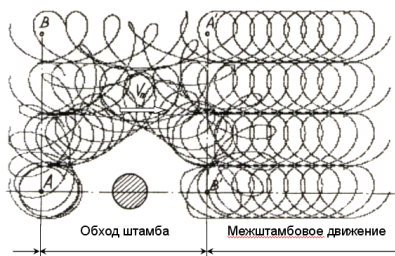


Рисунок 4. – Траектории движения ножей поворотной секции при обработке почвы в ряду деревьев

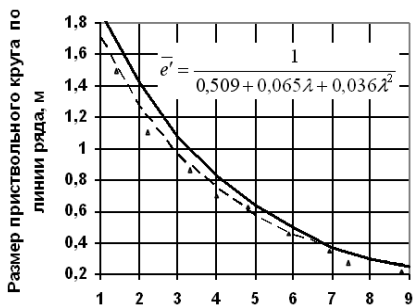


Рисунок 5. – Зависимость пути  $e'$ , от кинематического показателя фрезы  $\lambda$  :  
(—) теоретическая,  
(---) экспериментальная

Основным условием работоспособности машины является соответствие пути, проходимого за время поворота секции на  $180^\circ$ , размеру защитного приствольного круга по ходу движения  $e' = 0,51$  м. Это условие выполнимо при соотношении окружной и поступательной скоростей рабочих органов  $\lambda = 5,8$ .

График изменения мощности, расходуемой на фрезерование почвы по мере продвижения вдоль ряда (рисунок 6), показывает, что при обходе штамба энергоёмкость процесса падает. Это объясняется уменьшением ширины захвата рабочих органов.

Отслеживание положения ножа в почве, в обработанной или необработанной ее части, позволило установить зависимость площади обработанных зон от параметров и режимов работы устройства. Установлено (рисунок 7), что только при установке на каждом барабане четырех ножей с шириной захвата  $b_0 = 0,07$  м наблюдается подрезаемость сорняков, соответствующая агротребованиям.

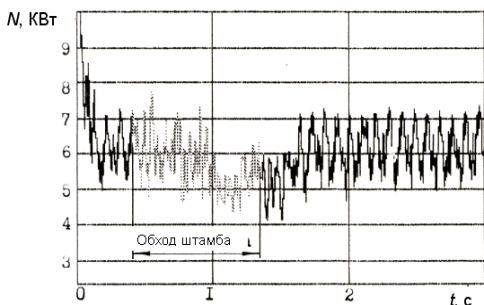


Рисунок 6. – Зависимость мощности  $N$  на фрезерование почвы, от времени  $t$

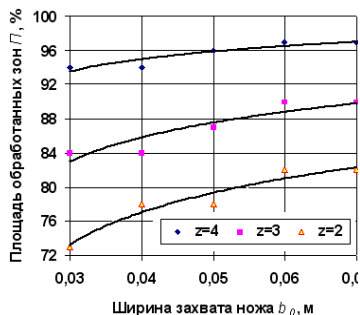


Рисунок 7. – Зависимость площади обработанных зон  $\Pi$  от количества ножей на барабане  $z$  и ширины захвата ножа  $b_0$

### Заключение

Предложена оригинальная конструкция выносной секции фрезы садовой, использование которой позволит повысить точность и качество обработки межствольной зоны междурядий садовых насаждений. Проведенные исследования позволили установить, что для обработки полосы необходимой ширины, с учетом перекрытия, достаточно разместить на поворотной секции четыре фрезерных барабана. Численное моделирование процесса обхода штамбов методом Эйлера с нулевыми начальными условиями позволило получить траекторию движения ножей поворотной секции при обработке почвы в ряду деревьев. Установлено, что при установке на барабане четырех ножей с шириной захвата  $b_0 = 0,07$  м наблюдается полная подрезаемость сорняков.

### Список использованной литературы

1. Выносная секция фрезы садовой : патент 2544378 С1 Российской Федерации, МПК А 01В 39/16 ; А 01В 33/02 / А.Ю. Измайлов (RU), Я.П. Лобачевский (RU), И.Г. Смирнов (RU), Д.О. Хорт (RU), Р.А. Филиппов (RU), Н.Н. Романюк (BY) ; заявитель ГНУ ВИМ Россельхозакадемии (RU).– № 2013153026/13 ; заявл. 29.11.2013 ; опубл. 20.03.2015 // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2015, Бюл. №8.

## **ВЫБОР ТИПА ВЕНТИЛЯТОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ НА ЕГО ПРИВОД ДЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЫСЕВА**

Ю.Л. Салапура, к.т.н., Э.В. Дыба, к.т.н.  
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Выбору типа вентилятора для пневматических высевальных систем зерновых сеялок посвящены работы В.М. Гусева, В.И. Скорлякова [1, 2], для пневматического транспортирования – М.П. Калинушкина и др. [3]. Ими рассмотрены положительные и отрицательные стороны применяемых вентиляторов в посевных машинах основных мировых производителей.

В основном применяются центробежные вентиляторы двух типов: первый – с лопатками рабочего колеса направленными вперед, и второй – с лопатками рабочего колеса направленными назад, в направлении его вращения.

Вентиляторы первого типа имеют пологую аэродинамическую характеристику, т.е. с увеличением расхода воздуха давление воздушного потока, достигающее 10 кПа изменяется незначительно, а у второго, развивающего давление до 5 кПа, резко падает (крутопадающая характеристика).

Первый тип более быстроходный и менее габаритный, хотя более энергоемкий по сравнению со вторым, находит самое широкое применение в пневматических системах высева.

### **Основная часть**

В пневматических системах высева (особенно при высевае семян и стартовой дозы минеральных удобрений) наиболее предпочтительное применение имеет первый тип, т.к. при совместном высевае семян зерновых культур с припосевной дозой гранулированных фосфорных удобрений общая массовая нагрузка увеличивается на 25...30% (максимальная норма высева семян с удобрениями достигает 500 кг/га). Это вызывает повышение аэродинамического сопротивления в транспортирующей сети, приводящее к потере дав-

ления и снижению скорости транспортирования посевного материала, от которой зависит равномерность распределения его по сошникам. Кроме этого, давление воздушного потока, развиваемое такими вентиляторами, менее чувствительно к изменению частоты вращения рабочего колеса, которое неизбежно с приводом его от вала отбора мощности или гидросистемы энергетического средства.

Мощность, затрачиваемая на привод вентилятора, определяется исходя из расхода воздуха и развиваемого давления воздушного потока [4].

Необходимое давление, развиваемое вентилятором, определяется по выражению

$$P_{\text{Вент}} = \frac{\sum \Delta P_{\text{ОБЩ}}}{1 - \frac{\Delta P_{\text{ОБЩ}}}{10^5}}, \quad (1)$$

где  $\Delta P_{\text{ОБЩ}}$  – общие потери давления, Па.

Общие потери давления равны сумме расчетных и неучтенные потерь. Величина неучтенных потерь принимается до 10-15% от расчетных.

Тогда потребляемая мощность определяется по выражению

$$N = \frac{Q_{\text{ОБЩ}} P_{\text{Вент}}}{1000 \eta_{\text{В}} \eta_{\text{ПР}}}, \quad (2)$$

где  $Q_{\text{ОБЩ}}$  – требуемый расход воздуха в сети, м<sup>3</sup>/ч;  $\eta_{\text{В}}$ ,  $\eta_{\text{ПР}}$  – соответственно КПД вентилятора и КПД привода вентилятора.

Учет мощности на привод вентилятора необходим для расчета энергетического баланса при комплектовании посевных агрегатов. Однако основным эксплуатационным показателем процесса пневмотранспортирования считаются удельные затраты энергии на перемещение единицы массы материала в единицу времени. Этот критерий позволяет дать физическую оценку в отличие от коэффициента полезного действия, не имеющего физического смысла [5].

Удельные энергетические затраты подсчитываются по энергии воздушного потока и концентрации материаловоздушной смеси:

$$N_{\text{уд}} = \frac{0,01}{\mu} \left( \frac{P_{\text{см}}}{\rho_{\text{в}}} + \frac{\omega_{\text{ср}}^2}{2g} \right), \quad (3)$$

где  $\mu$  – весовая концентрация материала, кг материала/кг воздуха;  
 $\rho_{\text{в}}$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $\omega_{\text{ср}}$  – скорость смеси, м/с;  
 $P_{\text{см}}$  – давление смеси, Па;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Это необходимо учитывать при проектировании пневматических систем высева зерновых сеялок и почвообрабатывающе-посевных агрегатов.

### **Заключение**

Правильный подбор вентилятора позволит снизить удельную энергоёмкость процесса транспортирования посевного материала, что в итоге скажется на работоспособности и общей эффективности системы высева в целом. Применительно к пневматическим системам высева зерновых сеялок наиболее предпочтительны центробежные вентиляторы с лопатками рабочего колеса направленными вперед.

### **Список использованной литературы**

1. Внуков, И.Е. Выбор вентилятора для высевающих систем зерновых пневматических сеялок / И.Е. Внуков, В.М. Гусев, Н.И. Любушко // Исследование и разработка почвообрабатывающих и посевных машин: сб. научн. стат. / ВИМ. – М., 1990. – С. 143-150.
2. Скорляков, В.И. Выбор рациональной аэродинамической схемы вентилятора для пневматических зерновых сеялок / В.И. Скорляков // Теоретические и технологические основы посева сельскохозяйственных культур: сб. научн. тр. / ВИМ. – М., 1984. – Т. 124. – С. 127-140.
3. Калинушкин, М.П. Расчет сети и подбор вентилятора с учетом влияния механических примесей к воздуху / М.П. Калинушкин // Отопление и вентиляция. – 1938. – № 8-9. – С. 13-16.
4. Зуев, Ф.Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях / Ф.Г. Зуев. – М.: Колос, 1976. – 344 с.
5. Корн, А.М. О силах, действующих на зерно при горизонтальном пневмотранспортировании / А.М. Корн // Труды ВИМ. – М., 1970. – Т.46. – С. 232-283.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАННО-ВАКУУМНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН В КАССЕТЫ**

М.Б. Гарба, А.А. Шупилов, к.т.н., доцент  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Одной из важнейших задач, решаемых овощеводческими организациями, является обеспечение сельхозпроизводителей высококачественным рассадным материалом овощных культур, предназначенных для посадки в открытый грунт. От качества получаемой рассады в значительной степени зависит урожайность овощей. Ручной способ высева семян овощных культур в кассеты является трудоемким, требующим больших затрат времени и, как следствие, не всегда обеспечивает заданное качество получения рассады. Это обусловлено тем, что по физико-механическим свойствам семена овощных культур относятся к мелкосеменным.

Применение специальных высевающих аппаратов позволяет обеспечить однозерновой высева семян в ячейки кассет и получение качественного рассадного материала.

### **Основная часть**

Конструкция высевающего аппарата значительно влияет на характер процесса высева и его соответствия агротехническим требованиям к высеву в кассеты. Для выработки оптимальной конструктивной разработки высевающего аппарата был проведен расчет для обоснования его конструктивных параметров.

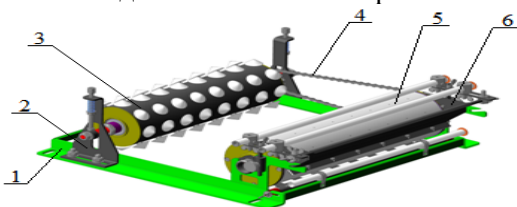
Вид предлагаемой конструкции высевающего аппарата с лункообразователем представлен на рисунке 1.

Привод высевающего барабана 5 осуществляется от лункообразователя 3, соединенных цепной передачей 4, и работающих в синхронном режиме. Количество зубьев на высевающем барабане и лункообразователе находится в соотношении 2:1.

Одним из основных параметров, определяющим процесс высева, является диаметр высевающего барабана. Для удовлетворения

предъявляемым требованиям к высевающему барабану определим его диаметр ( $d$ ), который зависит от размера используемой кассеты.

Размер кассеты, состоящей из 64 ячеек, 400x400x50 мм имеет форму прямоугольника длиной 400 мм и шириной 400 мм.



1 – каркас; 2 – стойка; 3 – лункообразователь с конусообразными пуансонами; 4 – цепная передача; 5 – высевающий барабан; 6 – бункер для семян.

Рисунок 1. – Высевающий аппарат с лункообразователем

Исходя из размера кассеты, определяется диаметр высевающего барабана, который за один оборот должен обеспечить высев семян во все ячейки кассеты. При длине кассеты 400 мм, диаметр высевающего барабана должен составлять 127 мм. Присасывание семян к отверстиям барабана происходит при их расположении в непосредственной близости от потока воздуха. При этом ставится задача создания высевающего барабана с таким диаметром присасывающего отверстия, которое могло бы обеспечить высев разных семян овощных культур (капуста, томаты, перец, баклажаны, салат, редис, петрушка и др.), возделываемых в тепличных комплексах.

Определение диаметра присасывающих отверстий  $d_{пр}$ , осуществлялась с учетом результатов исследований, полученных Чичкиным В.П. [1] по формуле

$$d_{пр} = (0,6...0,8)D_{ср}, \quad (1)$$

где  $D_{ср}$  – средний геометрический диаметр семян, определяемый по формуле (2) [2–7].

$$D_{ср} = (LWT)^{\frac{1}{3}}, \quad (2)$$

где  $L$ ,  $W$ ,  $T$  – соответственно длина, ширина и толщина семян.

Из формулы (2) определен диаметр присасывающих отверстий для трех наименований семян овощных культур. Размерные характеристики семян овощных культур определялись на основании проведенных исследований [8].

$$d_{\text{пр капуста}} = 0,7 \cdot 1,97 = 1,18 \text{ мм};$$

$$d_{\text{пр перец}} = 0,7 \cdot 1,52 = 1,06 \text{ мм};$$

$$d_{\text{пр томат}} = 0,7 \cdot 1,69 = 1,18 \text{ мм}.$$

Расположение присасывающих отверстий на барабане выполнено с учетом размерных характеристик вместо расположения ячеек в кассеты. Количество рядов отверстий на барабане соответствует их численности на барабане.

### **Заключение**

По результатам экспериментально-теоретических исследований обоснованы диаметр высевающего барабана и присасывающих отверстий для высева семян капусты, перца и томата в кассеты с 64 ячейками.

### **Список использованной литературы**

1. Чичкин В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 163с.
2. Aydin C. Physical properties of almond and kernel/ C.Aydin // Journal of food engineering. 2003. № 60. С. 315–320.
3. Jain, R. K. Properties of pearl millet/ R. K. Jain, S. Bail // Journal of Agricultural Engineering Res. 1997. № 66. С. 85–91.
4. Mohsenin N. N. Physical properties of plant and animal materials. NewYork: Gordon and Breach Science publishers. 1980. – С. 51–87.
5. Olajide J. O. Some physical properties of groundnut kernels / J. O.Olajide, J. C. Igbeka // Journal of Food Engineering. 2003. № 58. С. 201–204.
6. Tunde-Akintunde T. Y. Some physical properties of sesame seed / T. Y. Tunde-Akintunde, B. O. Akintunde // J. of Biosystems Engineering. 2004. № 88 (1). С. 127–129.
7. Vursavus K. Mechanical behaviour of apricot pit under compression loading / K. Vursavus, F Ozguven.// Journal of Food Engineering. 2004. № 65. С. 255–261.
8. Гарба М.Б. Определение основных параметров семян овощных культур, влияющих на процесс высева в кассеты барабанно-вакуумным аппаратом / М.Б Гарба // Сб. науч материалов Междунар. научно-практич. конф. Смоленск, 13 апреля: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, С. 231-234.

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛЬЦОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

И.Н. Шило, д.т.н., профессор, А.В. Гуд, В.Н. Савиных, к.т.н.,  
Н.А. Воробьев, к.т.н. н., доцент,  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### Введение

Дробление зерна вальцовыми измельчителями является весьма сложным механическим процессом и его описание на основании теоретических предпосылок, даже с некоторыми допущениями, имеет важное прикладное значение, позволяющее проследить общие закономерности дробления зерна вальцовыми машинами.

### Основная часть

В настоящем исследовании поставлена задача определить влияние основных конструктивных и технологических факторов на производительность вальцовых измельчителей с рифленой поверхностью рабочих органов. Основным принципом дробления вальцовыми рабочими органами является – скалывание, что требует придания вальцам различных окружных скоростей [1,2]. Отсюда количественная и качественная эффективность работы определяются как абсолютными, так и относительными окружными скоростями вальцов.

Проведем расчет производительности рабочих органов вальцовых измельчителей с допущением, что площадь впадин межрифленого пространства заполнена полностью. Общая производительность состоит из производительности межрифленого пространства медленно вращающегося  $Q_m$  и быстро вращающегося  $Q_b$  вальца, производительности межвальцового зазора  $Q_{cp}$

$$Q = Q_m + Q_b + Q_{cp}. \quad (1)$$

Производительность медленно вращающегося вальца может быть представлена выражением

$$Q_M = \frac{S_{\text{вп}} \cdot L}{c} \cdot V_M, \quad (2)$$

аналогично, для быстро вращающегося вальца

$$Q_6 = \frac{S_{\text{вп}} \cdot L}{c} \cdot V_6, \quad (3)$$

где  $S_{\text{вп}}$  – площадь впадин межрифленого пространства,  $\text{м}^2$ ;  $L$  – длина вальца,  $\text{м}$ ;  $c$  – шаг рифлей,  $\text{м}$ ;  $V_6$ ,  $V_M$  – соответственно окружные скорости вращения быстро и медленно вращающихся валцов.

Производительность межвальцового зазора равна

$$Q_c = \frac{L \cdot b (V_M + V_6)}{2}. \quad (4)$$

Подставив в выражение (2), (3) и (4) в (1) и проведя преобразования, получим

$$Q = 0,5 \cdot V_6 \cdot L \cdot \left(1 + \frac{1}{i}\right) \cdot \left(\frac{2 \cdot S_{\text{вп}}}{c} + b\right), \quad \left(i = \frac{V_6}{V_M}\right). \quad (5)$$

Выразим площадь впадин, согласно рисунку 1, через геометрические параметры рифлей, сделав допущение, что угол  $ABE = \alpha$ , угол  $AEB = 90^\circ$ ,  $FE = h$  и  $AB = c$ .

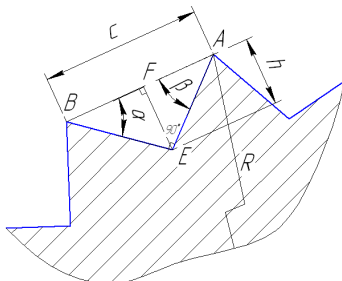


Рисунок 1. – Расчетная схема для определения площади впадин между рифлями

Тогда площадь впадины между рифлями, в первом приближении, можно выразить зависимостью

$$S_{\text{вп}} = \frac{1}{2} \cdot c \cdot h,$$

из прямоугольного треугольника  $ABE$  найдем, что

$$h = c \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha,$$

тогда

$$S_{\text{вп}} = \frac{c^2}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha, \quad (6)$$

Подставив выражение (6) в (5), получим

$$Q = 0,5 \cdot L \cdot V_6 \left( 1 + \frac{1}{i} \right) \cdot (c \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + b), \quad (\text{м}^3/\text{с}),$$

или

$$Q = 1800 \cdot L \cdot V_6 \left( 1 + \frac{1}{i} \right) \cdot (c \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + b), \quad (\text{м}^3/\text{ч}). \quad (7)$$

### **Заключение**

Полученное выражение позволяет провести анализ влияния основных конструктивных и технологических факторов на производительность вальцовых измельчителей с принятыми режимными параметрами и геометрическими параметрами рифлей.

### **Список использованной литературы**

1. Соколов, А.Я. Технологическое оборудование элеваторов, мельниц, крупяных и комбикормовых заводов / А.Я. Соколов. – Москва: Загиздат, 1984. – 384 с.
2. Иванов, А. В. Межвальцовый зазор - основной параметр процесса измельчения / А. В. Иванов, Н. В. Иванова, Ж. В. Кошак // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия : научно-методический журнал. – 2008. - № 1. - С. 82-86.

УДК 511.42

## **РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ТЕХНИКЕ И ИХ МОДЕЛИ**

И.М. Морозова, к.ф.-м.н., доцент, О.Н. Кемеш  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

В литературных источниках [1,2] описаны математические модели явлений, в которых возникают резонансы. В частности, резонанс возникает, когда при заданных известных величинах (частото-

тах)  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , при некоторых (часто целых) изменяющихся числах  $k_1, k_2, \dots, k_n$  величина  $\hat{A}(\vec{k}) = |k_1\omega_1 + k_2\omega_2 + \dots + k_n\omega_n|$  может принимать малые значения. Если  $\hat{A}(\vec{k})$  при этом находится в знаменателе дроби, который представлен в виде некоторого ряда, то это приводит к модельному резонансу.

### Основная часть

Например, [3] рассматривается математическая модель, имитирующая физические процессы при ремонте элементов трубопроводов системы выпуска отработанных газов в автотракторной технике АПК. В целях устранения резонансных явлений и для продления срока службы клеевого соединения по результатам математического моделирования подбирается в каждом конкретном случае специальный термостойкий материал с физическими характеристиками.

Рассматривается клеевая накладка прямоугольной пластиной (с линейными размерами  $a$  и  $b$  и толщиной  $h$ ), которая в пределах упругих деформаций подчиняется закону Гука. Свободные колебания такой пластины описываются уравнением

$$\rho \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} + \frac{D}{h} \Delta^2 \zeta = 0, \quad (1)$$

где  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$  – оператор Лапласа (2)

При заданных граничных условиях решением уравнения (1) является функция вида

$$\zeta_0 = A \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \quad (3)$$

Преобразуя (3) находится выражение для описания частот собственных колебаний клеевой накладки:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Eh^2}{12\rho(1-\mu^2)} \pi^2 \left[ \left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 \right]} \quad (4)$$

По полученным результатам анализируются диапазоны совпадений частоты колебаний клеевой накладки и вала двигателя, т.е. эффект резонанса.

В ряде случаев в решении данной проблемы, т.е. уточнению диапазонов совпадения частот, могут оказать помощь результаты теории диофантовых приближений. Проанализируем модель, когда резонансы одновременно возникают в нескольких различных узлах

при одинаковых возмущениях. Учитывая модельную ситуацию, будем предполагать, что зависимость между переменными выражается целочисленными полиномами. Пусть

$$P(x) = a_n x^n + \dots + a_1 x + a_0, \quad H = \max_{0 \leq j \leq n} |a_j|, \quad P(x) \in Z[x]. \quad (5)$$

Обозначим через  $L_n(\psi)$  множество точек некоторого интервала  $I = [a, b]$ , для которых неравенство

$$|P(x)| < H^{-n+1} \psi(H) \quad (6)$$

имеет бесконечное число решений в полиномах  $P(x)$  вида (5). В (6) степень полинома  $P(x)$  не превосходит  $n$ ,  $n \geq 1$ , а  $\psi(x)$  – монотонно убывающая функция положительного аргумента  $x$ . Далее  $\mu B$  – мера Лебега измеримого множества  $B \subset R^k$ ,  $k \geq 1$ . Тогда

$$\mu L_n(\psi) = \begin{cases} 0, & \text{если } \sum_{H=1}^{\infty} \psi(H) < \infty \\ b-a, & \text{если } \sum_{H=1}^{\infty} \psi(H) = \infty \end{cases} \quad (7)$$

Утверждение (7) при  $n = 1$  – это известная метрическая теорема Хинчина о приближении действительных чисел рациональными числами.

Далее  $\mu A$  – мера Лебега измеримого множества  $A \subset R^2$ .

*Теорема.* Пусть  $L_n(Q, w_1, w_2)$  – множество решений системы неравенств

$$\begin{cases} |P(x)| < Q^{-w_1} \\ |P(y)| < Q^{-w_2} \\ H(P) \leq Q, w_1 \geq 0, w_2 \geq 0. \end{cases}$$

Тогда при  $Q > Q_0(n)$  и  $w_1 + w_2 > n - 1$  и при некоторых  $c_1 = c_1(n) > 0$  и  $c_2 = c_2(n) > 0$

$$\mu L_n(Q, w_1, w_2) < c_1 \max(Q^{-w_1 - w_2 + n - 1}, Q^{-c_2}).$$

*Теорема.* Пусть  $L_n(\psi)$  – множество тех  $(x, y) \in R^2$ , для которых система неравенств

$$\begin{cases} |P(x)| < H^{-\frac{n-2}{2}} \psi^{1/2}(H) \\ |P(y)| < H^{-\frac{n-2}{2}} \psi^{1/2}(H) \end{cases}$$

имеет бесконечное число решений в целочисленных полиномах  $P(x)$ . Тогда при сходимости

ряда  $\sum_{H=1}^{\infty} \psi(H)$  множество  $L_n(\psi)$  имеет нулевую меру.

## **Заключение**

Приведенные теоремы позволяют дать точную оценку множествам чисел, которые образуют малые знаменатели, т.е. приводят к модельному резонансу.

### **Список использованной литературы**

1. Пташник, Б.И. Некорректные граничные задачи для дифференциальных уравнений с частными производными / Б.И. Пташник // Киев: Наукова думка, 1984.
2. Морозова, И.М. Приближение нуля скалярным произведением целочисленных векторов и аналитической вектор-функции И.М. Морозова // Весці АН Беларусі. Сер.фіз.-мат. наук., 1997, №2. С. 22-25.
3. Бойков, В.Ю. Балабанов, В.И. Ахметзянов, А.Ф. Математическая модель резонанса в трубопроводе системы выпуска отработанных газов после восстановления герметичности безразборным методом. В.Ю. Бойков, В.И. Балабанов, А.Ф. Ахметзянов, // [www.gosniti.ru/documents/elib/1213.pdf](http://www.gosniti.ru/documents/elib/1213.pdf) (3Кб)

УДК 631.312.44.076

## **ДВИЖЕНИЕ ПЛАСТА ПОЧВЫ ПО УКРОЧЕННОЙ ЛЕМЕШНО-ОТВАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО КОРПУСА ПЛУГА**

О.И. Мисуно, к.т.н., доцент

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

### **Введение**

Пахота – самая энергоемкая операция в растениеводстве. Применяемые в настоящее время на пахоте лемешно-отвальные плуги обладают рядом существенных недостатков. Они не всегда обеспечивают нужное качество крошения пласта, необходимую степень заделки пожнивных остатков, не дают ровной поверхности вспаханного поля. Снижение энергетических затрат на пахоте требует совершенствования технологии вспашки, создания новых орудий. Одним из эффективных путей решения поставленных задач является применение плугов с комбинированными рабочими органами.

## Основная часть

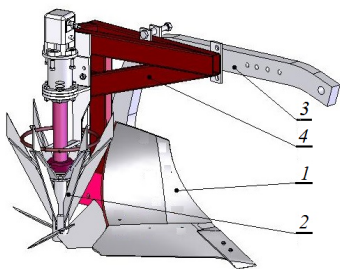
Комбинированный рабочий орган состоит из стандартного плужного корпуса, широко применяемого в настоящее время, у которого укорочена лемешно-отвальная поверхность 1 и активного вертикального ротора 2, монтируемого посредством кронштейна 4 на грядиле 3 (рисунок 1). Пассивная часть комбинированного корпуса отрезает пласт почвы в продольно-вертикальной плоскости от стенки борозды и частично в плоскости дна борозды. При вспашке только процесс отделения пласта от массива осуществляется пассивными корпусами за счет тягового усилия трактора, а операции крошения, перемешивания, оборота и укладки пласта в борозду производятся активными роторами за счет мощности двигателя. При этом снижается тяговое сопротивление плуга и возрастает качество обработки почвы. Для определения мощности, необходимой на выполнение технологического процесса ротором, требуется определить относительную траекторию движения пласта по укороченной лемешно-отвальной поверхности и скорость пласта почвы в момент его схода с отвала. Угол наклона траектории движения пласта  $\varepsilon$  к образующей отвала (рисунок 2) определяется выражением:

$$\varepsilon = 1,08\theta, \quad (1)$$

где  $\theta$  – угол наклона образующей к стенке борозды.

Покажем т.  $C$  (рисунок 2), которая лежит в плоскости стенки борозды и совпадает с верхней точкой отвала. Выберем систему координат: ось  $x$  направим по ходу движения корпуса, ось  $y$  – перпендикулярно дну борозды и совпадает с т.  $C$ , ось  $z$  – перпендикулярно стенке борозды. Точку пересечения оси  $z$  с лезвием лемеха обозначим  $A$  и проведем линию  $AC$ . Под углом  $\varepsilon$  через точки  $B$  и  $K$  проведем траекторию движения пласта (т.  $K$  лежит на линии  $AC$ ).

Обоснованно можно допустить, что почва перемещается по укороченному отвалу (траектория  $BK$ ), как по трехгранному клину. Вектор скорости точки пласта почвы  $v_{\text{п}}$  лежит в плоскости  $ABC$ , которая является касательной к лемешно-отвальной поверхности в точке  $K$ . Положение этой плоскости  $ABC$  определяется в пространстве углами  $\theta$  и  $\gamma$ . Угол  $\gamma$  заключен между плоскостью  $ABC$  и дном борозды. Прямая  $OD$  перпендикулярна лезвию лемеха.



1 – лемешно-отвальная поверхность;  
 2 – активный вертикальный ротор;  
 3 – грядиль; 4 – кронштейн  
 Рисунок 1. – Комбинированный  
 рабочий орган плуга

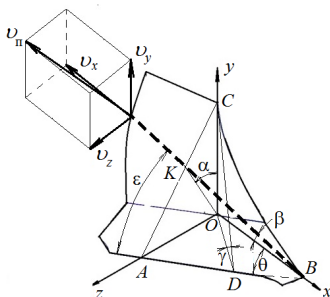


Рисунок 2. – Схема для определения скорости движения пласта почвы при сходе с укороченной лемешно-отвольной поверхности плуга

Для нахождения составляющих скорости спроецируем вектор  $v_{\text{п}}$  на координатные оси  $x, y, z$ :

$$v_x = v_{\text{п}} \cos \beta, \quad (2)$$

$$v_y = v_{\text{п}} \cos \alpha \sin \beta, \quad (3)$$

$$v_z = v_{\text{п}} \sin \alpha \sin \beta, \quad (4)$$

где  $\beta$  – угол между прямой  $AK$  и осью  $x$ ;  $\alpha$  – угол между осью  $y$  и проекцией прямой  $AK$  на плоскости  $zoy$ .

Принимаем во внимание, что составляющая скорости перемещения точки пласта почвы в направлении оси  $x$   $v_x$  равна линейной скорости движения корпуса (плуга)  $v$ , а также взаимосвязь между тригонометрическими функциями углов получим:

$$v_x = v, \quad (7)$$

$$v_y = \frac{v}{\cos \beta} \sqrt{\sin^2 \theta - \sin^2 \varepsilon}, \quad (8)$$

$$v_z = \frac{v}{\cos \beta} \sin \gamma \sin \varepsilon. \quad (9)$$

Таким образом, формулы (7)–(9) позволяют определить составляющие скорости перемещения пласта почвы при сходе с укороченной лемешно-отвольной поверхности в зависимости от ее геометрии и скорости движения плуга.

## Заключение

Установленная траектория и полученные зависимости для определения скорости движения пласта почвы при сходе с укороченной лемешно-отвальной поверхности могут быть применены при проектировании рабочих органов и проведении исследований затрат мощности, необходимой на выполнение технологического процесса роторами комбинированного плуга.

### Список использованной литературы

1. Исследование эксплуатационных показателей плуга с комбинированными рабочими органами / Мисуно О.И., Легенький С.А., Оскирко А.И.. Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК : докл. респ. науч.-практ. конф. на 21-й Международной специализированной выставке «Белагро-2011» (г. Минск, 9 июня 2011 г.) / М-во сел. хоз. и прод. РБ, РО «Белагросервис», УО БГАТУ; редкол: Н.А. Лабушев и [др.] – Минск : ГИВЦ Минсельхозпрода, 2012.

УДК 631.363

## ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ НАВЕШИВАНИЯ ШТАНГИ И ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЕМПФИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ГАШЕНИЯ ЕЕ КОЛЕБАНИЙ

И.С. Крук<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Ю.С. Биза<sup>1</sup>, к.ф.-м.н., доцент,  
Т.П. Кот<sup>1</sup>, к.т.н., Ю.В. Чигарев<sup>1,2</sup>, д.ф.-м.н., профессор,  
Я.Р. Каминьский<sup>3</sup>, д.т.н.

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Западнопоморский технологический университет,  
г. Щетин, Республика Польша*

<sup>3</sup>*Варшавский университет естественных наук,  
г. Варшава, Республика Польша*

## Введение

Движение опрыскивателя по полю неизменно сопровождается возмущениями, возникающими в результате копирования ходовыми колесами неровностей, которые через раму передаются всем его

узлам и могут привести к поломкам несущей конструкции штанги. Поэтому изучение процесса колебаний штанги сельскохозяйственных опрыскивателей, разработка и модернизация систем гашения ее колебаний, является актуальным и важным.

### Основная часть

На основании проведенного анализа систем стабилизации в конструкциях современных опрыскивателей была предложена схема навешивания штанги и система ее стабилизации (рисунок 1).

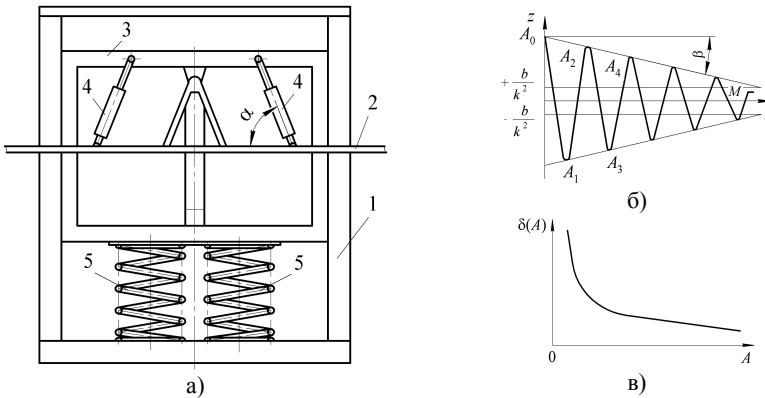


Рисунок 1. – Схема и графики к расчету пружин системы стабилизации штанги

Рамка 1 шарнирно закреплена на параллелограммном механизме изменения высоты установки штанги 2, соединенном с рамой опрыскивателя. В направляющих, выполненных в виде обращенного вовнутрь швеллера, рамки 1 с возможностью свободного вертикального перемещения установлена подвижная рамка 3, нижняя сторона которой опирается на две цилиндрические пружины сжатия, которые установлены на основании рамки 1. Данное конструктивное исполнение позволяет обеспечить подвижной рамке одну степень свободы, гасить колебания системы в вертикальной плоскости и обеспечить плавность хода штанги при копировании колес опрыскивателя неровностей поля. Сила трения скольжения (металл по металлу) между подвижной рамкой, пластиной и направляющими остова позволяет эффективно гасить колебания пружин, избежать установки дополнительных амортизаторов и раскачивания всей системы. Штанга 2 подвешена на подвижной рамке 3 с воз-

возможностью свободного перемещения. Дополнительными элементами, обеспечивающими гашение колебаний штанги в вертикальной плоскости, являются амортизаторы 4.

Колебательное поступательное движение подвижной рамки, имеющей одну степень свободы в вертикальной плоскости, может быть описано уравнением Лагранжа второго рода [1,2]

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q} = Q_n + Q_T, \quad (1)$$

где  $t$  – время;  $q$  – обобщенная координата;  $\dot{q}$  – обобщенная скорость (для поступательного движения системы в направляющих  $\dot{q}_2 = \dot{z} = v = v_c$ );  $Q_n$  – обобщенная потенциальная сила двух параллельных пружин,  $Q_n = -\frac{\partial E_n}{\partial q_2}$ , ( $E_n$  – потенциальная энергия системы),  $E_n = cz^2$ , ( $c$  – жесткость одной пружины),  $Q_n = -2cz$ ;  $Q_T$  – обобщенная сила трения,  $Q_T = -\mu \operatorname{sgn} \dot{z}$ , ( $\mu$  – обобщенный коэффициент сопротивления системы).  $E_k$  – кинетическая энергия системы,  $E_k = \frac{1}{2} m \dot{q}^2$ , ( $m$  – масса системы).

Тогда уравнение (1) примет вид

$$\ddot{z} + k^2 z + b \operatorname{sgn} \dot{z} = 0, \quad (2)$$

где  $b = \frac{\mu}{m}$ ;  $k = \sqrt{\frac{2c}{m}}$ .

Знак в последнем члене уравнения (2) определяется знаком скорости  $\dot{z}$ .

Пусть после толчкового возмущения система отклоняется от положения равновесия на величину  $z = A_0$ . Примем данное положение за начальное ( $t = 0$  и  $\dot{z} = 0$ ) и рассмотрим движение, начиная от этого положения. В первом интервале движения скорость отрицательна и в уравнении (2) перед третьим членом должен быть принят знак «минус», тогда

$$\ddot{z} + k^2 z - b = 0. \quad (3)$$

Решения данного неоднородного дифференциального уравнения ищем в виде  $z = z_1 + z_2$  ( $z_1$  – общее решение однородного уравнения  $\ddot{z} + k^2 z = 0$ ,  $z_2$  – частное решение уравнения).

$$z_1 = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt,$$

где;  $C_1$  и  $C_2$  – постоянные интегрирования определяются начальными условиями.

Частное решение уравнения (3) ищем в виде  $z_2 = B$

$$k^2 B = b, \quad \text{откуда} \quad B = \frac{b}{k^2}.$$

Тогда общее решение уравнения (3) с учетом начальных условий ( $t = 0$   $z_0 = A_0$  и  $\dot{z}_0 = 0$ ) примет вид

$$z = \left( A_0 - \frac{b}{k^2} \right) \cos kt + \frac{b}{k^2}, \quad \text{или} \quad \dot{z} = - \left( A_0 - \frac{b}{k^2} \right) k \sin kt. \quad (4)$$

Через промежуток времени, когда произведение  $kt$  будет равно  $\pi$ , скорость  $\dot{z}$  еще раз обращается в нуль. Это значит, система достигает своего наибольшего отклонения  $A_1$  по другую сторону от состояния равновесия и соответственно от начала координат

$$A_1 = \left( A_0 - \frac{b}{k^2} \right) \cos \pi + \frac{b}{k^2} = -A_0 + \frac{2b}{k^2}. \quad (5)$$

Таким образом, по абсолютной величине данное отклонение меньше первоначального на  $\frac{2b}{k^2}$ . Если величина  $A_1$  такая, что

$2c|A_1| > \mu$ , т.е.  $|A_1| > \frac{b}{k^2}$ , то сила упругости больше силы трения и

система начинает двигаться обратно в сторону положительных значения  $z$ . Тогда для второго интервала движения, когда скорость положительна ( $\dot{z} > 0$ ) в уравнении (2) перед  $b$  должен быть принят знак «плюс» и уравнение движения запишется в виде

$$\ddot{z} + k^2 z + b = 0. \quad (6)$$

Принимая начало отсчета времени со второго интервала, начальные условия представим так:  $t = 0$ ,  $z_0 = A_1$ ,  $\dot{z} = 0$ . В этом случае общее решение уравнения (6) примет вид

$$z = \left( A_1 + \frac{b}{k^2} \right) \cos kt - \frac{b}{k^2}. \quad (7)$$

Тогда в конце второго интервала движения (еще раз при  $kt = \pi$ ) из уравнения (7) получим следующее отклонение

$$A_2 = -A_1 - \frac{2b}{k^2}.$$

С учетом (5) найдем изменение отклонения системы от равновесия за полный период  $2\pi$

$$A_2 = A_0 - \frac{4b}{k^2}. \quad (8)$$

Таким образом, аналогичным образом можно показать, что амплитуда за все последующие периоды уменьшается на одну и ту же величину  $\frac{4b}{k^2}$ , т.е. последовательность амплитуд образует арифметическую последовательность для огибающей кривой  $z(t)$ , которую можно записать дифференциальным уравнением

$$\frac{dA}{dt} T = -\frac{4b}{k^2}, \quad (9)$$

где  $T$  – период колебаний.

Интегрируя зависимость (9), получим уравнение для огибающей кривой:  $A = A_0 - \frac{2\mu}{cT}$ . Видно, что тангенс угла ее наклона к горизонтальной оси равен  $\operatorname{tg}\beta = \frac{2\mu}{cT}$ . Движение системы будет продолжаться

до тех пор, пока  $|A_i| > \frac{b}{k^2}$  ( $i$  – номер рассматриваемого цикла). Если  $|A_i| < \frac{b}{k^2}$ , тогда сила упругости меньше  $2cA_i$ , меньше сопротивления

и движение системы прекращается. Очевидно, что график колебаний будет состоять из отрезков синусоиды с одинаковым периодом и убывающей амплитудой (рисунок 1,б). Две горизонтальные прямые  $z = \pm \frac{b}{k^2}$  задают зону застоя. Если скорость обращается в нуль в пределах этой зоны, то движение системы прекращается (точка

М). При эффективной работе системы стабилизации штанги точка М должна быть как можно ближе к началу координат и колебательное движение затухать за один цикл. Логарифмический декремент затухающих колебаний равен  $\delta = \ln \frac{A_i}{A_{i+1}}$ . Если  $\Delta A_i = A_{i+1} - A_i$

мало по сравнению с  $A_i$ , то можно записать как

$$\delta = \ln \frac{A_{i+1} - A_i}{A_{i+1}} = \ln \left( 1 - \frac{\Delta A_i}{A_{i+1}} \right) \approx -\frac{\Delta A}{A} \approx \frac{2\mu}{cA}.$$

Таким образом, для случая кулоновского трения логарифмический декремент колебаний увеличивается с уменьшением амплитуды (рисунок 1, в).

### **Заключение**

Получены зависимости, позволяющие определить параметры колебаний штанги и рассчитать элементы системы ее стабилизации в вертикальной плоскости при использовании дополнительных демпфирующих пружинных элементов.

### **Список использованной литературы**

1. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. Учебное пособие. – М.: Наука, 1980. – 272 с.

УДК 681.518.3

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА ВОЖДЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ**

Р.В.Балбуцкий<sup>1</sup>, В.К. Клыбик<sup>2</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Машинно-тракторные агрегаты (МТА) широко применяются при выполнении всего комплекса полевых работ. Для обеспечения должной результативности данных мероприятий необходимо повысить качество вождения МТА, так как оно непосредственно влияет на конечный результат всего процесса.

В общем понимании термин качества представляет совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности. В данном случае объектом является процесс вождения, а потребностью является движение МТА по заданной траектории. Таким образом, оценка качества вождения сводится к оценкам основных показателей процесса вождения, таких как: максимальное и среднее отклонение МТА от заданной траектории.

### **Основная часть**

В рамках оценки качества вождения МТА механизатором по показаниям курсоуказателя проведен эксперимент с использованием трактора Беларус 2422 на испытательном полигоне НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства в п. Ждановичи. Целью эксперимента являлось определение величины фактического отклонения следа трактора от заданной траектории при осуществлении нескольких заездов по параллельным траекториям механизатором и оценке отклонений траекторий отдельных заездов друг от друга. В качестве курсоуказателя с функцией записи траектории движения использовался высокоточный комплекс оборудования, осуществляющий позиционирование объекта на базе спутниковых навигационных систем.

Для оценки приборной погрешности системы позиционирования предварительно были проанализированы результаты работы системы с несколькими антеннами в течение суток в неподвижном состоянии. В результате получен массив данных, состоящий из более чем 86 000 замеров. Обработка результатов проводилась в пакете прикладных программ Matlab. Ввиду схожести показаний по всем трем антеннам, результаты изменения положения в плане приведены только для антенны 1 (рисунок 1). Математическое ожидание представляет собой точку с координатами (0.6695, 0.1913), а СКО по осям X и Y – 3.1 мм и 5.2 мм соответственно, таким образом, порядка 99,7% всех значений координат попадают в интервалы (0.6602; 0.6788) и (0.1757; 0.2069) по осям X и Y соответственно.

В результате эксперимента были получены реальные траектории движения объекта, сформированные на основе данных записанных системой позиционирования, установленной на МТА (рисунок 2).

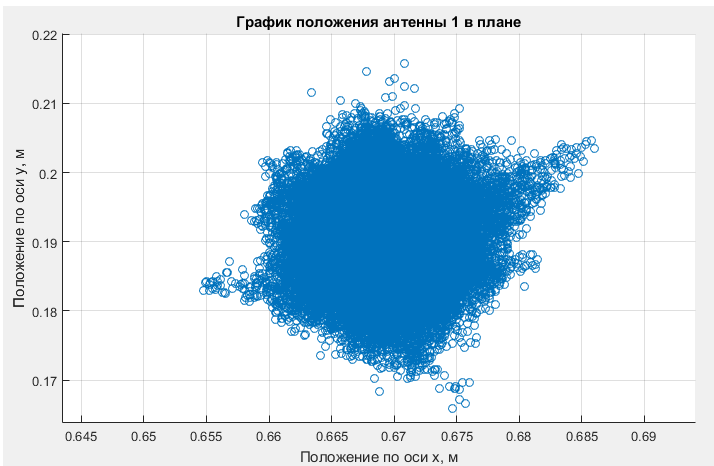


Рисунок 1. – График положения антенны 1 в плане

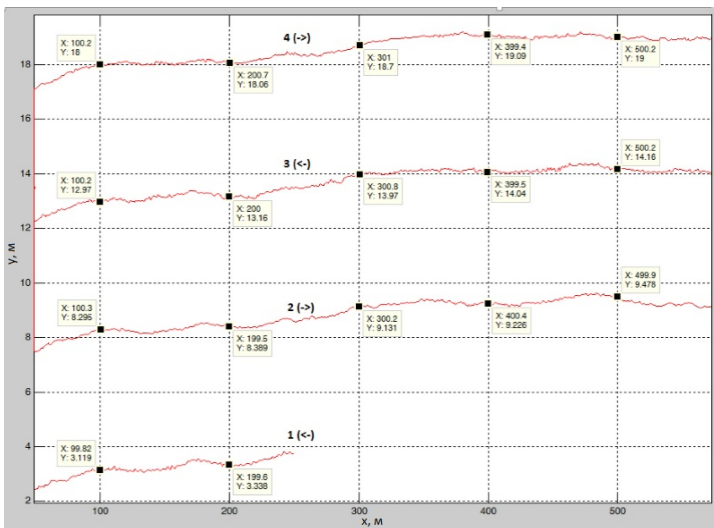


Рисунок 2. – Траектория движения, зафиксированная системой позиционирования

Для оценки отклонения следа трактора от заданной траектории движения оценивалось изменение расстояния между траекториями отдельных заездов. В связи с этим по полученным данным было рассчитано среднее значение расстояния и среднеквадратическое отклонение от этого значения. Таким образом, среднее значение расстоя-

ния между проходами 2 и 3 составляет 4.81 м, а между проходами 3 и 4 – 4.94 м (проход 1 в оценке не рассматривался в виду его краткой длительности из-за включения навигационного оборудования), а среднеквадратические отклонения – соответственно 9 см и 10 см.

### **Заключение**

Таким образом, анализ погрешности системы позиционирования показал, что ее вклад в общую погрешность зафиксированных отклонений незначителен и СКО не превышает 5,2 мм. Следовательно, результаты полевого эксперимента выявили величину отклонения среднего расстояния между проходами на 13 см при его ручном управлении механизатором по показаниям курсоуказателя.

Повышения качества вождения можно добиться автоматизацией этого процесса и исключением человеческого фактора. Реализация систем автоматизации может принять вид как системы подруливания для существующих МТА, так и автономных МТА с автоматическим управлением, в основе которых заложены алгоритмы адаптивных систем управления [1, 2].

### **Список использованной литературы**

1. Ткачев С.Б. Реализация движения колесного робота по заданной траектории // Вест. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Естественные науки”. 2008. № 2.
2. *Patent US20150198953 A1 Path planning autopilot / J.W. Peake, S. Pleines. Trimble Navigation Limited.*

УДК 631.356.46

## **К ВОПРОСУ СЕПАРАЦИИ ПОЧВЫ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНОМ ПКК-2-02**

Г.Н. Портянко, к.т.н., доцент, Н.П. Гурнович, к.т.н., доцент,  
Е.Г. Гронская, Ю.Н. Рогальская  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

В картофелеуборочном комбайне ПКК-2-02 процесс сепарации протекает удовлетворительно только на легких и средних почвах. При уборке же картофеля на тяжелых почвах, особенно с повы-

шенной и пониженной влажностью, их сепарирующие органы работают неэффективно. Трудность осуществления процесса сепарации обуславливается рядом факторов, основные из которых: незначительное содержание клубней в подкапываемой массе (не более 3...5%), крайняя восприимчивость клубней к механическим воздействиям, неблагоприятные для сепарации физико-механические свойства почвы комковатость, липкость, пластичность, резкая изменчивость свойств почвы в зависимости от влажности, наличие в почве камней, корневищ, сорняков и других посторонних примесей.

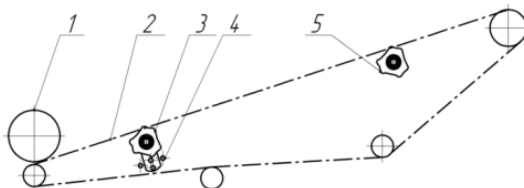
### Основная часть

На картофелеуборочных машинах ПО «Гомсельмаш» - ПКК-2-02 основными рабочими органами для сепарации почвы являются прутковые элеваторы и наклонные пальчиковые горки.

Первый элеватор 2 (рисунок 1) представляет собой наклонный транспортер пруткового типа, у которого каждый второй пруток обрезинен. Производительность сепарации выкопанной картофельной массы повышается, благодаря встряхивателям 3, 5 и большой площади сепарации элеватора.

Регулируемый пассивный встряхиватель 3 имеет три варианта установки на отверстиях 4:

- 1) крайнее правое – полное отключение встряхивателя при работе комбайна на легких почвах;
- 2) крайнее левое - максимальное встряхивание при работе комбайна на тяжелых почвах;
- 3) промежуточное - среднее встряхивание при работе комбайна на средних почвах.



1 – каток ботвозатягивающий; 2 – элеватор; 3 – регулируемый пассивный встряхиватель; 4 – отверстия для регулировки амплитуды колебаний; 5 – нерегулируемый пассивный встряхиватель

Рисунок 1. – Первый сепарирующий элеватор комбайна ПКК-2-02

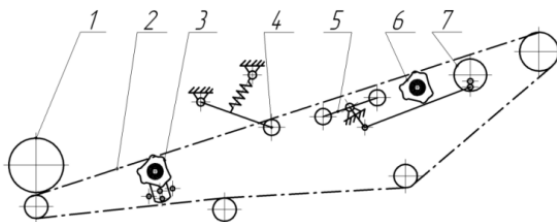
К достоинствам этого встряхивателя следует отнести то, что он позволяет осуществлять колебания рабочей ветви элеватора в не-

посредственной близости от подкапывающего лемеха без подвода к нему привода, а также то, что он позволяет регулировать амплитуду колебаний путем изменения наклона передних трехкулачковых звездочек за счет фиксации кронштейнов в отверстиях для регулировки 4.

К недостаткам встряхивателя следует отнести то, что при работе машины на различных по механическому составу почвах особенно на средних и тяжелых суглинках наблюдается недостаточная сепарация, что приводит к перегрузке машины, поскольку в ее конструкции отсутствует устройство контролирующее величину загрузки элеватора.

Нами разработана конструкция механического устройства, контролирующего величину загрузки элеватора, работающего в сочетании с пассивными и активными встряхивателями (рисунок 2) которая исключает перечисленные выше недостатки. Устанавливается устройство в середине рабочей ветви первого сепарирующего элеватора.

Конструкция устройства контроля величины загрузки элеватора 4 включает шарнирно закрепленную к раме машины рамку в нижней части, которой приварены кронштейны, в которые вставлены оси трех цилиндрических роликов, поддерживающих каждый ремень элеватора на заданной двумя пружинами растяжения высоте и активного встряхивателя 5.



- 1 – каток ботвозатягивающий; 2 – элеватор; 3 – регулируемый пассивный встряхиватель; 4 – устройство контроля величины загрузки элеватора (регулятор высоты элеватора); 5 – активный регулируемый встряхиватель;  
6 – нерегулируемый пассивный встряхиватель;  
7 - кривошип

Рисунок 2. – Схема установки встряхивателей и устройства, контролирующего величину загрузки сепарирующего элеватора

Процесс работы устройства протекает следующим образом. Лемех подкапывает две картофельные грядки и передает подкопанный ворох на основной сепарирующий элеватор. Если машина работает на легких почвах, то на элеваторе производится щадящая сепарация почвы. При этом трехручачковые пассивные ролики 3 и 6 встряхивают полотно элеватора 2. В случае если машина работает на средних или тяжелых по механическому составу почвах и сепарирующей способности элеватора недостаточно, т.е. вороха на элеваторе больше допустимого значения, то растягиваются пружины регулятора загрузки и поддерживающие элеватор ролики 4 опускаются. При этом опускается и полотно элеватора 2 вступая в контакт с роликами активного встряхивателя 5, которые обеспечивают более эффективную сепарацию. Величину усилия растяжения пружин регулируют винтовыми растяжками так чтобы интенсивность сепарации составляла 50...55 кг/(м<sup>2</sup>с) при допустимом воздействии на почву и клубни, без повреждения последних [1].

#### **Заключение**

Таким образом, применение предлагаемого устройства позволяет увеличить сепарирующую способность машины без повреждения клубней картофеля, а это позволит увеличить ее пропускную способность, т.е. рабочую скорость, а значит и производительность.

#### **Список использованной литературы**

1. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. - М.; Машиностроение, 1984. – 384 с.

УДК 631.333.92

## **ПРИГОТОВЛЕНИЕ КОМПОСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ**

Д.В. Шлыков, Д.Ф. Кольга, к.т.н., доцент

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

#### **Введение**

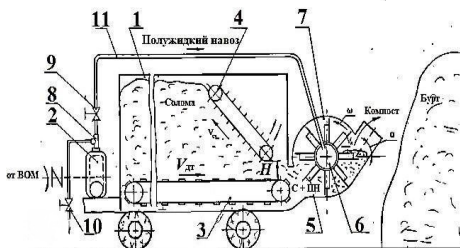
Компостирование – это экзотермический процесс (с выделением тепла) биологического окисления, в котором органическое вещество

во подвергается аэробной деструкции смешанной популяцией микроорганизмов в условиях определенной температуры и влажности. Получаемый продукт (компост) представляет ценность как органическое удобрение и средство, улучшающее структуру почвы [1].

### Основная часть

В настоящее время существует много приемов подготовки навоза к использованию: анаэробное сбраживание, с получением биогаза; аэробная биотермическая ферментация в стационарных ферментаторах и в буртах. Практически все методы подготовки требуют высоких капитальных затрат, кроме того применяемое оборудование имеет высокую металлоемкость и энергопотребление, что ставит под вопрос экономическую целесообразность процесса. В связи с этим метод аэробного компостирования в буртах является практически единственно осуществимым в реальных условиях. Этот способ позволяет получать чистое удобрение, не содержащее способных к прорастанию семян сорных растений, личинок гельминтов и не требующее внесения пестицидов. Важнейшие факторы, влияющие на температурный режим в буртах и интенсивность биотермического процесса при компостировании подстилочного навоза, – гомогенность исходной массы и степень ее аэрации [2].

Для реализации полевой технологии производства компостов с заданными физико-химическими свойствами представлен мобильный смеситель компонентов компоста, выполненный на базе разбрасывателя удобрений типа ПРТ (рисунок 1). Рабочие органы мобильного смесителя представляют собой оборудование, установленное в задней части кузова ПРТ-10.



1 – кузов ПРТ, 2 – насос, 3 – донный транспортер, 4 – счесывающий транспортер, 5 – полевая лопатка, 6 – полный вал, 7 – смесительная камера, 8 – нагнетательный патрубок, 9, 10 – задвижки, 11 – нагнетательный трубопровод

Рисунок 1. – Схема работы мобильного смесителя

На кузове 1 установлена смесительная камера 7 с лопастным валом 6, счесывающим транспортером 4. В передней части рамы установлен фекальный насос 2 с приводом от ВОМ трактора. Нагнетательный патрубок насоса 8 соединен с нагнетательной трубой 11 смесительной камеры через задвижку 9, а всасывающий патрубок – через задвижку 10 с емкостью для полужидкого навоза. Смесительная камера 7 выполнена в виде полого вала 6 с лопатками 5. Счесывающий транспортер 4 можно устанавливать с помощью гидроцилиндров под различным углом к горизонту, регулируя тем самым толщину соломы, подаваемой в смесительную камеру.

Принцип работы машины заключается в смешивании дозированного слоя соломы, подаваемого донным транспортером 3, с дозированной смесью полужидкого навоза и минеральных удобрений, подаваемых насосом 2, с укладкой полученной смеси в бурт лопастным барабаном через дефлектор. Полюе лопатки смесительного барабана снабжены отверстиями – распылителями по всей их длине. Основным преимуществом описанной технологии переработки полужидкого навоза является возможность точного дозирования компонентов, его качественного перемешивания и получения компоста с заданными физико-химическими свойствами, а также сокращения ряда технологических операций, связанных с перемешиванием компонентов и формированием бурта.

### **Заключение**

Мобильный смеситель для производства компостов в полевых условиях позволит получить высококачественный компост с заданными физико-механическими показателями и одновременным формированием бурта в процессе его выгрузки и влажностью 70-75 %, а так же снизить энергоемкость процесса производства компостов.

### **Список используемой литературы**

1. Еськов, А.И. Справочная книга по производству и применению, органических удобрений / А.И. Еськов, И.Н. Новиков, С.М. Лукин, С.И. Тарасов и др. – Владимир: ВНИПТИОУ, 2001. – 496 с.
2. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа, Т.Ф. Персикова. – Минск: УП Технопринт, 2005. – 276 с.

## К ОБОСНОВАНИЮ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЬЧАТО-ПРУТКОВЫХ КАТКОВ

И.С. Крук<sup>1</sup>, к.т.н., доцент; Ф.И. Назаров<sup>1</sup>,

Ю.В. Чигарев<sup>1,2</sup>, д.ф.-м.н., профессор,

О.В. Гордеенко<sup>3</sup>, к.т.н., доцент, С.Н. Герук<sup>4</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь;*

<sup>2</sup>*Западнопоморский технологический университет,  
г. Щецин, Республика Польша;*

<sup>3</sup>*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Республика Беларусь;*

<sup>4</sup>*Житомирский агротехнический колледж,  
г. Житомир, Украина;*

<sup>5</sup>*ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского  
хозяйства» НААН Украины,  
с. Глеваха, Украина*

### Введение

На качество выполняемого технологического процесса обработки почвы оказывают влияние конструкция, геометрические размеры катков, кинематические и динамические параметры их работы [1–4].

### Основная часть

На основании проведенных теоретических исследований отмечено, что наиболее рациональными являются шпоры круглого сечения [1–5].

При внедрении прутка в почву (рисунок 1) клин будет формироваться на дуге  $AB$ , ограниченной центральным углом равным  $2\varphi_2$ . Его высота определяется по формуле

$$h_k = r \sin \varphi_2 \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{b}{2} \operatorname{tg} \varphi_1,$$

где  $b = 2r \sin \varphi_2$ .

Максимальная плотность почвы в зоне уплотнения прутка достигается при его заглублении на глубину, равную радиусу. Дальнейшее его заглубление ведет лишь к увеличению глубины распространения уплотнения

$$h_1 = r \cdot \cos \varphi_2 + \left(\frac{l}{2} - r \cdot \sin \varphi_2\right) \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1,$$

или

$$l = \frac{2(h_1 - r \cdot \cos \varphi_2 + r \cdot \sin \varphi_2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1)}{\operatorname{ctg} \varphi_1}.$$

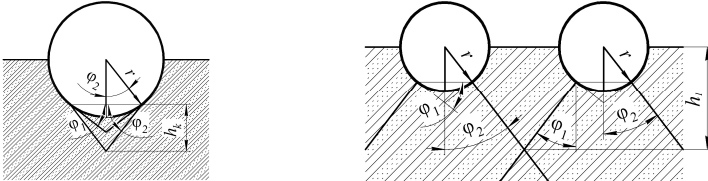


Рисунок 1. – Схема внедрения прута в почву

Для определения расстояния  $R$ , на которое удалены центры прутков относительно центра диска (кольца) (радиуса окружности) рассмотрим случай, когда в почву внедряется только один пруток и глубина его погружения равна его радиусу. Из рисунка 2 определим расстояние между прутками

$$l^2 = 2R^2 - 2R^2 \cos 2\alpha_1.$$

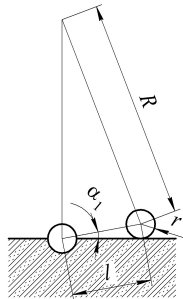


Рисунок 2. – Схема к определению расстояния между центром диска и центрами прутков кольчато-пручкового катка

Зная что  $\cos 2\alpha_1 = 1 - 2\sin^2 \alpha_1$ , после несложных преобразований уравнения, получим

$$R = \frac{l^2}{2r}.$$

Для шпор уравнение примет вид

$$R = \frac{l^2}{b \cdot \operatorname{tg}\varphi_1}.$$

### **Заключение**

Получены выражения для обоснования конструктивных параметров кольчато-пруткового катка в зависимости от технологических условий и состояния почвы.

### **Список использованной литературы**

1. Повышение эффективности использования дополнительных устройств для поверхностной обработки почвенного пласта в пахотных агрегатах / И.С. Крук [и др.] // The 8th International Research and Development Conference of Central and Eastern European Institutes of Agricultural Engineering: сборник статей, Poznan, Puszczkowo, Poland, June 25–28, 2013. – С. 13–17.

2. Повышение эффективности использования катковых приставок в комбинированных пахотных агрегатах / И.С. Крук, Ю.В. Чигарев, Ф.И. Назаров // Материалы XVI Miedzynarodowa konferencja naukowa «Trendy w inzynierii rolniczej – energia odnawialna» z cyklu «Problemy inzynierii rolniczej». – Miedzzydroje, Poland, 4-6 czerwca 2014. – с. 50 – 53.

3. Крук И.С., Назаров Ф.И. Обеспечение требуемого качества обработки почвы при использовании оборотных плугов с катковыми приставками / И.С. Крук, Ф.И. Назаров // Материалы Международной научн.-практ. конф. «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК». – Мн.: БГАТУ, 4-6 июня 2014. – в 2-х ч. ч. 2. – с. 273 – 277.

4. Совмещение операций основной и поверхностной обработки почвы / И.С. Крук, Ю.В. Чигарев, Ф.И. Назаров // Сборник тезисов II Всеукраинской научно-практической конференции «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 7-8 квітня 2016 року. – Житомирський агротехнічний коледж. – Житомир, 2016. – с. 10 – 12.

5. Результаты экспериментальных исследований воздействия уплотняющих элементов почвообрабатывающего рабочего органа катковой приставки на почву / И.С. Крук [и др.] / Агропанорама. – № 4 (110), 2015. – С. 2-5.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕТВЕРТЬЭЛЛИПСНЫХ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

С.Н. Герук<sup>1,2</sup>, к.т.н., доцент; И.С.Крук<sup>3</sup>, к.т.н., доцент,

С.М. Хоменко<sup>2</sup>, к.т.н., А.В. Мучинский<sup>3</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины,

*с. Глеваха, Украина*

<sup>2</sup>Житомирский агротехнический колледж,

*г. Житомир, Украина*

<sup>3</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,

*г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Сохранение плодородия почв является одной из самых важных задач, для успешного решения которой необходимо разрабатывать и внедрять новые экологически безопасные технологии и технические средства. Проанализировав мировые тенденции сельскохозяйственного машиностроения в области техники для внесения твердых органических удобрений, установлено, что в качестве рабочих органов разбрасывателей твердых органических удобрений используют адаптеры с различными конструкциями рабочих органов: зубчатые, шнековые, цепные с молотками на концах, лопастные, дисковые и др. Вопрос исследований измельчающих и разбрасывающих рабочих органов навозоразбрасывателей остается актуальным [1,2].

### **Основная часть**

Для обеспечения качества внесения удобрений была предложена конструкция рабочего органа с четвертьэллипсными рабочими органами [3]. Для исследования рабочих органов была изготовлена лабораторная установка и применена методика планирования некомпозиционного симметричного плана Бокса-Бенкина второго порядка для трех факторов.

В результате проведенных исследований было получено следующее уравнение регрессии, определяющее степень измельчения органических удобрений

$$\lambda = -57,67921 + 0,00981n_{\text{и6}} + 2,25425\beta + 27,48667v_{\text{т}} - \\ - 0,00727n_{\text{и6}}v_{\text{т}} - 0,00001n_{\text{и6}}^2 - 0,02245\beta^2 - 284,5v_{\text{т}}^2,$$

где  $n_{\text{и6}}$  – частота вращения измельчающего барабана;  $v_{\text{т}}$  – рабочая скорость транспортера;  $\beta$  – угол установки дисков относительно оси барабана.

В результате анализа результатов экспериментальных исследований установлены оптимальные значения технологических и конструктивных параметров рабочего органа, при которых обеспечивается максимальная степень измельчения органических удобрений  $\lambda=1,64$ : количество оборотов измельчающего барабана  $n_{\text{и6}} = 437$  об/мин, рабочая скорость транспортера  $v_{\text{т}} = 0,039$  м/с, угол установки дисков относительно оси барабана  $\beta = 50^\circ$ .

### **Заключение**

Предложена конструкция рабочего органа с четвертьэллипсными рабочими органами, для которой установлены технологические и конструктивные параметры, обеспечивающие качество измельчения и внесения твердых органических удобрений (для степени измельчения  $\lambda=1,64$ ).

### **Список использованных источников**

1. Механизация внесения органических удобрений / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалкин. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 207 с.
2. Герук С.М. Аналіз конструкцій технічних засобів для внесення твердих органічних добрив / С.М. Герук, С.М. Хоменко // Матеріали четвертої всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції 22 – 24 жовтня 2007 року «Актуальні проблеми сучасної науки». – К., 2007. – Ч.1. – С. 79 – 80.
3. Пат. 45382 Україна, МПК А01С 3/06. Розкидач органічних добрив / С.М. Герук, С.М. Хоменко, С.С. Герук; заявник С.М. Герук. – №u200905125; заявл. 25.05.2009; опублік. 10.11.2009, Бюл. № 21, 2009.

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ КАТКОВЫХ ПРИСТАВОК ОТНОСИТЕЛЬНО КОРПУСОВ ПЛУГА

И.С. Крук<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Ф.И. Назаров<sup>1</sup>.

Ю.В. Чигарев<sup>1,2</sup>, д.ф.-м.н., профессор, И.А. Тарасевич<sup>1</sup>,

Ж.И. Пантелеева<sup>1</sup>, Н.Г. Бакач<sup>3</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь;*

<sup>2</sup>*Западнопоморский технологический университет,  
г. Щецин, Республика Польша;*

<sup>3</sup>*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации  
сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### Введение

Технологический процесс совмещения вспашки и поверхностной обработки почвенных пластов осуществляется следующим образом. Почвенный пласт подрезается и начинает подъем по лемеху (рисунок 1). Далее происходит скольжение по поверхности отвала, поворот и частичное крошение. Получив энергию движения корпуса плуга, пласт почвы отбрасывается с поверхности отвала под углом к горизонтальной и вертикальным плоскостям и падает на поверхность поля на некотором расстоянии от корпуса плуга. Наименьшее расстояние установки катковых приставок определяется условием полного оседания частиц почвы, до начала воздействия рабочих органов. При установке почвообрабатывающего устройства на меньшем расстоянии, слетевший с отвала корпуса движущийся пласт будет попадать на рабочие органы приставки, увеличивать ее массу, изменять равномерность глубины хода по ширине, а следовательно повышать тяговое сопротивление, и как следствие, энергоемкость и качество выполняемого технологического процесса. Увеличение расстояния выноса орудий влечет увеличение конструктивных размеров машины и материалоемкость выполняемого процесса.

## Основная часть

Для изучения закономерностей оборачивания и отбрасывания почвенного пласта корпусом плуга примем следующие допущения: скорость агрегата со временем не меняется, поверхность отвала имеет постоянный радиус кривизны  $R_{\text{отв}}$ . Почвенный пласт подрезается лемехом корпуса и движется по поверхности отвала (рисунок 1,б). Данное движение рассматривается как относительное (система отсчета связана с отвалом). При подрезании слоя почвы величина относительной скорости принимается равной величине скорости агрегата:  $v_{\text{п0}} = v_{\text{агр}}$ . Слой почвы начинает двигаться по рабочей поверхности корпуса со скоростью  $v_{\text{агр}} \sin \alpha_{\text{л}}$  ( $\alpha_{\text{л}}$  – угол наклона кромки лемеха к направлению движения агрегата (плуга)), а движение вдоль отвала осуществляется со скоростью  $v_{\text{агр}} \cos \alpha_{\text{л}}$ .

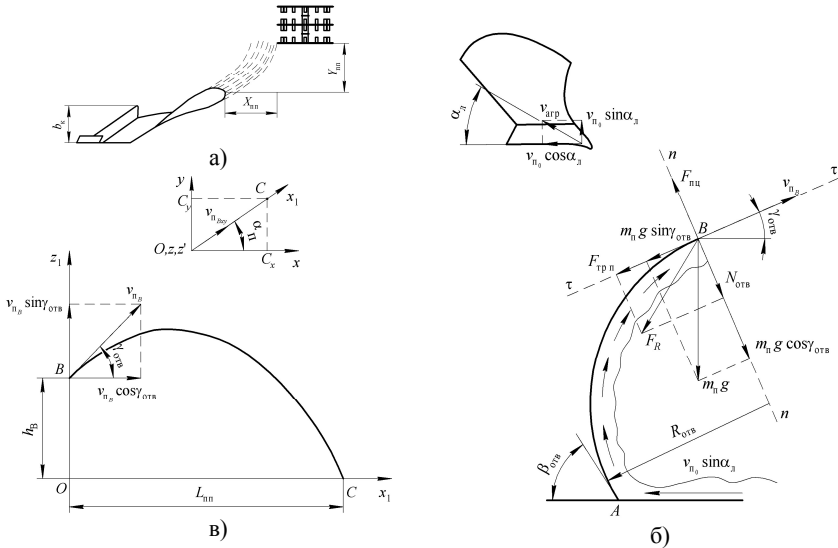


Рисунок 1. – Схема к обоснованию параметров установки катковой приставки относительно корпуса плуга: а – параметры установки приставки (вид сверху); б – схема движения почвенного пласта по поверхности отвала; в – схема полета частицы почвы после схода с отвала

Рассмотрим движение частицы почвы массой  $m_{\text{п}}$  (кг) по поверхности отвала (линия  $AB$ ). В верхней точке  $B$  отвала (рисунок 1,б) на

частицу действуют сила тяжести, центробежная сила инерции, сила реакции отвала и сила трения. Сила тяжести

$$G_{\Pi} = m_{\Pi} g,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ .

Данную силу разложим на две составляющие:  $m_{\Pi} g \sin \gamma_{\text{отв}}$  – направленную по касательной к поверхности отвала  $\tau - \tau$ , и  $m_{\Pi} g \cos \gamma_{\text{отв}}$ , направленную по нормали  $n - n$  к указанной поверхности ( $\gamma_{\text{отв}}$  – угол наклона касательной, проведенной к поверхности отвала в точке  $B$ , к горизонту, рад.).

Центробежная сила инерции  $F_{\text{цн}}$

$$F_{\text{цн}} = \frac{m_{\Pi} v_{\Pi_0}^2 \sin^2 \gamma_{\text{отв}}}{R_{\text{отв}}},$$

Сила реакции отвала  $N$  направлена по нормали.

Сила трения  $F_{\text{тр}\Pi}$ , направленная по касательной к поверхности отвала, определяется по формуле

$$F_{\text{тр}\Pi} = f_{\text{тр}\Pi} N,$$

где  $f_{\text{тр}\Pi}$  – коэффициент трения почвы о поверхность отвала.

Спроецировав указанные силы на нормаль  $n - n$  и касательную к поверхности отвала  $\tau - \tau$ , после ряда преобразований получим равенство

$$v_{\Pi_B} = k_{\Pi} \left[ \left( \frac{1}{e^{2/f_{\text{тр}\Pi} \frac{\sin \gamma_{\text{отв}}}{R_{\text{отв}}}}} \right) \left( v_{\Pi_0}^2 - \frac{R_{\text{отв}} g \cos \gamma_{\text{отв}}}{\sin^2 \gamma_{\text{отв}}} + \frac{R_{\text{отв}} g}{f_{\text{тр}\Pi} \sin \gamma_{\text{отв}}} \right) + \frac{R_{\text{отв}} g \cos \gamma_{\text{отв}}}{\sin^2 \gamma_{\text{отв}}} - \frac{R_{\text{отв}} g}{f_{\text{тр}\Pi} \sin \gamma_{\text{отв}}} \right]^{\frac{1}{2}},$$

где  $k_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий взаимодействие частиц пласта (определяется на основании результатов экспериментальных исследований и зависящий от параметров работы, состояния и свойств почвы).

Рассмотрим относительное движение частицы пласта, вылетевшей с верхней кромки отвала (рисунок 1,в). Для упрощения считаем, что верхняя кромка отвала параллельна нижней кромке, а частица вылетела под углом  $\gamma_{\text{отв}}$  к горизонту и под углом  $\alpha_{\Pi}$  к направлению движения плуга. Для определения наименьшего рас-

стояния установки приставки нам необходимо связать координатную ось с носком лемеха корпуса плуга и спроецировать точку падения частицы пласта на оси  $Oy$  и  $Ox$ . Расстояния, измеренные по данным осям, будут определять наименьшее расстояние между корпусом плуга и ближайшим рабочим органом катковой приставки. Для упрощения на начальном этапе рассмотрим движение частицы в плоскости  $z_1Ox_1$ , ось  $O_1x_1$  которой повернута в плоскости  $xOy$  на угол  $\alpha_{\text{п}}$  относительно оси  $Ox$ , соответствующий проекции угла вылета частицы на плоскость  $xOy$ .

Из анализа дифференциальных уравнений движения частицы по относительным координатным осям  $Ox_1$ ,  $Oz_1$  получаются уравнения движения частицы в параметрической форме (с независимым параметром времени  $t$ ). Поскольку траектория движения на этом участке не определена, уравнения движения будем составлять для декартовых координат (рисунок 1,в)

$$z_C = x_C \operatorname{tg} \gamma_{\text{отв}} - \frac{gx_C^2}{2v_B^2 \cos^2 \gamma_{\text{отв}}} + h_B.$$

Приравняв правую часть уравнения к нулю и решив получившееся квадратное уравнение, получим

$$x_C = \frac{v_{\text{пБ}}}{2g} (v_{\text{пБ}} \sin^2 \gamma_{\text{отв}} + \cos \gamma_{\text{отв}} \sqrt{v_{\text{пБ}}^2 \sin^2 \gamma_{\text{отв}} + 2gh_B}).$$

Чтобы определить расстояния между корпусом плуга и крайними рабочими органами катковой приставки необходимо спроецировать расстояние  $Ox_C$  на координатные оси

$$Y_{\text{пmin}} = x_C \sin \alpha_{\text{п}}, \quad X_{\text{пmin}} = x_C \cos \alpha_{\text{п}}.$$

Из полученных зависимостей следует, что расстояние падения частиц почвенного пласта определяется (по степени убывания) параметрами корпусов плуга, скоростью агрегата, типом и состоянием почвы.

### Заключение

Получены зависимости, позволяющие определить скорость схода частицы с отвала и расстояние ее падения, которые позволяют обосновать параметры установки катковых приставок относительно корпусов плуга.

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНЫХ ДИСКОВЫХ БОКОВИН ПРИЕМНОЙ ЧАСТИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ**

Г.А. Радишевский, к.т.н., доцент, С.Р. Белый  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,*

*г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Картофель является одной из основных культур возделываемых в Республике Беларусь и поэтому одним из важных вопросов является уборка на которую приходится более 60% общих затрат труда. Наиболее перспективным направлением снижения затрат на уборку является повышение производительности за счет увеличения поступательной скорости картофелеуборочной машины. Однако увеличение поступательной скорости машины ограничивается работой подкапывающих рабочих органов. Поэтому одним из эффективных путей повышения производительности является совершенствование рабочих органов приемной части картофелеуборочных машин.

### **Основная часть**

В технологической схеме работы картофелеуборочных машин, подкапывающие рабочие органы играют одну из важных ролей в качественном выполнении технологического процесса. Процесс подкапывания клубней, форма и параметры подкапывающих рабочих органов обуславливаются специфической особенностью возделывания картофеля.

Приемные части картофелеуборочных машин, состоят из плоского лемеха и пассивных или активных боковин, которые не обеспечивают транспортирование подкопанного пласта на сепарирующие органы при скоростях более 1 м/с (рисунок 1). Кроме того, при подкапывании рыхлых, несвязных почв, засоренных растительными остатками приемная часть картофелеуборочной машины забивается ботвой и сорняками, которые обволакивают боковины elevatorных секций, сдерживая движение почвы, что приводит к

сгруживанию ее перед лемехами. Это приводит к снижению производительности, качества уборки картофеля и вызывает дополнительные потери картофеля.

Для устранения нарушений технологического процесса (очистки рабочих органов приемной части) тратится до 15 % рабочего времени, что ведет к снижению производительности на 20...25 % [1].

Кроме того, сгруживание массы на лемехе не обеспечивает равномерную подачу ее на сепарирующие органы, в результате чего качество работы сепарирующих органов и ботвоудаляющих рабочих органов снижается.

В настоящее время наибольшее распространение в конструкции картофелеуборочных машинах получили комбинированные подкапывающие органы, которые представляют собой сочетание плоского лемеха с дисковыми боковинами, призванными предотвращать разваливание и сгруживание подкопанной клубненосной массы.

Наиболее эффективным способом устранения забивания и разваливания подкопанного пласта является установка вместо боковин плоских или сферических дисков.



Рисунок 1. – Сгруживание подкапываемой грядки на лемехе картофелеуборочной машине

Крутиков М.Н. [2] установил зависимость между радиусом диска и глубиной хода диска

$$R < h + \delta_B + \Delta m, \quad (1)$$

где  $h$  – глубина хода дисков, м;  $\delta_B$  – величина вспушенности почвы при подкапывании, м;  $\Delta m$  – запас на микрорельеф, м.

Однако численное значение радиуса диска, полученное по выражению 1 не обеспечивает защемление стебля между диском и поверхностью поля. Это приводит к перемещению стебля по лезвию впереди и, следовательно, к сгруживанию почвы на лемехе

картофелеуборочной машины. Согласно теории Синеокова Г.Н. [3], это происходит при недостаточном диаметре диска и малых значениях углов трения  $\varphi_1$  стебля по лезвию и  $\varphi_2$  стебля по поверхности поля (рисунок 2).

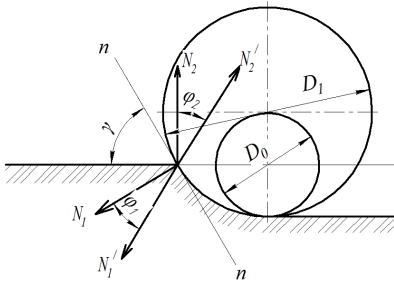


Рисунок 2. – Влияние диаметра диска на угол защемления

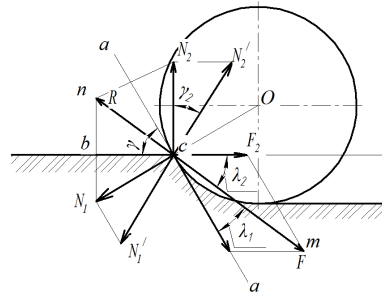


Рисунок 3. – Схема сил, действующая на стебель при перерезании

Перерезание ботвы обеспечивается, когда сила  $N_1$  находится внутри конуса трения с углом  $\varphi_2$ . Для выполнения этого условия при неизменных значениях  $h$  и  $\varphi_1$  необходимо увеличивать угол  $\varphi_2$  или диаметр диска  $D$ . Однако значение коэффициента трения стебля по поверхности поля при прочих равных условиях постоянно, а увеличение диаметра диска ведет к возрастанию вертикальной слагающей силы сопротивления почвы, стремящейся вытолкнуть диск из почвы.

Из рисунка 3 следует, что каждому диаметру диска соответствует определенный угол защемления  $\gamma$  (угол между касательной к лезвию и поверхностью почвы). При этом с увеличением диаметра диска угол уменьшается, и способность к защемлению увеличивается.

Равнодействующая  $R$  от нормальных реакций  $N_1$  и  $N_2$  удерживает стебель от выскальзывания при выполнении условия:

$$R < F$$

При расположении сил  $R$  и  $F$  которая составляет некоторый угол  $\lambda_2$  с поверхностью поля и угол  $\lambda_1$  с касательной к лезвию в точке защемления. В этом случае угол  $g = \lambda_1 + \lambda_2$ . Проекции сил  $N_1$  и  $R$  на поверхность поля равны отрезку  $cb$ . Откуда

$$R \cos \lambda_2 = N_1 \sin \gamma \quad \text{и} \quad R \cos \lambda_1 = N_2 \sin \gamma ,$$

откуда

$$R = N_1 \frac{\cos \gamma}{\sin \alpha_2} \quad \text{и} \quad R = N_2 \frac{\cos \gamma}{\sin \alpha_1} .$$

В результате математических преобразований имеем

$$\operatorname{tg} \alpha_1 \leq \operatorname{tg} \varphi_2 . \quad (2)$$

Однако  $\lambda_1 = \gamma - \lambda_2$ , тогда

$$\gamma \leq \varphi_2 + \lambda_2 .$$

Из выражения 2 следует, что для выполнения условия защемления угол  $\lambda_1$  должен быть меньше или равен углу трения  $\varphi_2$ . При  $\lambda_1 < \varphi_2$  следует, что угол  $\lambda_2 < \varphi_1$ .

Таким образом, защемление стебля будет происходить при выполнении условия

$$\gamma \leq \varphi_2 + \alpha_2 .$$

При значении  $\varphi_2 = 40 \dots 45^{\circ}$  [3] коэффициента трения стеблей ботвы и сорняков о металлическое лезвие диаметр диска при котором обеспечивается перерезание должен быть  $D > 0,68$  м.

#### **Заключение**

Для условий Республики Беларусь оптимальными параметрами приемной части картофелеуборочной машины, состоящей из плоского лемеха и пассивных дисковых боковин, обеспечивающих перерезание растительных остатков, являются диски диаметром более 0,70 м.

#### **Список использованной литературы**

1. Протокол № 31–94–95–80 (1150150; 1150260) Государственных испытаний картофелеуборочных комбайнов КСК–4А и КСК–4Б. // Западная МИС. – п. Привольный, 1980. –167 с.
2. Синиоков Г.Н. Дисковые рабочие органы почвообрабатывающих машин. М.: Машгиз, 1958. – 118 с.
3. Крутиков М.Н. Конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. М.: Машгиз, 1951. Т.2. 456 с.
4. Ковалев Н.Г. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства)- М.: «Родник», журнал «Аграрная наука», 1998. – 208 с.

## УЗКОРЯДНЫЙ ПОСЕВ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В.П. Чеботарев<sup>1</sup>, д.т.н., профессор, Д.Н. Бондаренко<sup>1</sup>,  
Н.Д. Лепешкин<sup>2</sup>, к.т.н., доцент, Д.В. Заяц<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### Введение

Технология возделывания сельскохозяйственных культур представляет собой комплекс приемов, направленных на создание наиболее благоприятных условий для роста и развития растений. Исходными условиями при разработке технологии возделывания являются агроэкологические требования культуры и сорта к условиям произрастания. Последовательное устранение факторов, снижающих урожайность культуры и качество продукции, позволяет сформировать наиболее оптимальную технологию возделывания для конкретных условий хозяйства.

### Основная часть

Урожайность зерновых определяется тремя характеристиками: весом зерен, количеством зерен в колоске и количеством плодоносящих побегов на единицу площади. Наиболее важный параметр – количество плодоносящих побегов. При широких междурядьях процесс первичного кушения протекает неравномерно: как минимум один из 3-4 побегов развивается не в полной мере, что ведет к снижению урожайности [1]. Иногда аграрии пытаются уменьшать норму высева под широкое междурядье. Такие эксперименты очень сложны, и дополнительное увеличение веса зерна в колосе не может в полной мере компенсировать нехватку дополнительных плодоносящих побегов. Использование узких междурядий позволяет увеличить конкуренцию культурных растений с сорняками. Равномерное затенение позволяет значительно снизить засоренность посевов как результат – уменьшить объем применения необходимых

средств на защиту растений (рисунок 1). В условиях недостаточного увлажнения и неблагоприятного почвенного питания оптимальное соотношение сторон прямоугольника площади питания равен – 1:2. В начальный период вегетации в почве обычно недостаточно влаги и первичная корневая система слабо развита. До вторичного укоренения, которое совпадает с кущением, с момента посева проходит 25-30 дней. Как правило, этот период сопровождается засухами. В результате неравномерного размещения растений по площади поля наблюдается локальное высушивание почвы в загущенных местах за счет усиленного потребления влаги растениями. Вторичная корневая система в таких условиях слаборазвита или не развита вообще. А в тех местах, где посевы разреженные (ширина междурядий более 12,5 см), влага, которую могли бы использовать растения, теряется через испарение (рисунок 2).



Рисунок 1. – Снижение засоренности посева равномерным затенением

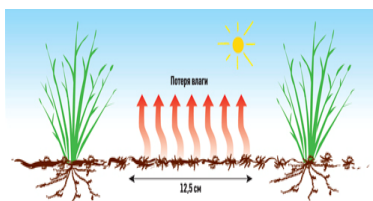


Рисунок 2. – Увеличение ширины междурядий приводит к потере влаги

Следовательно, равномерное распределение растений по площади поля способствует более быстрому затенению поверхности поля и снижению испарения влаги с поля.

Исследования показывают, что при использовании узких междурядий урожайность несколько выше, в том числе благодаря лучшему использованию естественного света. Большая площадь листовой массы при узких междурядьях позволяет более эффективно использовать энергию солнца. В южных регионах страны это преимущество несколько сглаживается за счет более длительного периода вегетации.

Кроме того, широкие междурядья позволяют повысить проветриваемость посевов и уменьшить влажность листовой массы, тем самым уменьшить риск заражения растений листовыми болезнями.

Узкие междурядья, в свою очередь, предотвращают перенос ветром по полю вредных спор. При потенциале биологической урожайности зерновых на уровне 80-90 ц/га, агрономическими службами хозяйств наряду с использованием качественного посевного материала, удобрений и средств защиты необходимо правильно сеять зерновые, то есть обеспечить оптимальную норму высева, оптимальную площадь питания, оптимальную глубину и равномерность залегания семян. Чем выше норма высева, чем хуже условия минерального питания и увлажнения, тем более жесткие требования предъявляют растения к выбору оптимальной площади питания.

Расстояние между растениями в рядке – одно из самых важных требований, на которое в последние годы обращают особое внимание, потому что загущения посевов вызывает растяжение междоузлий базальной зоны, снижение общего и продуктивного куста и формирования слабых растений, неустойчивых к полеганию. Критическое расстояние между растениями в рядке, по данным различных исследователей варьирует от 1 до 1,4 см [1, 2]. При междурядии 12,5 см и норме высева 5-6 млн.шт./га семян, среднее расстояние между растениями в рядке составляет 1,1-1,3 см, то есть приближается к критическому значению. Кроме того, в результате неравномерного высева посевного материала сеялками много растений размещаются значительно ближе друг от друга, попадая в условия жесткой конкуренции на самых ранних этапах развития. Чтобы уменьшить эти негативные факторы во многих странах Западной Европы начали увеличивать среднее расстояние между растениями почти вдвое - до 2,6 см. Накоплено много экспериментальных данных, которые свидетельствуют о том, что растения в рядке должны размещаться более разреженным, чем это принято. Что бы достичь разрежения в рядке, не снижая плотности посева возможно только за счет уменьшения ширины междурядий, что при сохранении одной и той же нормы высева увеличит конкуренцию культурных растений с сорняками, а так же общее производство зерна. Поэтому одним из направлений интенсификации выращивания зерновых в странах Европы является сужение междурядья. Установлено, что его уменьшение на 1 см в среднем обеспечивает прирост урожая зерна на 0,7-1% [1]. Например, в Великобритании сужение междурядий до квадратной конфигурации площади питания позволило повысить урожайность на 10,3 ц / га [2].

Установлено, что оптимум ширины междурядий для зерновых культур лежит в пределах 8-12 см. Принятая в производстве ширина междурядий зерновых 12,5 см сложилась исторически и скорее соответствует механическим возможностям сеялок с двухдисковыми сошниками, чем биологическими требованиями растений. Размещение сошников в два и более рядов улучшает эти показатели.

### **Заключение**

Уменьшение расстояния между рядками зерновых приводит: к дружным всходам, экономии на необходимых средствах защиты растений, снижению загущения посевов, сохранению влаги в почве, предотвращению распространения по посевам вредных спор и тем самым к увеличению урожая.

### **Список использованной литературы**

1 Коледа, К.В. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур : рекомендации / К.В. Коледа; под общ. ред. К.В. Коледы, А.А. Дудука. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 340 с

2 Лепешкин Н.Д. Эффективные способы формирования семенного ложа и заделки семян. Лепешкин Н.Д., Точицкий А.В. Журнал Белорусское сельское хозяйство. С. 71-76.

УДК 631.3.072

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В ТЯГАХ И РЫЧАГАХ НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИНАМОМЕТРИРОВАНИЯ**

А.В. Захаров<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, И.О. Захарова<sup>1</sup>,

А.В. Ващула<sup>2</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*ГУ «Белорусская МИС»,  
п. Привольный, Республика Беларусь*

### **Введение**

Цель данной методики рассчитать усилия, действующие на тяги и рычаги заднего навесного устройства при силовом регулировании и измерении общего тягового сопротивления. При силовом

регулировании взаимодействия трактора и сельскохозяйственного орудия у последнего опорное колесо отсутствует. Поэтому его нормальную реакцию  $Y_n$  примем равной нулю.

### Основная часть

К орудью приложим силу тягового сопротивления орудия  $R_{XY}$ , которую разложим на две составляющие – горизонтальную  $R_X$  и вертикальную  $R_Y$  (рисунок 1):

$$\bar{R}_{XY} = \bar{R}_X + \bar{R}_Y.$$

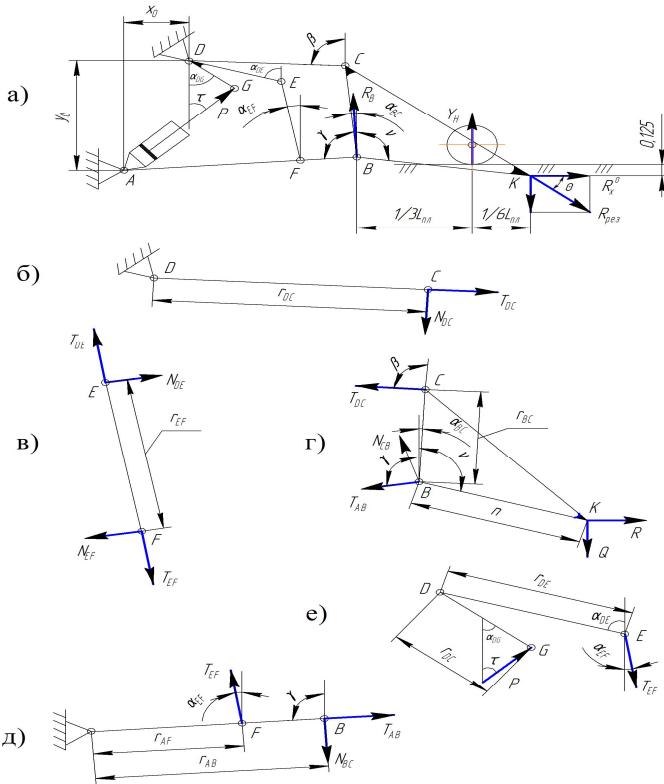


Рисунок 1. – Схемы к расчету нагрузок в навесном устройстве: а – общая схема; б – в верхней тяге (стержне CD); в – нагрузка в раскрое (стержне EF); г – нагрузка в стойке (стержне BC); д – нагрузка в нижней тяге (стержне AB); е – нагрузка в подъемном и поворотном рычагах (стержне DE и DG соответственно)

При этом

$$R_y = R_x \operatorname{tg} \theta + G_{\text{пл}},$$

где  $G_{\text{пл}}$  – вес орудия,  $\theta$  – угол наклона результирующей силы  $R_{XY}$  к опорной поверхности  $\theta = 18\text{--}25^\circ$ .

Силу  $R_{XY}$  приложим посреди плуга в центре тяжести точки  $K$  орудия с продольной координатой  $a_{\text{пл}} = 0,5L_{\text{пл}}$  от оси подвеса точки  $B$ .

Соединим ось подвеса точки  $B$  с точкой  $K$  отрезком длиной  $n$ , направленным под углом  $\nu$  к нормали к опорной поверхности.

Координатные оси, продольные координаты и силы направим горизонтально ( $x$ ) и вертикально ( $y$ ).

В уравновешенном МТА должны соблюдаться следующие равенства [1]:

$$\begin{aligned} \sum x &= 0, & R_x + P_{\text{фил}} &= X_k; \\ \sum y &= 0, & P \cos \tau &= N_{AB} \cos \alpha_{AB}, \end{aligned}$$

где  $P_{\text{фил}}$  – сила сопротивления качению опорного колеса орудия;  $X_k$  – толкающая реакция почвы, приложенная к движителю;  $P$  – усилие гидроподъемника.

Для расчета усилия в звеньях подъемно-навесного устройства нужно составить уравнения моментов относительно шарниров (точек)  $A, B, C, D$  и выразить соответствующие [2]. В результате при силовом регулировании (т. е. при отсутствии опорного колеса у орудия  $Y_n = 0$ ) усилия в звеньях механизма навески от равнодействующей вертикальных сил  $Q$  и равнодействующей горизонтальных сил  $R_x$  определяют по алгоритму, приведенному в таблице 1.

### Заключение

Данная методика позволяет выполнить расчет усилий, действующих на тяги и рычаги заднего навесного устройства при силовом регулировании, измерив, только общее тяговое сопротивление  $R_{\text{рез}}$  орудия. Ранее для этих целей необходимо было измерять шесть составляющих по две (вертикальная и горизонтальная) в каждой тяге, что значительно усложняло и удорожало эксперимент.

Таблица 1. – Алгоритм расчета усилий, в тросах и рычагах заднего навесного устройства при силовом регулировании (без учета «зачемления» верхней тяги)

Усилие, направленное		Коэффициенты	
вдоль	перпендикулярно	$K_i$ нормальных сил	$K'_i$ продольных сил
Верхней тяги $DC$ (из $\sum M_B = 0$ )			
$T_{DC} = K_1 Q + K'_1 R_x$	$N_{DC} = 0$	$K_1 = \frac{n \sin \nu}{r_{BC} \sin(\beta - \alpha_{BC})}$	$K'_1 = \frac{n \cos \nu}{r_{BC} \sin(\beta - \alpha_{BC})}$
Нижней тяги $AB$ (из $\sum M_C = 0$ и $\sum M_{OH} = 0$ )			
$T_{AB} = K_2 Q + K'_2 R_x$	$N_{AB} = K_3 Q + K'_3 R_x$	$K_2 = \cos \gamma - K_1 \cos(\gamma - \beta)$ , $K_3 = \sin \gamma - K_1 \sin(\gamma - \beta)$	$K'_2 = \sin \gamma - K'_1 \cos(\gamma - \beta)$ , $K'_3 = \cos \gamma - K'_1 \sin(\gamma - \beta)$
Раскоса $EF$ (из $\sum M_A = 0$ )			
$T_{EF} = K_4 Q + K'_4 R_x$	$N_{EF} = 0$	$K_4 = \frac{K_3 r_{AB}}{r_{AF} \cos(\alpha_{EF} - \alpha_{AB})}$	$K'_4 = \frac{K'_3 r_{AB}}{r_{AF} \cos(\alpha_{EF} - \alpha_{AB})}$
Штока гидроцилиндра (из $\sum M_D = 0$ )			
$P = K_5 Q + K'_5 R_x$	–	$K_5 = \frac{K_4 r_{DE} \sin(\alpha_{DE} - \alpha_{EF})}{r_{DG} \sin(\alpha_{DG} + \tau)}$	$K'_5 = \frac{K'_4 r_{DE} \sin(\alpha_{DE} - \alpha_{EF})}{r_{DG} \sin(\alpha_{DG} + \tau)}$
<i>Примечания.</i>			
1. $\gamma = 90^\circ \pm \alpha_{AB}$ , где $\alpha_{AB}$ – угол наклона к горизонтали тяги $AB$ ;			
2. $\beta = 90^\circ \pm \alpha_{CD}$ , где $\alpha_{CD}$ – угол наклона к горизонтали тяги $CD$ ;			
3. $n$ – длина условного рычага $BK$ , соединяющего ось подвеса точки $B$ с точкой приложения результирующей силы тягового сопротивления $R_{рез}$ , расположенной на глубине $h_{пл}/2 = 0,125$ м;			
4. $Q = R_x \operatorname{tg} \theta$ – вертикальная составляющая результирующей силы тягового сопротивления $R_{рез}$ .			

### Список использованной литературы

1. Теория тракторов и автомобилей: лаб. практикум: в 2 ч. БГАТУ / Г.С. Горин, А.В. Захаров [и др.] – Минск, 2009. – Ч. 1. – 124 с.
2. Уравновешивание эшелонированного пахотного агрегата на базе гусеничного трактора в продольно-вертикальной плоскости Г.С. Горин, А.В. Ващула // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2008. - №1. – С. 89-95.

## РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС» СО СДВОЕННЫМИ КОЛЕСАМИ ПРИ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ

А.И. Бобровник<sup>1</sup>, д.т.н., профессор, Т.А. Варфоломеева<sup>2</sup>,  
Н.А. Поздняков<sup>1</sup>, Г.И. Гедроить<sup>2</sup> к.т.н., доцент,  
С.В. Занемонский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### Введение

С целью выполнения требований по повышению тягово-сцепных качеств тракторов при работе на почвах с малой несущей способностью предусматривается снижение удельного давления на почву путем увеличения площади пятна контакта движителей с опорной поверхностью за счет применения сдвоенных колес на ведущих осях тракторов.

### Основная часть

В настоящее время сдваивание передних и задних колес тракторов «БЕЛАРУС» мощностью 250...300 л.с. осуществляется с помощью специальных проставок. Недостатком такой системы сдваивания являются значительная трудоемкость изготовления проставок и металлоемкость конструкции.

Нами разработана конструкция нового опорно-сцепного устройства для сдваивания задних колес трактора «БЕЛАРУС», позволяющая улучшить агроэкологические свойства агрегата, при выполнении сельскохозяйственных и транспортных работ, особенно при криволинейном движении и движении на поворотах. В устройстве крутящий момент передается на наружное и внутреннее колеса при прямолинейном движении трактора, а при криволинейном движении наружное колесо отсоединяется от трансмиссии трактора и переводится в ведомый режим. [1]

Анализируя кинематику поворота ведущей задней оси трактора и особенности дифференцированного привода колес и взаимодействие пневматической шины с опорной поверхностью

можно сделать вывод, что линейные  $v$  и угловые  $\omega$  скорости движения колес пропорциональны радиусам  $R$  поворота внутреннего и наружного колес. Необходимость полной реализации тягово-сцепных свойств трактора со сдвоенными колесами предполагает жесткое соединение обоих колес с полуосью. Только в этом случае крутящий момент, подводимый к полуоси будет реализован на обоих сдвоенных колесах.

Однако, при криволинейном движении вследствие разности угловых скоростей вращения происходят следующие параллельные процессы:

- скручивание участка полуоси между точками закрепления внутреннего и наружного колес с величиной скручивающего момента, пропорционального расстоянию  $l_s$ ;
- тангенциальная деформация шины преимущественно наружного колеса из-за его большей угловой скорости ( $\omega_1 > \omega_2$ ).

Описанные процессы сопровождаются затратами мощности, подводимой к ведущим колесам на скручивание полуоси и деформацию шины. Следует отметить, что с момента начала возникновения этих процессов скручивание полуоси и деформация шины носят накопительный характер.

Для выполнения расчетных исследований нами была составлена модель в среде математического моделирования *MATLAB/Simulink* (рисунок 1).

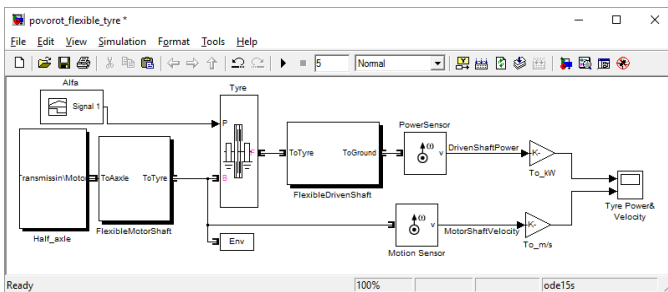


Рисунок 1. – Схема математической модели в среде *MATLAB/Simulink*

Модель описывает математические зависимости энергетических показателей системы, представляющей собой часть трансмиссии с подводимой к полуоси мощности двигателя и установленных на ней сдвоенных колес и их взаимодействие с опорной поверхностью.

В процессе расчетного исследования задавалась зависимость угла поворота  $\alpha$  управляемых колес трактора БЕЛАРУС 3022ДВ от времени моделирования (рисунок 2). На каждом шаге расчета определялись радиусы качения ведущих колес относительно центра поворота и их угловые скорости вращения. В качестве результатов расчетных исследований определены зависимости линейной скорости движения  $v_k$  одного из сдвоенных колес (например наружного) и теряемой подводимой мощности  $N_T$  на ведущей полуоси трактора по времени моделирования  $t$ .

При накоплении деформации шины выше предельного значения, при котором усилие на ее деформацию становится выше силы сцепления колеса с опорной поверхностью, происходит резкая потеря сцепления и накопленная потенциальная энергия деформации раскручивает колесо. При этом, его частота вращения резко увеличивается (при  $t \approx 2,5$  с).

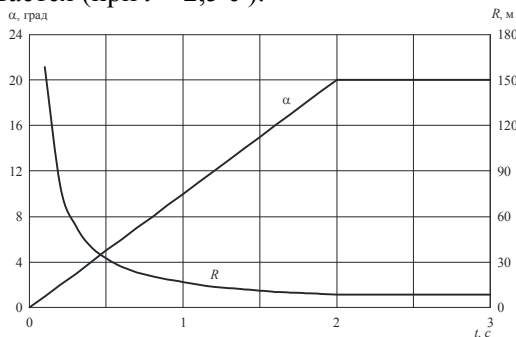


Рисунок 2. – Зависимости угла поворота управляемых колес  $\alpha$  и среднего радиуса  $R$  поворота наружного и внутреннего сдвоенных колес за время моделирования

Увеличение частоты вращения происходит до тех пор, пока не установится исходная деформация шины. Таким образом, процессы накопления деформации, сопровождающиеся потерями мощности  $N_T$ , и ее восстановление носят колебательный затухающий характер при неизменном угле поворота управляемых колес [2].

### Заключение

Представленные результаты расчетного моделирования являются частным примером более широких возможностей использования разработанной модели, которые будут реализованы при дальнейших исследованиях тягово-сцепных, мощностных и

экономических свойств тракторов со сдвоенными ведущими колесами.

### **Список использованной литературы**

1. Устройство для улучшения опорно-сцепной проходимости движителя/ пат. ВУ 17002 С1 2013.04.30 Респ. Беларусь, МПК В 60С 3/00/ М.А. Прищепов; С.К. Карпович; А.И. Бобровник; В.П. Бойков; В.Г. Ермаленок; В.С. Лешков; Т.А. Варфоломеева; заявитель Бел. гос. аграрн.-техн. ун-т. – № а 20101359; заявл.22.09.10; опубл. 30.04.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 156-157.

2. Гуськов, В.В. Тракторы: теория. Часть II / В.В. Гуськов. - Минск. Высшая школа, 1977. — 384 с.

УДК 664.726.9

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

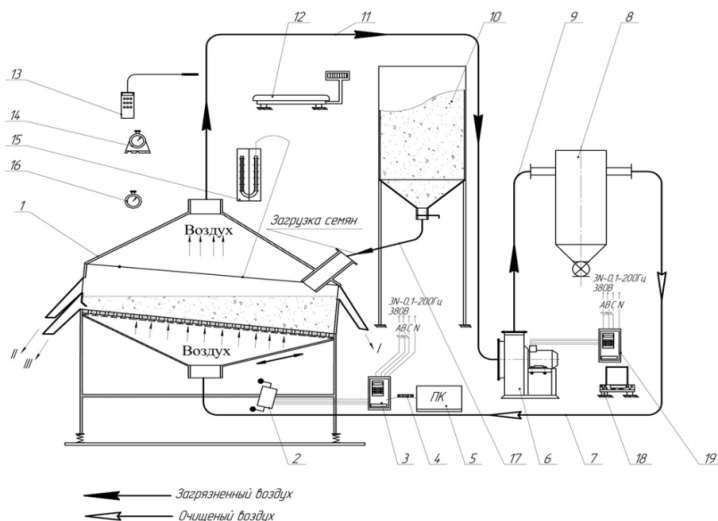
В.М. Поздняков, к.т.н., доцент, С.А. Зеленко, П.И. Павлюкевич  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Сортирование семян сельскохозяйственных культур в псевдоожиженном слое является необходимым условием подготовки качественного семенного материала. При проектировании нового вибропневматического оборудования, критерием оценки его эффективной работы, наряду с качественными показателями, является производительность, под которой понимают количество продукции, обработанное на оборудовании за единицу времени.

### **Основная часть**

Для проведения экспериментальных исследований процесса самосортирования семян по плотности был спроектирован и изготовлен экспериментальный стенд, с помощью которого изучались основные закономерности процесса самосортирования сыпучей массы [1]. Схема экспериментального стенда представлена на рисунке 1.



I – легкая фракция (легковесные и низконатурные семена); II – средняя фракция (основная партия семян); III – плотная фракция (семена с высоким потенциалом урожайности); 1 – лабораторный вибропневматический сепаратор; 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 – угломер 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.

Рисунок 1. – Схема экспериментального стенда

Принцип действия разработанного вибропневматического сепаратора с прямоточным разделением фракций для самосортирования семян сельскохозяйственных культур основан на избирательном транспортировании отличающихся плотностью семян в псевдооживленном слое [2]. На основании экспериментальных и расчетных данных получена математическая зависимость (1), позволяющая определить производительность сепаратора от режимно-технологических параметров. Анализ математической зависимости показал, что производительность вибропневматического сепаратора с прямоточным разделением фракций зависит от угла наклона, амплитуды и частоты колебания сетчатой деки, а также параметров воздушного потока в рабочей камере.

$$Q = B \cdot (h_1 + h_2) \cdot k \cdot \rho_n \times \left[ \frac{A\omega(1 - \cos \omega\tau) \cos(\varphi_m - \beta)}{\cos \varphi_m} - \frac{A \sin \omega\tau \times \cos(\varphi_m + \gamma)}{m \cos \varphi_m} - \frac{g\tau \sin(\varphi_m + \alpha)}{\cos \varphi_m} + \frac{F_{ap} \tau \sin(\varphi_m + \alpha)}{m \cos \varphi_m} + \frac{F_g \tau}{m} \operatorname{tg} \varphi_m \right] \quad (1)$$

где  $Q$  – производительность вибропневматического сепаратора, кг/с;  $B$  – ширина сетчатой деки, м;  $h_1$  – высота зазора между сетчатой декой и выходным патрубком для плотной фракции, м;  $h_2$  – высота зазора между выходным патрубком для плотной и средней фракций, м;  $k$  – поправочный коэффициент,  $\rho_n$  – насыпная плотность семян, поступивших на вибропневмосортирование, кг/м<sup>3</sup>;  $A$  – амплитуда колебания наклонной поверхности (сетчатой деки), мм;  $\omega$  – частота колебания сетчатой деки, рад/с;  $\alpha$  – угол наклона сетчатой деки, рад;  $\tau$  – время, с;  $\varphi_m$  – угол трения частиц о наклонную плоскость, рад;  $\beta$  – угол действия вынуждающей силы, рад;  $m$  – масса частицы, кг;  $\gamma$  – угол приложения силы сопротивления, рад;  $g$  – ускорение свободного падения м/с<sup>2</sup>;  $F_{ap}$  – сила Архимеда, Н;  $F_g$  – сила аэродинамического воздействия воздушного потока на частицу, Н.

Сравнительный анализ расчетных и экспериментальных данных, показал высокую сходимость производительности при одинаковых значениях режимно-технологических параметров работы вибропневматического сепаратора.

### Заключение

Таким образом, на основании проведенных теоретических исследований получено уравнение для определения теоретической производительности вибропневматического сепаратора, учитывающее физико-механические свойства обрабатываемых семян и конструктивные особенности оборудования.

### Список использованной литературы

1. Поздняков, В.М. Разделение зерновой массы по удельной плотности на сепараторе вибропневматического принципа действия / В.М. Поздняков, С.А. Зеленко // Агропанорама. – 2013. – №4. – С. 18-22.

2. Устройство для сортирования семян: пат. 20450 Респ. Беларусь, МПК В 07В 4/08 С1 / В.М. Поздняков, А.И. Ермаков, С.А. Зеленко; заявитель Беларусский гос. аграр. тех. ун-т. – № а 20121838; заявл. 27.12.2012; опубл. 08.06.2016.

УДК 629.3

## **ФОРМИРОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОГО УВОДА КОЛЕС ЗАДНЕГО ВЕДУЩЕГО МОСТА ТРАКТОРА**

В.М. Головач, А.Л. Лонский

*Белорусский государственный аграрный технический университет,*

*г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Формирование «правильной» кинематики колес заднего ведущего моста (ЗВМ) трактора является важной задачей в криволинейном движении МТА.

### **Основная часть**

Экспериментальным исследованиям предшествовали аналитические [1,2] и экспериментальные, описанные в работах [3,4]. 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 межколесный дифференциал (МКД) в формировании углов кинематического увода колес, а следовательно и кинематики поворота.

На рисунке 1,а показана кинематическая схема поворота неуправляемого ЗВМ. Если поворот происходит вокруг геометрического центра  $O_r$ , то соотношение скоростей колес  $\frac{V_3^0}{V_4^0} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{R_3^0}{R_4^0}$ , а

радиус поворота ЗВМ

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

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  $\bar{V}_4^0 + \Delta\bar{V}$  и  $\bar{V}_{34}$ , найдем новый центр  $O_k^-$  скоростей. Здесь  $\varphi$  – угол кинематического увода. Из рисунка 1,а следует, что увеличение скорости внешнего колеса при одновременном снижении скорости внутреннего приводит к уменьшению радиуса поворота

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

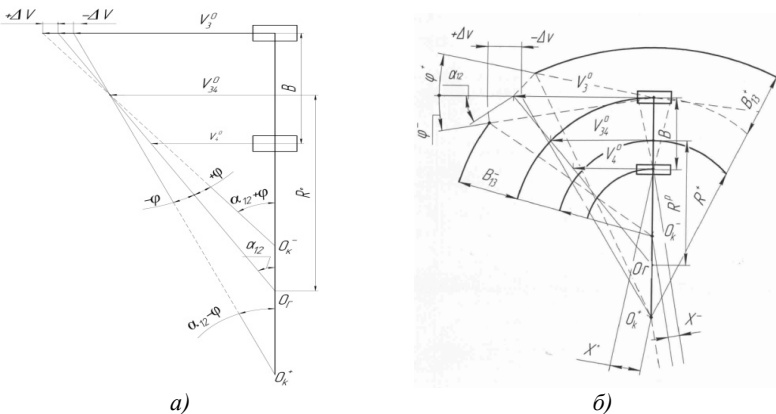


Рисунок 1. – План скоростей колес ЗВМ при повороте без (а) и с (б) разворотом корпуса ГТС

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  $\bar{V}_4^0 - \Delta\bar{V}$  и  $\bar{V}_{34}$ , найдем новый центр  $O_k^+$ . Радиус поворота тележки найдем по формуле

$$R_{34}^+ = \frac{B}{V_3^0 - V_4^0 - 2\Delta V_{13}} (V_3^0 + V_4^0), \quad R^+ = R^0 \frac{1 + \varphi \operatorname{tg} \alpha_{12}}{1 - \frac{\varphi}{\operatorname{tg} \alpha_{12}}}.$$

Формирование углов кинематического увода при развороте корпуса трактора представлено на рисунке 1,б. При повороте корпуса трактора против часовой стрелки (с прокатыванием внешних колес вперед с помощью активного управляемого МКД) вокруг кинематического центра  $O_k^-$  показатели кинематики поворота – радиусом поворота  $R_k^-$  шириной следа колес внешнего борта  $B_{13}^+$  – хуже, а центр скоростей смещением вперед  $X^-$ . При повороте корпуса трактора по часовой стрелке (с прокатыванием внешних колес назад  $R_k^+$ ) происходит вокруг кинематического центра  $O_k^+$  с радиусом поворота, шириной следа колес внешнего борта  $B_{13}^-$  и смещением центра скоростей назад  $X_k^+$ . Догрузив колесо  $i=3$ , можно сместить в его центр полюс трения и поменять кинематику поворота. Это возможно только для регулирования курсовой устойчивости трактора при пахоте с несимметричной тяговой нагрузкой.

### Заключение

Уменьшить отрицательные последствия применения МКД можно применяя активные межколесные приводы, (с подводом энергии к внешним колесам)

### Список использованной литературы

1. Горин, Г.С. Тяговая динамика, поворачиваемость и силовые потоки мобильных тягово-энергетических средств. – Минск: Наука и техника. – 2013. – 373 с.
2. Горин, Г.С. Разработка гибридной теории поворота машинно-тракторного агрегата. Кинематика / Г.С. Горин // Вести Нац. Акад. Наук Беларуси. Сер. Аграр.наук. – 2012. – №1. – С.91-107.
3. 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.
4. Горин, Г.С. Стабилизация корпуса трактора при повороте с тяговой нагрузкой / Г.С. Горин, В.М. Головач // Вести Нац. Акад.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ ХОДОВЫХ СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

А.Г. Белевич, С.А. Дорохович, С.В. Занемонский  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Современное высокомеханизованное сельскохозяйственное производство создает целый ряд антропогенных факторов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Особенно значительны и многосторонни последствия при работе мобильной техники, находящейся в непосредственном контакте с почвой, растениями, влагой, воздухом и другими компонентами.

Существующие технологии выращивания сельскохозяйственных культур включают большое количество приемов воздействия на почву, которые в результате ухудшили ее физические показатели. Их недооценка приводит к эрозии, переуплотнению, загрязнению почвы, вследствие чего валовые потери продукции достигают 20% [1, 2].

### **Основная часть**

Наблюдения показали, что ходовые системы тракторов и сельскохозяйственных машин неблагоприятно влияют на структуру и плодородие почвы.

Установлено, что при выполнении всех технологических операций по возделыванию и уборке сельскохозяйственных культур различные машины проходят по полю от 5 до 10 раз. При этом 10-12% площади поля подвергается воздействию ходовых органов от 6 до 10 раз, 65-80% – от 1 до 6 раз и только 10-15% площади поля не подвергается воздействию. В результате глубина уплотнения почвы достигает 0,3-0,8 м [2].

Механическое воздействие движителей на почву не может рассматриваться только в виде уплотняющего воздействия. Одновременно с этим происходит интенсивное разрушение структуры поч-

вы под влиянием перемещения и буксования движителей. Совокупность действия этих факторов приводит к снижению плодородия почв и урожайности возделываемых культур, усилению процессов водной и ветровой эрозии.

Установлено, что максимальное давление на почву колесного и гусеничного движителей на ранневесенних и посевных работах составляет 80 кПа [3], нормальное напряжение в почве составляет 25 кПа [3]. Выпускаемые промышленностью энергонасыщенные тракторы имеют максимальное давление на почву колесными и гусеничными движителями более 180 кПа.

Для оценки воздействия на растения были проведены испытания на ранневесенней подкормке озимой ржи карбомидно-аммиачной смесью самоходным опрыскивателем «РОСА» (полная масса 2100 кг) оснащенным шинами-оболочками ОШ-1 (давление воздуха 20 кПа) и опрыскивателем «ТУМАН-2» (полная масса 4400 кг) оснащенного шинами низкого давления *AVTOROS S-TRIM* 49x23,5-21LT (давление воздуха 45 кПа). При работе обеих машин озимая рожь приминается колесами, колея практически отсутствует, в течение недели растения полностью восстанавливаются. Т.е. обе машины оказывают одинаковое воздействие на растения [4].

Проведено исследование по определению влажности почвы методом высушивания. Была поставлена цель, оценить изменение влажности почвы после прохода самоходным опрыскивателем «ТУМАН-2», оснащенного шинами низкого давления *AVTOROS S-TRIM* по посевам озимой ржи.

Таблица 1. – Результаты экспериментальных испытаний по определению влажности почвы

№	Вес пустой бьюксы, г	Вес бьюксы с почвой, г	Вес бьюксы с почвой после высушивания, г	Вес испарившейся влаги, г	Влажность почвы, %
1	15,494	90,1	82,6	7,5	11,176
2	15,628	83,6	76,3	7,3	12,032
3	14,879	64,7	57,6	7,1	16,619
4	15,302	84,45	76,75	7,7	12,531
5	15,442	90,5	83,7	6,8	9,962
6	16,244	92,6	86,1	6,5	9,305
7	15,536	91,3	84,6	6,7	9,701
8	14,773	74,75	67,15	7,6	14,510
9	16,452	84,6	77,6	7	11,448

## **Заключение**

Результаты проведенных экспериментов показали, что по следам самоходной машины «ГУМАН-2» происходит изменение количества веса испарившейся влаги в пятне контакта 1–1,2% и влажности почвы до 3%.

### **Список использованной литературы**

1. Спирин, А.П. Экологические требования к сельскохозяйственной технике / А.П. Спирин, О.А. Сизов // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 2. – С. 19-22.

2. Юшин, А.А. Пути снижения уплотнения почвы мобильными агрегатами / А.А. Юшин, В.Г. Евтенко, Ю.Н. Благодатный // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1985. – № 4. – С. 17-20.

3. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ 26955-86. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.

4. Бойков, В. П. Давление на почву и воздействие на растения колес машин для внесения удобрений / В.П. Бойков, Ч.И. Жданович, А.Г. Белевич, А.А. Дзема, М.И. Мамонов // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 14-й Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2016. – Т. 2. - С. 31.

УДК 629.366.032

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И НАГРУЖЕННОСТИ МЕХАНИЗМОВ ОТБОРА МОЩНОСТИ ТРАКТОРОВ ДЛЯ ПРИВОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

Л.Г. Сапун, к.т.н., доцент, Т.А. Варфоломеева,  
И.О. Бондаренко, С.В. Занемонский, А.Г. Белевич  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Валы отбора мощности (ВОМ) являются конечными элементами систем отбора мощности (СОМ), которые предназначены для привода активных рабочих органов (АРО) сельскохозяйственных машин, агрегируемых с трактором.

В связи с возрастанием энергонасыщенности современных тракторов, значимость СОМ также возрастает, поскольку, с одной стороны, уменьшается доля мощности, которая может быть реализована на тягу по сцеплению ведущих колес с почвой, а с другой – увеличивается номенклатура сельскохозяйственных машин с АРО, так как они менее чувствительны к изменению скорости движения [1].

Основным типом СОМ современных тракторов являются механические системы отбора мощности с механическим ВОМ, являющимися составной частью трансмиссии.

### **Основная часть**

ВОМ работает в одном из двух режимов: установившемся или переходном. Установившийся режим работы является для ВОМ основным и наиболее длительным по времени. Переходный режим, включающий в себя разгон и остановку рабочих органов сельскохозяйственных машин, является кратковременным по времени, но может оказаться определяющим для некоторых составных частей ВОМ, например, для функциональных элементов механизма включения (тормозные ленты, фрикционные диски). При анализе установившегося режима работы ВОМ необходимо выявить: часть мощности двигателя, отбираемой для привода АРО сельскохозяйственных машин; величину и стабильность крутящего момента, нагружающего ВОМ на наиболее характерных видах работ; длительность использования ВОМ в общем балансе занятости трактора. При анализе переходного (неустановившегося) режима работы необходимо знать [2]: частоту включения ВОМ, максимальный динамический крутящий момент ( $M_{Вмакс}$ ), возможность разгона рабочих органов сельхозмашин при движении трактора.

Для оценки использования ВОМ необходим сбор информации по работе большого количества тракторов в различных почвенно-климатических условиях на различных видах сельскохозяйственных работ, что само по себе является довольно сложной задачей, поскольку в применении к современным моделям тракторов и шлейфу сельскохозяйственных машин таких широких эксплуатационных испытаний не проводилось, в качестве примера используем оценочные данные по использованию ВОМ в годовом балансе занятости 2500 тракторов тягового класса 1,4. Определяем спектральную плотность крутящего момента на ВОМ (рисунок 1) и его максимальное значение  $M_{Вмакс}$  (таблица 1).

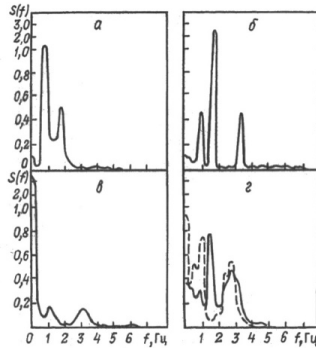


Рисунок 1. – Нормированная спектральная плотность крутящего момента на ВОМ трактора тягового класса 1,4 ( $N=60$  кВт): а – скашивание зерновых в валки (ЖРБ-4,9) на 4-ой передаче; б – опрыскивание (ОВТ-1А) на 3-ей передаче; в – скашивание зеленой массы на 3-ей передаче (КИР-1Б), г – уборка кукурузы на силос (КС-2,6) на 3-ей и 4-ой передачах.

Таблица 1 – Статистические характеристики нагруженности ВОМ

Вид сельскохозяйственных работ	$\bar{m} M_B$ , Нм	$\sigma M_B$ , Нм	$\omega_1-\omega_2$ , Гц	$\omega_{i\max}$ , Гц	Число включений ВОМ за 1 час	$M_{B\max}$ , Нм
Уборка кукурузы на силос комбайном КС-2,6	267	73	0,5-3,0	0; 0,85; 2,51	14,1	810
Скашивание зеленой массы на корм косилкой КИР-1,5	213	100	0,4-3,55	0; 1,0; 3,0	6,9	790
Скашивание зерновых в валки жаткой ЖРБ-4,9	148	78	0-2,25	0,8; 1,6	5,8	235
Опрыскивание опрыскивателем ОВТ-1А	114	28	0,3-3,8	1,2; 1,8; 3,6	–	171

Примечание:  $\bar{m} M_B$  – математическое ожидание, Нм;  $\sigma M_B$  – среднее квадратическое отклонение, Нм;  $\omega_1-\omega_2$  – диапазон частот с преобладающей долей дисперсии более 80 %, Гц;  $\omega_{i\max}$  – частоты экстремальных значений спектральной плотности, Гц ( $i=1, 2, 3, \dots, k$ );  $M_{B\max}$  – максимальный крутящий момент, Нм.

Сопоставление величин  $M_{B\max}$  и  $\bar{m} M_B$  позволяет установить, что динамический крутящий момент  $M_{B\max}$  при переходных процессах

превосходит среднюю величину момента  $\bar{m}M_e$  при установившемся режиме примерно в 1,5...3,7 раза.

Это необходимо учитывать при расчете ВОМ на надежность и долговечность.

### **Заключение**

Анализ процесса разгона показывает, что по мере увеличения затрат мощности на привод АРО сельскохозяйственной машины разгонные качества МТА ухудшаются. Однако, для тракторов «Беларус» разгон МТА практически не лимитируется величиной загрузки двигателя при существующих скоростях движения. С увеличением момента инерции АРО сельскохозяйственной машины возможность осуществления разгона МТА улучшается, а во время буксования сцепления и ее нагруженности возрастают.

### **Список использованной литературы**

1. Болотов, А. К., Лопарев, А. А., Судницин, В. И. Конструкция тракторов и автомобилей Москва, Колос, 2008 – 349 стр.
2. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов. – М.: Машиностроение, – 2009. – 751 с.

УДК 631.348.45

## **СОГЛАСОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ ПРИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ МАШИННО-ТРАКТОРНЫМИ АГРЕГАТАМИ С ОБОРОТНЫМИ ПЛУГАМИ**

О.В. Гордеенко<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, И.С.Крук<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Ф.И. Назаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Республика Беларусь;*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Для соблюдения равномерности глубины пахоты необходимо устойчивое движение трактора. В этом отношении должно соблюдаться условие определенной загрузки передних ведущих колес (не менее 20 % от эксплуатационной массы трактора), за счет

установки на тракторе балласта [1].

Многие компании в Западной Европе используют вместо балласта дополнительные приспособления (для усадки и дополнительной обработки пласта) при вспашке, монтируя их на переднюю навеску трактора (рисунок 1).

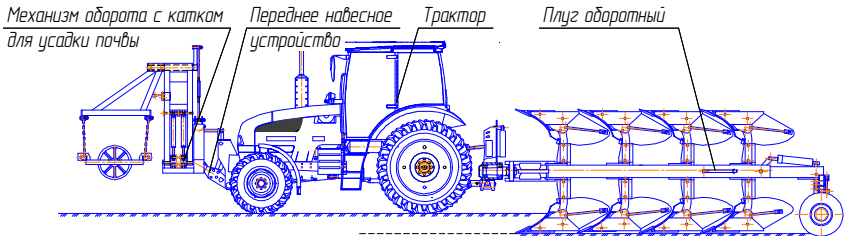


Рисунок 1. – Использование фронтального катка-почвоуплотнителя на пахотном агрегате

Первый проход челночным способом пахотный агрегат проходит вдоль края поля, при этом каток находится в транспортном положении (рисунок 2,а). Для того, чтобы начать обработку первого прохода, вспаханного плугом, каток переводится из транспортного положения в рабочее (левое – при работе левооборотных корпусов; правое – при работе правооборотных корпусов) с помощью гидросистемы трактора через гидроцилиндры механизма оборота (рисунок 2б, в).

Во время вспашки второго и последующих проходов плугом, каток крошит комки, выравнивает поверхность предыдущего прохода. После завершения прохода механизатор из кабины трактора поднимает каток в транспортное положение вместе корпусами плуга. Производит разворот трактора, а затем переводит каток и корпуса плугов в очередное рабочее положение.

Очевидно, что рабочая ширина катка  $B_p$  должна согласовываться с шириной захвата плуга (рисунок 2в).

Остальные метрические параметры механизма оборота катка зависят от его конструктивных особенностей и колеи трактора.

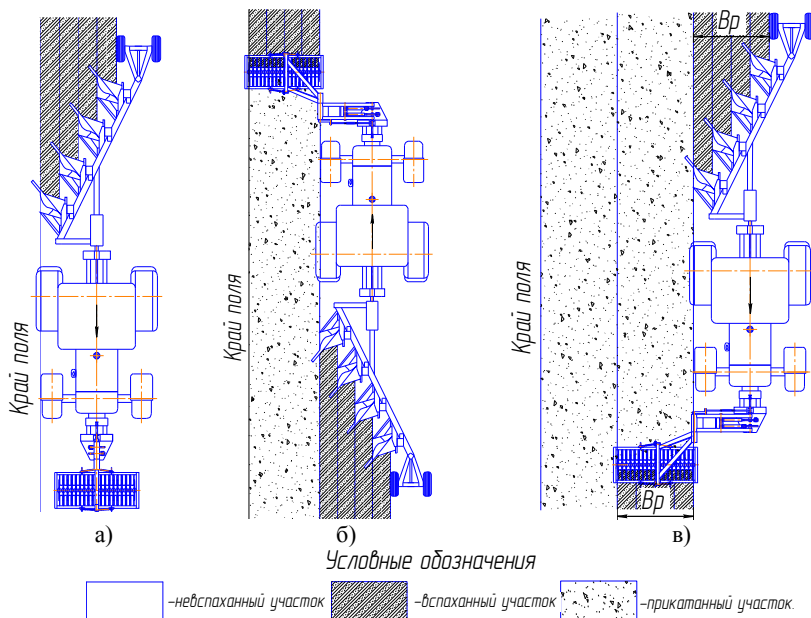


Рисунок 2. – Схема работы пахотного агрегата челночным способом:  
 а – первый проход от края поля; б – работа левооборачивающими корпусами;  
 в – работа правооборачивающими корпусами.

Наиболее простой является схема с одним гидроцилиндром (рисунок 3). Однако данное конструктивное решение при работе с оборотными плугами приводит к движению трактора с ориентацией левого или правого борта по борозде. Это объясняется критическим положением кулисного механизма  $OABCZ$  при транспортном положении катка. При работе трактора на горизонтальной поверхности осуществить поворот коромысла  $BC$  (опускание катка влево или вправо) относительно шарнира  $B$ , при выдвигении штока гидроцилиндра  $OA_1$ , не представится возможным. Кроме этого, вождение колесного трактора по невспаханному полю вне борозды всегда связано с риском разрушения ее вертикальной стенки, сползания в сторону пахоты.

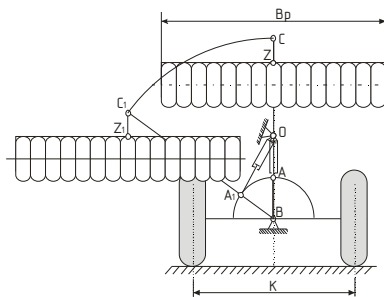


Рисунок 3. – Кинематическая схема подъема катка в транспортное положение при работе трактора на горизонтальном участке

Осуществить перевод катка из транспортного положения в рабочее, возможно только в том случае, если трактор заедет одним из бортов в борозду. В этом случае остов трактора повернется на некоторый угол и под действием сил тяжести катка коромысло  $BC$  переместится относительно шарнира  $B$  в сторону наклона трактора. Линия действия усилия штока в этом случае не совпадает с коромыслом  $BC$ , т.е. гидроцилиндр становится работоспособным. Дальнейшее движение штока гидроцилиндра переместит коромысло  $BC$  в горизонтальное положение. В этом случае линейный размер коромысла  $BC$  (стрелы механизма оборота катка) согласовывается с шириной захвата плуга  $B_p$  и колеями трактора  $K$  по зависимости:

$$(BC) = \frac{K + B_p}{2}.$$

В соответствии с отраслевым регламентом ОР-2011-11-01 «Обработка почвы» плотность подпахотного горизонта не должна превышать  $1,6 \text{ г} \cdot \text{см}^3$ , а следовательно и давление в шинах колес на данный уровень плотности должно находиться с учетом допустимого буксования 16-18 % в пределах  $0,12 \text{ МПа}$  (1,2 атм). В работе [2] отмечается, что при таком внутреннем давлении, находясь в открытой борозде, шина заднего колеса тракторов тягового класса 3 и выше как отечественного, так и импортного производства деформируется и увеличивает ее поперечный размер в два раза, раздавливая борозду в обоих направлениях.

### Заключение

1. Использование фронтальной навески с механизмом оборота для дополнительных устройств, конструктивно оборудованных одним гидроцилиндром, применимо для колесных тракторов тяго-

вого класса 1,4 и 2,0 при работе с оборотными плугами с ориентацией левого или правого борта по борозде.

2. Использование фронтальной навески с дополнительными орудиями для основной обработки почвы оборотными плугами с тракторами более мощного сегмента предполагает вождение по невспаханному полю вне борозды. В этом случае механизм оборота должен оснащаться двумя гидроцилиндрами двустороннего действия.

### **Список используемой литературы**

1. Дополнительные орудия для повышения эффективности основной обработки почвы оборотными плугами / И.С. Крук, О.В. Гордеенко, Ф.И. Назаров [и др.] // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: Сборник науч. статей Межд. научн.-практ. конф.: Минск, 8-9 июня 2016 г./ Редкол.: Н.Н. Романюк [и др.]. - Минск: БГАТУ, 2016. - С. 118-122

2. Чудо-плуг: ровняет поле как утюг / Drupal.  
<http://zil.mogved.by/content/chudo-plug-rovnjaet-pole-kak-utjug/> stati (дата доступа 27.03.2017)

УДК 631.67:635

## **ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ОВОЩЕЙ ОТКРЫТОГО ГРУНТА**

В.Н. Дашков д.т.н., профессор, Н.М. Мурашко, Л.А. Абрамчик,  
Д.С. Шахрай

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

### **Введение**

Повышения урожайности овощной продукции в Республике Беларусь можно достичь, применяя новые технологии искусственного орошения овощных культур, выращиваемых в условиях открытого грунта. Практика выращивания таких культур продемонстрировала недостатки традиционных способов полива по бороздам и дождевания, заключающиеся в неравномерности распределения влаги, неэкономном расходе водных ресурсов и неэффективности или невозможности внесения с поливной водой

растворимых удобрений и средств защиты растений [1]. Капельное орошение – способ полива, при котором вода по системе полиэтиленовых трубопроводов микроводовыпусков (эмиттеров) попадает в корневую зону каждого растения в соответствии с его потребностями. Преимущество капельного орошения заключается еще и в том, что вместе с поливной водой можно систематически вносить малые дозы неорганических удобрений. Оптимальные условия питания для растений создаются, если удобрения вносятся в наиболее влажный слой почвы, а внесение их с поливной водой способствуют прибавке урожая и повышению коэффициента использования питательных веществ [3]. Кроме того, на 30-50% снижаются нормы внесения удобрений при их подаче непосредственно в корневую систему каждого растения [2].

### **Основная часть**

Система капельного орошения состоит из водозаборного узла, фильтростанции, узла внесения удобрений, регулятора давления, магистрального трубопровода, оросительных трубок с микроводовыпусками (эмиттерами). Для дозированного внесения удобрений и средств защиты растений от почвенных вредителей предназначен такой элемент системы капельного орошения, как удобрительный узел. Обычно удобрительный узел используют в виде инжектора, так как он отличается простотой и надежностью.

Правильно рассчитанный и приготовленный маточный раствор обеспечивает надежную работу растворного узла и создает условия полноценного питания растений. Составить питательный раствор можно двумя способами: на основе комплексных удобрений или используя исключительно моноудобрения. Очень важно при подборе удобрений учитывать, что они должны быть полностью водорастворимыми и не содержать балластных примесей [1].

Порядок проектирования системы капельного орошения заключается в предварительном расчете водопотребления, расчете количества оросительной трубки на участок согласно схеме посадки, делении участка на поливные блоки (учитывая длину рядов, мощность насоса, дебет скважины), подбор фильтростанции (учитывая расход воды по блокам и желаемое время полива участка), подборе магистральных и разводящих трубопроводов. При расчете трубопроводов производят гидравлический расчет водопроводной сети, который заключается в определении диаметров трубопроводов по известному расходу воды и потерь

напора на всех ее участках, а также в определении минимального давления на входе системы. При выборе фильтростанции необходимо учитывать источник водоснабжения (открытый водоем или скважина), степень загрязненности воды, а также производительность насосной станции.

Потребность в оросительной трубке рассчитывается для каждой культуры в отдельности с учетом возделываемой площади и схемы посадки:

$$L_t = \frac{S_k \cdot 10000}{L}, \quad (1)$$

где  $L_t$  – потребность в оросительной трубке, м;  $S_k$  – площадь возделываемой культуры, га;  $L$  – расстояние между оросительными трубками (по схеме посадки).

При расчете трубопроводов производят гидравлический расчет водопроводной сети, который заключается в определении диаметров трубопроводов по известному расходу воды и потерь напора на всех ее участках, а также в определении минимального давления на входе системы. Для определения расхода воды на гектар используется следующая зависимость:

$$W = \frac{10 \cdot q}{L \cdot a}, \quad (2)$$

где  $W$  – расход воды на гектар, м<sup>3</sup>/ч;  $q$  – норма вылива одного эмиттера, л/ч;  $L$  – расстояние между оросительными трубками, м;  $a$  – расстояние между эмиттерами оросительной трубки, м.

Для определения качества работы эмиттеров используют такие показатели как коэффициент истечения  $x$  и коэффициент вариации  $C_v$  (может быть вычислен путем измерения нормы истечения каждого эмиттера капельной ленты (обычно берут 25 проб)).

$$C_v = \frac{S_q}{q}, \quad (3)$$

где  $S_q$  – отклонение от нормы истечения, измеренное путем взятия проб,  $q$  – средняя норма истечения проб.

Коэффициент истечения для эмиттеров является мерой того, как изменяется норма истечения в зависимости от изменения давления. Но в таких расчетах не учитывается влияние реологических свойств применяемых удобрений на качество орошения и

подкормки. Тем не менее, наши исследования показывают, что при изменении температуры и давления в системе изменяются вязкость и плотность удобрения [4]. Это в свою очередь влияет на процесс подачи питательного раствора в систему, а, следовательно, и на концентрацию удобрений в поливной воде, движения воды с растворенными в ней удобрениями по капельной ленте и ее истечения через эмиттеры. Необходимо при расчете расхода питательного раствора через эмиттер ввести коэффициент изменения плотности удобрений в зависимости от температуры окружающей среды:

$$Q_э = x_i \mu S \sqrt{2gH}, \quad (4)$$

где  $Q_э$  – расход, л/ч;  $x_i$  – коэффициент изменения плотности удобрения в зависимости от температуры;  $\mu$  – коэффициент расхода;  $S$  – площадь эмиттера, м<sup>2</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $H$  – напор, м.

Численные значения коэффициентов изменения плотности удобрений в зависимости от температуры окружающей среды для различных удобрений определяются опытным путем.

### **Заключение**

Использование систем капельного орошения одновременно с подачей раствора удобрений позволяет постоянно поддерживать влажность почвы в оптимальном соотношении, что приводит к более высокому коэффициенту усвоения удобрений растениями. Такая система позволяет вносить сбалансированное количество азота, фосфора, калия и микроэлементов с учетом фаз роста и сезонных потребностей растений.

Так как реологические свойства применяемых удобрений влияют на качество полива и подкормки сельскохозяйственных культур в расчетах систем капельного орошения необходимо учитывать коэффициент, показывающий изменение плотности удобрения в зависимости от температуры окружающей среды.

### **Список использованной литературы**

1. Аутко, А.А. Овощеводство защищенного грунта / А.А. Аутко, Г.И. Гануш, Н.Н. Долбик. – Минск: Издательство «ВЭВЭР», 2006. – 320 с.
2. Григоров, М.С. Сравнительные достоинства различных способов полива / М.С. Григоров, В.А. Федосеева// Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI веке: проблемы и

перспективы. Доклады международной научно-практической конференции. Минск, 2007, С. 109-112.

3. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности. / В.В. Лапа, В.Н. Басак. – Минск., 2002. – 184 с.

4. Дашков, В.Н. Особенности расчета параметров системы капельного орошения и фертигации овощных культур / В.Н. Дашков, Н.М. Абрамчик, Э.К. Снежко // Инженерный вестник. – 2008. №2(26). – С. 14-17.

УДК 631.365.4

## **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАТИВНОГО ПРИВОДА**

Н.Л. Ракова, к.т.н., доцент, Т.В. Бойко, к.т.н., доцент, А.Д. Быцко  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Повысить надежность кормоуборочной и зерноуборочной техники можно за счет внедрения рекуперативных приводов колеблющихся рабочих органов. Для рекуперативных приводов основным определяемым параметром является жесткость упругого элемента рекуператора, поэтому рекуперативный привод необходимо рассматривать как динамическую систему. Для ее идентификации необходимо разработать динамическую модель и описать ее математически.

### **Основная часть**

Методику идентификации рассмотрим на примере рекуперативного привода, кинематическая схема которого показана на рисунке 1 [1].

Целесообразно рассматривать модель динамической системы рекуперативного привода как одно-массовую (рисунок 2).

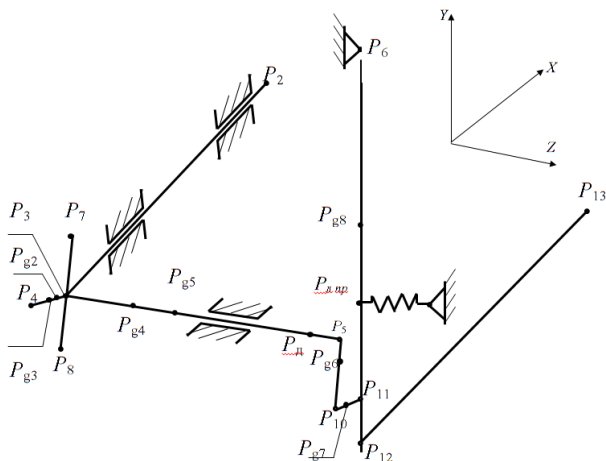


Рисунок 1. – Принципиальная кинематическая схема рекуперативного привода режущего аппарата

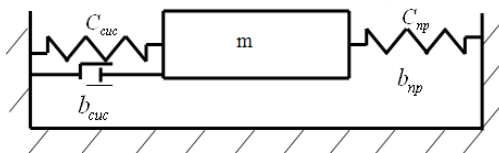


Рисунок 2. – Одно-массовая модель динамической системы рекуперативного привода

В общем виде колебания одно-массовой динамической системы описываются дифференциальным уравнением

$$\ddot{q}m + b\dot{q} + Cq = M, \quad (1)$$

где  $q$  – обобщенная координата;  $b$  – коэффициент демпфирования;  $C$  – коэффициент жесткости;  $M$  – крутящий момент кНм.

Согласно кинематической схеме правая часть уравнения (1) измеряется на выходном валу механизма качающейся шайбы, а левая часть уравнения относится к движению массы, сосредоточенной в точке крепления ножа режущего аппарата. Поэтому уравнение (1) приводится к виду:

$$(\ddot{q}m + b\dot{q} + Cq)K = \frac{M}{K} \quad \text{или} \quad (\ddot{q}m + b\dot{q} + Cq)K^2 = M \quad (2)$$

Массы и моменты инерции узлов и деталей привода приводятся к точке крепления ножа режущего аппарата –  $P_{12}$ . Жесткости приводятся как отношения сил к соответствующим перемещениям [2]. Источником возбуждения колебаний в рекуперативных приводах являются силы инерции, возникающие вследствие ускорений, определяемых кинематикой. Поэтому решение уравнения (2) при таких ускорениями заданной амплитуде колебаний по перемещению имеет вид

$$M = aK^2 \sqrt{(C - \omega^2 m)^2 + b^2 \omega^2} . \quad (3)$$

Еще одна особенность рекуперативных приводов заключается в том, что нейтральное положение упругого элемента рекуператора (ноль упругой силы) совпадает с нейтральным положением рабочего органа механизма, например, ножа режущего аппарата. Практически это требует точной наладки, но всегда имеется погрешность, которую необходимо учитывать при расчетах. Решая уравнение (3) методом гармонического анализа [3], получим величину момента на выходном валу качающейся шайбы

$$M = aK^2 \left\{ m^2 \omega^4 + (b_p^2 + b_{сис}^2 - 2mC_{сис}) \omega^2 + C_{сис}^2 + C_p^2 + \left[ (2b_{сис} b_p - 2mC_p) \omega^2 + \right. \right. \quad (4)$$

$$\left. \left. + 2C_{сис} C_p \right] \cos \psi_p + \left[ 2m\omega^3 b_p + (2b_{сис} C_p - 2C_{сис} b_p) \omega \right] \sin \psi_p \right\}^{\frac{1}{2}}$$

В статье представлена методика идентификации параметров динамических систем рекуперативных приводов по математической модели динамической системы и силовому расчету методом кинетостатики. Анализ процессов колебаний момента на выходном валу механизма качающейся шайбы показал, что необходимо рассматривать только колебания на основной частоте вращения.

### Заключение

При работе рекуператора динамические нагрузки вследствие инерции движущихся масс компенсируются лишь для привода и переходят на рекуператор. Конструкция рекуператора должна переносить их в то место привода, где они рационально воспринимаются, например, на раму или массивный корпус.

### **Список использованных источников**

1. Разработка рекуперативных приводов колеблющихся рабочих органов с учетом особенностей выполнения технологического процесса и взаимодействия с рамой машины/ Отчет о НИР, (промежуточный) № гос. регистрации 20073005. Минск, 2008. – 94 с.
2. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. Ленинград: Колос, 1970. – 376
3. Василенко Н.В. Теория колебаний. Киев: «Віща школа», 1992. – 430 с.

УДК 629.3.027

## **РАСЧЕТ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ КОЛЕС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

Г.И. Гедроить, к.т.н., доцент, А.Ф. Безручко, к.т.н., доцент,  
В.В. Михалков

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

### **Введение**

Получили распространение работы по моделированию процесса взаимодействия колеса с почвой, в которых колесо представляется в виде цилиндра, а форма проекций поверхности контакта в поперечной и опорной плоскостях, в виде прямоугольников. Расширение использования на сельскохозяйственной технике шин с пониженным давлением на почву, качение их по следу других колес сопровождаются небольшими значениями глубины следа (5-50 мм). При этом горизонтальная проекция поверхности контакта близка к форме пятна контакта на жестком основании и соответственно ближе к эллипсу, чем к прямоугольнику [1]. Ниже предлагается методика расчета силы сопротивления качению колес сельскохозяйственных машин с учетом указанных особенностей.

### **Основная часть**

Рассмотрим задачу взаимодействия ведомого колеса с почвой с учетом кривизны шин в продольной и радиальной плоскостях. На

колесо действуют нормальная нагрузка  $G$ , толкающая сила  $P$  и нормальные к поверхности контакта реакции почвы  $q$ . Уравнение поверхности получено в виде эллиптического параболоида [2]

$$z = h + \lambda - \frac{y^2}{b_0^2 / \Delta} - \frac{x^2}{2R - h - \lambda}, \quad (1)$$

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

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

$$P_f = P_{fn} + P_{fu}. \quad (2)$$

При этом предполагаем, что нормальные давления распределены по поверхности контакта в соответствии с функцией гиперболического тангенса, предложенной профессором В.В. Кацыгиным

$$q = \sigma_0 th \frac{K}{\sigma_0} z, \quad (3)$$

где  $\sigma_0$  – несущая способность почвы;  $K$  – коэффициент объемного смятия почвы, приведенный к размерам колеса.

Выражение для расчета  $P_{fn}$  получено в виде

$$P_{fn} = 2 \frac{b_0 \sigma_0^2}{K} \ln ch \frac{K}{\sigma_0} (h + \lambda - \Delta) + \chi K b_0 \sqrt{\frac{h + \lambda}{\Delta}}, \quad (4)$$

где  $\chi$  – коэффициент, зависящий от характеристик почвы и шины.

Необходимые для вычисления значения  $h$  и  $\lambda$  определяем в соответствии с рекомендациями [2].

На основании методики [3] значение  $P_{fu}$  определим по формуле

$$P_{fu} = K_u B_\kappa \lambda, \quad (5)$$

где  $B_k$  – ширина плоской зоны контакта шины с почвой;  $K_{ш}$  – давление шины на дорогу при нулевом значении давления воздуха в шине.

Значение  $K_{ш}$  определяется из выражения, полученного эмпирическим путем [3]

$$K_{ш} = (0,1 \dots 0,15)P_w, \quad (6)$$

где  $P_w$  – давление воздуха в шине для дорог с твердым покрытием при допустимой деформации шин.

Значение ширины  $B_k$  составляет

$$\text{при } \lambda \leq \Delta \quad B_k = 2b_0 \sqrt{\frac{\lambda}{\Delta}}, \quad \text{при } \lambda > \Delta \quad B_k = 2b_0.$$

Изложенные теоретические положения подтверждены экспериментально.

### **Заключение**

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

### **Список использованной литературы**

1. Гедроить, Г.И. Опорные свойства шин для сельскохозяйственной техники / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2009, № 4. – С. 23-27.
2. Горин, Г.С. Исследование колееобразования при качении ведомого колеса / Воздействие ходовых систем сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов на почву: / Г.С. Горин, Г.И. Гедроить, И.Е. Юреть // Сб. науч. трудов. – Горки, 1991. – С. 11-18.
3. Агейкин, Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители. / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1972. – 184с.

## **ОБОСНОВАНИЕ ПОЛУЭЛЛИПСНОЙ ФОРМЫ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ НОЖЕЙ БИЛЬНОЙ КОСИЛКИ**

В.Н. Бобко

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

### **Введение**

Существует бесчисленное множество различных конструкций ножей, используемых на косилках-измельчителях бильного типа. Используя эти ножи можно выполнять операции по скашиванию и измельчению растительности с различными физико-механическими свойствами. И для каждого вида растений существует свой набор ножей, который устанавливается на косилку при определенном виде работы.

### **Основная часть**

Основная масса бильных косилок состоит из: базовой машины, рамы (стрелового оборудования), корпуса с ротором, оснащенным шарнирно подвешенными ножами с отгибами вперед по ходу вращения, и привод [1].

Используя опыт производства косилок-измельчителей бильного типа современных зарубежных и отечественных производителей было предложено использовать ножи с отгибами, ориентированными в противоположные стороны вдоль оси режущего рабочего органа, при этом отгибы ножей выполнены полуэллипсообразной формы с расположением их режущих кромок по периметру эллиптической кривой [2]. Такая конструкция (рисунок 1) позволяет скашивать растения с различными физико-механическими свойствами используя только один набор ножей.

Конструкция состоит из двух ножей 1 и 2 с отгибами 3 и 4, ориентированными в противоположные стороны. Важной особенностью конструкции отгибов 3 и 4 является то, что они выполнены в виде полуэллипсов. А при совмещении режущих кромок 5 и 6 двух спаренных ножей образуется эллипс с центром  $O$ , большой « $2a$ » и малой « $2b$ » осями (рисунок 2).

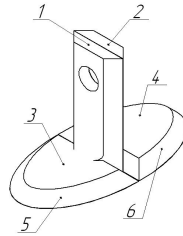


Рисунок 1. – Ножи полуэллипсной формы

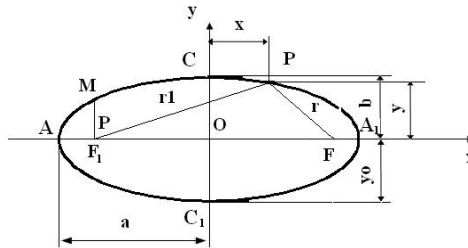


Рисунок 2. – Параметры образования эллипсной формы режущей кромки

Режущие кромки 5 и 6, расположенные в нижней плоскости отгибов 3 и 4, проходят по кривой эллипса  $ACA_1C_1$ . Суммарно длина режущих кромок равна длине кривой эллипса и определяется из выражения

$$l = \pi \cdot \left( \frac{3(a+b)}{2} - \sqrt{ab} \right), \quad (1)$$

где  $l$  – суммарная длина режущих кромок в нижней плоскости отгибов;  $\pi$  – постоянное число равное 3,1416;  $a$  – большая полуось эллипса;  $b$  – малая полуось эллипса.

При построении линии эллипса  $ACA_1C_1$  соблюдают следующие требования. Задается ширина и длина отгиба соответственно равные малой « $b$ » и большой « $a$ » полуосям эллипса (рисунок 2).

Тогда

$$y_0 = b; \quad (2)$$

$$FO = F_1O = \sqrt{a^2 - b^2}; \quad (3)$$

$$F_1P + FP = r_1 + r; \quad (4)$$

$$F_1M \equiv \frac{b^2}{a}; \quad (5)$$

$$F_1F < AA_1 < 2a. \quad (6)$$

При построении отгибов 3 и 4 для скашивания грубостебельной растительности выбирают коэффициент сжатия ( $k$ ), т. е. отношение  $b/a$  в пределах  $0,5 < k < 1$ . При этом угол резания скольжения увеличивается. Для тонкостебельной растительности коэффициент сжатия эллипса  $0,5 > k > 0$ .

### **Заключение**

В процессе срезания за счет того, что режущие кромки ножей расположены по эллипсной кривой возникает не рубящее резание, а резание со скольжением под углом. В этом случае уменьшается усилие резания и улучшается качество измельчения растительности. Кроме того одновременно каждый нож срезает и измельчает различное количество растений, отчего изменяется сопротивление срезу.

### **Список использованной литературы**

1. Кондратьев, В.Н. Косилки бильного типа. Вопросы проектирования и эксплуатации: пособие / В.Н. Кондратьев. – Минск, 2002– 40с.

2. Бильная косилка: а.с. 15268 РБ, С1, МПК А 01D 34/04, А 01D 34/84 / Кондратьев В.Н., Бобко В.Н., Оскирко С.И. ; БГАТУ. Опубл. 2011.12.30. Бюл. № 6(83) С. 54.

УДК 631.362.3:631.243.4

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРЕДРЕАЛИЗАЦИОННОЙ ПОДРАБОТКИ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ**

Д.И. Комлач<sup>1</sup>, А.С. Воробей<sup>1</sup>, к.т.н., Н.Л. Ракова<sup>2</sup>, к.т.н., доцент  
<sup>1</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь

### **Введение**

В мире, по данным ФАО, Республика Беларусь занимает 9 место по производству столовой свеклы. В 2016 году площадь, отведен-

ная под возделываниестоловой свеклы, составила 8,1 тыс. га, средняя урожайность – 216,0 ц/га, валовой сбор составил 175 тыс. тонн.

Столовая свекла представляет уникальный продукт для здорового питания, находится на 2-ом месте по важности и является самым значимым в мире растительным источником пищевой энергии среди злаковых растений, источником восполнения недостатка витаминов, минеральных веществ и антиоксидантов. Это источник незаменимых пищевых и физиологически активных веществ, таких как витамины, макро и микроэлементы, аминокислоты, полиненасыщенные кислоты, углеводы, а также органические кислоты, биофлавоноиды, фитонциды и многие другие [1].

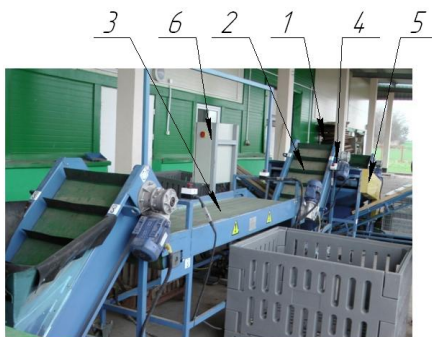
Таким образом, насыщение рынка Беларуси высококачественной столовой свеклой, продуктами питания из них, является одной из важнейших социально-экономических задач на ближайшую перспективу.

### **Основная часть**

Технология возделывания столовой свеклы в Республике Беларусь отработана, остается только вопрос реализации продукции с максимальной выгодой для производителя. Рыночные отношения предъявляют повышенные требования к качеству продукции. Корнеплоды столовой свеклы с чистой кожурой, уложенные в современные упаковочные материалы, пользуются повышенным спросом у покупателей и реализуются по более высокой цене.

В рамках реализации ГНТП «Механизация производства основных сельскохозяйственных культур» на 2011-2015 гг. в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» спроектирована новая линия для предреализационной подработки столовой свеклы (рисунок 1) состоящая из: контейнеро-опрокидывателя 1; наклонного конвейера 2; переборочной машины 3; машины для калибровки свеклы 4; мешкодержателя 5 и пульта управления 6.

Линия предназначена для инспекции, калибровки на три фракции (до 50 мм, 50-100 мм, свыше 100 до 120 мм), расфасовки в полимерную сетку. Техническая характеристика линии приведена в таблице 1.



1 – контейнероопрокидыватель, 2 – наклонный конвейер, 3 – переборочная машина, 4 – машина для калибровки свеклы, 5 – мешкодержатель, 6 – пульт управления

Рисунок 1. – Общий вид линии для предреализационной обработки столовой свеклы ЛПС - 3000

Технологический процесс работы линии ЛПС - 3000 заключается в следующем: контейнер со столовой свеклой при помощи вилочного погрузчика помещается в контейнероопрокидыватель 1, оператор включает гидроэлектропривод пульта управления 6 и поднимает контейнероопрокидыватель до упора в шарнир, после чего происходит оборачивание контейнера и разгрузка свеклы в приемный бункер наклонного конвейера 2. Далее столовая свекла наклонным конвейером подается на переборочную машину 3, где отделяется некондиция. Затем наклонным конвейером свекла подается на машину для калибровки 4, где происходит разделение на фракции, откуда наклонными конвейерами свекла подается – мелкая фракция в контейнер, средняя и крупная фракции в мешкодержатели 5, где происходит затаривание.

Таблица 1 – Техническая характеристика линии ЛПС – 3000

Показатели	Значения
Марка линии	ЛПС-3000
Тип линии	Стационарно-передвижная
Производительность за 1 час основного времени, не более, т	5,0
Габаритные размеры, мм: длина × ширина × высота	12500 × 4400 × 2090
Масса линии, кг	2220

Линия для предреализационной подработки столовой свеклы ЛПС-3000 успешно прошла государственные приемочные испытания на ГУ «Белорусская МИС» и рекомендована к постановке на серийное производство.

### **Заключение**

Серийное освоение линии для предреализационной подработки столовой свеклы ЛПС-3000, обеспечит качественный процесс забора столовой свеклы из хранилища и ее реализации в торговую сеть.

### **Список использованной литературы**

Аутко, А.А. Современные технологии в овощеводстве / А.А. Аутко и др.; ред.: Национальная академия наук Беларуси, институт овощеводства. – Минск: Белорусская наука, 2012. – 490 с.

УДК 631.674

## **АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН**

Шахрай Д.С.<sup>1</sup>, Басаревский А.Н.<sup>2</sup> к.т.н., доцент

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

При агротехнической и технологической оценке качества искусственного дождя, создаваемого дождевальным аппаратом или машиной по рекомендации [1] необходимы следующие характеристики: интенсивность искусственного дождя и слой осадков – для сопоставления с впитывающей способностью почвы и определения поливной нормы; диаметр капель и скорость их падения – для расчёта силового воздействия капель на почву и растения; равномерность распределения осадков.

При правильном подборе значений данных характеристик можно значительно увеличить положительный эффект от дождевания сельскохозяйственных культур, уменьшить повреждение надземной части растений, избежать эрозии почв, повысить равномерность

ность распределения влаги, понизить энергоёмкость процесса, за счёт грамотного обоснования параметров гидросистемы. Важным является создание оптимального уровня влажности корнеобитаемого слоя почвы, необходимого для роста и развития сельскохозяйственных культур.

### Основная часть

Средняя интенсивность искусственного дождя  $I_{cp}$  существенно влияет на конструкцию дождевальных машин. При поливе короткоструйными насадками  $I_{cp}$  должна быть равна или меньше скорости впитывания воды в почву [2] иначе высокая интенсивность приведет к образованию луж и нежелательного стока, вызывающего эрозию почвы. Впитывающая способность снижается во время полива и зависит от её вида почвы, влажности и структурного состояния [3].

Средняя интенсивность  $I_{cp}$  (мм/мин) для заданной площади орошения  $S$  (м<sup>2</sup>) зависит от расхода воды дождевальным аппаратом или машиной  $Q$  (л/с) рассчитывается по формуле:

$$I_{cp} = \frac{60Q}{S}.$$

Рекомендуемые значения средней интенсивности (в мм/мин) [3]: для всех почв при сохранении структуры почвы, её аэрации не выше 0,1-0,15; для тяжелых почв 0,1-0,2; для средних почв 0,2-0,3; для лёгких почв 0,5-0,8.

Расход для всех типов насадок определяется по тем же зависимостям, что и для отверстий в тонкой стенке [4], т. е. для незатопленных насадок при постоянном напоре:

$$q_n = \mu F \sqrt{2gH_0},$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода;  $F$  – площадь отверстия, м<sup>2</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $H_0$  – напор перед насадкой, м.

Соответственно полный расход дождевальной машины будет зависеть от количества насадок, расположенных на дождевальной машине.

Диаметр капель  $d_k$  является показателем структуры дождя и влияет на допустимую интенсивность, повреждаемость растений, разрушение почвенных агрегатов, потери дождя на испарение и снос ветром. При образовании искусственного дождя получаются

капли различного размера, потому при расчетах используют средний диаметр, который можно рассчитать по формуле, предложенной [5]:

$$d_k = \frac{K}{v_0} \sqrt{d_c},$$

где  $d_c$  – диаметр струи, мм;  $v_0$  – скорость истечения, м/с;  $K$  – опытный коэффициент, в среднем равный 25,5.

Так как диаметр струи зависит от диаметра отверстия  $d_0$ , а скорость истечения от напора  $H_0$ , то критерием крупности капель принято брать соотношение  $H_0/d_0$ . Чем оно больше, тем меньшего диаметра капли получаются. Значения  $H_0/d_0$  для полива взрослых сельскохозяйственных культур – 1700-1800, для полива нежных растений и рассады – 2400-2600 [2]. Таким образом очевидным становится, что образование более мелких капель является более энергозатратным процессом. Потому разработка дождеобразующих устройств, которые позволят снизить энергоёмкость процесса образования искусственного дождя позволит значительно понизить затраты на эксплуатацию оросительной техники данного вида.

Одним из способов решения данной проблемы может служить установка эжекторных устройств, который будут обеспечивать предварительное дробление водной струи, за счёт взаимодействия с воздухом, а также позволит регулировать размер капель. Помимо этого, разработка таких устройств позволит обеспечивать подачу удобрительных веществ к каждому дождевальному насадку непосредственно.

Диаметр капель определяется агротехническими и экологическими требованиями. Однако в различных литературных источниках [3, 7] данные значений оптимальных размеров капель разные и варьируются от 0,4 до 2 мм. Снижение ударного воздействия капель на надземную часть растений и почву, предотвращение разрушения почвенных агрегатов возможно при соблюдении требований по уровню интенсивности и размеру капель [7].

Равномерность распределения осадков характеризуется коэффициентом эффективного полива  $K_{эф}$ . Дождевальные машины должны обеспечивать орошение полей равномерно с коэффициентом эффективного полива не ниже 0,7. Для оценки равномерности орошения необходимо проводить экспериментальные исследования.

## Заключение

Анализируя основные тенденции развития зарубежных и отечественных дождевальных машин, а также исходя из приведенных характеристик искусственного дождя, можно определить пути дальнейшего совершенствования дождевальной техники: снижение рабочего напора; разработка машин с малой интенсивностью искусственного дождя; разработка универсальных дождевальных насадов с регулируемыми параметрами искусственного дождя и возможностью подачи удобрений; повышение равномерности распределения дождя по площади полива; повышение универсальности дождевальных машин.

Каждый из предложенных пунктов напрямую зависит от конструкции дождеобразующих устройств (дождевальных насадов), которая должна обеспечивать оптимальные значения характеристик искусственного дождя, при этом снижая энергоёмкость процесса.

### Список использованный источников

1. Исаев, А.П. Гидравлика дождевальных машин. М., «Машиностроение», 1973, 216 с.
2. Кленин, Н.И., Сакун, В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 671 с.
3. Лебедев, Б.М. Дождевальные машины [Текст] / Б.М. Лебедев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., «Машиностроение», 1977. – 244 с.
4. Исаев, А.П. и др. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / А.П. Исаев, Б.И. Сергеев, В.А. Дидур. – М.: Агропромиздат, 1990. – 400 с.
5. Голченко, М. Г. Оросительные мелиорации. Минск, «Высшая школа», 1989. – 215 с.
6. Шахрай, Д.С., Кравцов, А.М., Басаревский А.Н., Совершенствование работы широкозахватных дождевальных машин. / Материалы международной научно-практической конференции «Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса и социальной инфраструктуры села». – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2016. – 766 с. С. 488-491.
7. Васильев, С.М., Шкура В.Н. Дождевание / С.М. Васильев, В.Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СНИЖЕНИЯ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ ХОДОВЫХ СИСТЕМ МАШИННО- ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ**

*А.Н. Орда, д.т.н., профессор, В.А. Шкляревич, П.С. Шайтанов  
Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Как правило, существующие в настоящее время конструкции ходовых систем тракторов и других самоходных сельскохозяйственных машин обеспечивают их высокую проходимость и реализацию тягового усилия без учета уровня воздействия на почву, в ущерб последней, ухудшая плодородие и увеличивая затраты на почвообработку. Поэтому параметры и компоновка ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, воздействующих на почву, особенно в состав которых входят тяжелые и энергонасыщенные тракторы, должны быть регулируемы и управляемы.

### **Основная часть**

Одним из основных критериев оценки совершенства конструкции ходовых систем является их влияние на агроэкосистему, которая отличается от естественной экосистемы наличием технологических воздействий. Вследствие воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на структурную почву состояние агроэкосистем менее устойчиво, чем естественной экосистемы. Устойчивость в данном случае характеризуется тем, как агроэкосистема самопроизвольно возвращается в первоначальное состояние, будучи из него выведенным такими внешними воздействиями как уплотнение почвы ходовыми системами машинно-тракторных агрегатов.

Известно, что в агротехнической системе неорганизованное взаимодействие со средой, то есть почвой, проявляется в разрушении ее структуры и переуплотнении ходовыми системами машинно-тракторных агрегатов.

Управляемая агротехническая система должна быть организованной и упорядоченной. В качестве меры упорядоченности систе-

мы  $R$  принимается степень отклонения ее состояния от термодинамического равновесия [1]. Мера упорядоченности системы  $R$  оценивается в пределах от 0 до 1. Нижнее значение меры упорядоченности будет иметь система, находящаяся в полном беспорядке, верхнее - идеально упорядоченная система.

Мера упорядоченности рассматриваемой агротехнической подсистемы «ходовая система – почва» при движении машинно-тракторного агрегата по связной почве (стерне) определяется по формуле [1]

$$R = 1 - \frac{\ln \left| \operatorname{ch} \left( \frac{k}{p_0} h \right) \right|}{\ln \left| \operatorname{ch} \left( \frac{k}{p_0} h_{\max} \right) \right|}, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м<sup>3</sup>;  $p_0$  – предел несущей способности почвы, Па;  $h$  – деформация почвы (глубина следа), м;  $h_{\max}$  – деформация почвы, при которой плотность почвы в следе достигает максимального значения, м.

Мера упорядоченности исследуемой подсистемы для случая взаимодействия ходовой системы с почвой, подготовленной под посев, [1]

$$R = 1 - \frac{\ln |\cos(a \cdot b \cdot h)|}{\ln |\cos(a \cdot b \cdot h_{\max})|}, \quad (2)$$

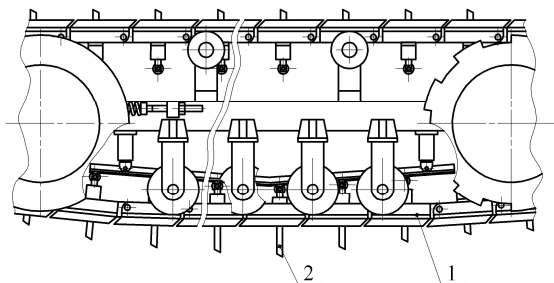
где  $a$  и  $b$  – коэффициенты.

Мера упорядоченности подсистемы «ходовая система – почва» может служить в качестве оценочного показателя приспособляемости машинно-тракторного агрегата к почвенным условиям эксплуатации, которая обеспечивается регулированием параметров ходовых систем.

Предложенные зависимости (1) и (2) по расчету показателя приспособляемости машинно-тракторного агрегата к почвенным условиям эксплуатации позволяют дать оценку различным конструкциям ходовых систем и приспособлениям для повышения его проходимости и снижения уплотняющего воздействия на почву.

На основании изложенного авторами предложена конструкция гусеничного движителя [2], в которой обоснованы пути снижения уплотнения и разрушения структуры почвы за счет автоматическо-

го регулирования такого параметра, как высота почвозацепов. Предложенная конструкция гусеничного движителя (рисунок 1) машинно-тракторного агрегата позволяет уменьшить срез верхних слоев почвы почвозацепами при движении транспортного средства на почвах со слабой несущей способностью и в момент его поворота и увеличить показатель приспособляемости гусеничного машинно-тракторного агрегата к почвенным условиям эксплуатации более чем в 2 раза.



1 – гусеничная лента; 2 – почвозацеп

Рисунок 1. – Гусеничный движитель

### Заключение

На основании рассмотрения связей между элементами подсистемы «ходовая система – почва» предложены зависимости по расчету ее меры упорядоченности, с помощью которых можно выбирать, регулировать и управлять параметрами и компоновкой ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, обеспечивающих снижение уплотнения и разрушения структуры почвы. Предложена конструкция гусеничного движителя, позволяющая автоматически регулировать такой параметр, как высота почвозацепов, и повысить показатель приспособляемости машинно-тракторного агрегата к почвенным условиям эксплуатации в более чем 2 раза.

### Список использованной литературы

1. Орда, А. Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: дис. ... д-ра техн. наук: 05. 20. 03 / А.Н. Орда; Белорусский аграрный технический университет. – Минск, 1997. – 269 с.
2. Гусеничный движитель : пат. на изобретение РБ № 19737, МПК В 62D 55/26 / Орда А.Н., Агейчик В.А., Шкляревич В.А., Трасевич И. А., Воробей А. С., заявитель: Бел. гос. агр. техн. ун-т. –

**УДК 631.53.02: 633.15**

## **К ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Д.А. Жданко<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, В.К. Клыбик<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Л.Г. Шейко<sup>1</sup>, к.с.-х.н., доцент, А.Ф. Станкевич

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Беларусь*

<sup>2</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства  
г. Минск, Беларусь*

### **Введение**

Основными причинами неравномерного внесения минеральных удобрений являются: несоблюдение правил выполнения работ; несовершенство конструкций серийных машин; неточное вождение агрегатов.

Неравномерность внесения снижает эффективность действия удобрений на 15% и более, вызывает появление пестроты почвенного плодородия и полегание части посевов, что ухудшает качество урожая и затрудняет уборку.

### **Основная часть**

Основной операцией, качество выполнения которой значительно сказывается на эффективности удобрений, является распределение их по поверхности почвы. В технологии применения удобрений последнее звено - внесение и заделка их в почву. Основными показателями, характеризующими качество внесения удобрений, являются: доза внесения, неравномерность распределения, нестабильность дозы, рабочая ширина захвата машины.

В парке машин по внесению удобрений в Беларуси дисковые центробежные разбрасыватели составляют около 90%. Этими машинами можно вносить различные формы минеральных удобрений. Они обеспечивают разбрасывание удобрений в большом диа-

пазоне доз внесения, имеют простую конструкцию, низкое отношение массы машин к массе загружаемых удобрений, низкие затраты на техническое обслуживание относительно небольшую стоимость и высокую производительность.

Неравномерность внесения удобрений, может быть обусловлена как несовершенством конструкции машин (применение пруткового питателя у большинства кузовных машин, обеспечивающего циклическую подачу минеральных удобрений на разбрасывающие диски, отсутствие технических средств точного вождения агрегатов-маркеров и следоуказателей и другие), так и техническим состоянием машины и условиями эксплуатации [1]. Многое зависит от квалификации и добросовестности механизатора и устраняется им самим. Например, правильная регулировка туконправителя и дозирующей заслонки, исправность гидросистемы трактора, приводящей во вращение диски и обеспечивающей постоянную частоту их вращения, движение машины с определенной заданной скоростью, учет скорости и направления ветра, соблюдение расстояния между смежными проходами и т. д.

В современных агротехнологиях обеспечить заданную равномерность распределения гранулированных минеральных удобрений машинами с центробежными разбрасывающими рабочими органами не представляется возможным. Особенно при дробном внесении азотных удобрений в период вегетации растений, когда неравномерность не должна быть более 15%. Частицы удобрений при подкормке встречаются со стеблями растений, теряют свою скорость и здесь же падают, локализуясь на отдельных участках. В результате получается высокая неравномерность распределения удобрений.

Внести азотные удобрения под вегетирующие культуры малыми дозами с высокой равномерностью можно только штанговыми машинами.

Отличительной особенностью штанговой машины является наличие компактного центрального бункера и распределительно-высевающей системы в виде фронтально расположенных штанг, обеспечивающих распределение удобрений из бункера по рабочей ширине захвата и их высева. Базовым сменным органом данной системы является распределительное устройство, представляющее собой канал прямоугольного или круглого сечения [2].

В отличие от центробежных в штанговых распределителях минеральные удобрения транспортируются по трубам при помощи механических устройств – шнеков, скребковых цепей или воздушного потока. Ширина захвата штанговых распределителей всегда одинаковая. Поскольку перекрытие смежных обработанных полос

незначительное или вообще его нет, необходима высокая точность вождения агрегата и соблюдение ширины захвата для обеспечения качественного внесения минеральных удобрений.

При работе штанговых машин по технологической колее проблем стыковки смежных проходов не существует.

### **Заключение**

Существующие недостатки центробежных разбрасывателей заставляют ученых и конструкторов работать над их совершенствованием в плане повышения равномерности распределения удобрений и повышения экономической и экологической эффективности.

Отсутствие систематизации штанговых машин по внесению удобрений, недостаток рекомендаций по расчету, проектированию и эксплуатации сменных рабочих органов штангового типа затрудняют выбор необходимой технологической схемы внесения удобрений.

### **Список используемой литературы**

1. Степук, Л.Я. Машины для применения средств химизации в земледелии: конструкция, расчет, регулировки: учеб. пособие / Л.Я. Степук, В.Н. Дашков, В.Р. Петровец. – Мн.: Дикта, 2006. – 448 с.: ил.

2. Петринский В.В. Шнековый распределитель минеральных удобрений. // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. – №4. – С. 19-20.

УДК 631.333

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОЙ МАШИНЫ-ГРЕБНЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

В.С. Лахмаков, к.т.н., доцент, А.С. Зыкун,

П.Е. Мыслюк, А.М. Кушнер

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

### **Введение**

За рубежом активно используется гребневая технология возделывания картофеля, которая позволяет проводить почвозащитные и энергосберегающие мероприятия. Для внедрения этой технологии в условиях нашей республики была разработана комбинированная машина-гребнеобразователь, выполняющая за один проход по полю рыхление почвы, образование гребней, внесение минеральных

удобрений и формирование профиля гребня с одновременным уплотнением его поверхности.

### Основная часть

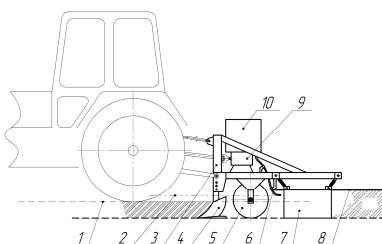
Современная технология возделывания картофеля с предварительной нарезкой гребней предусматривает создание междурядий шириной 70...90 см, высотой гребней 16...18 см с площадью поперечного сечения 750...800 см<sup>2</sup>, при этом будет обеспечиваться глубина заделки 6...8 см с разрыхленным слоем 10,5...13,5 см под ними.

Для достижения необходимых параметров гребня, необходима такая конструкция гребнеобразователя, которая позволила бы значительно повысить эффективность и качество рыхления почвы.

Проведенные в БГАТУ исследования по влиянию вида основной обработки на урожайность и затраты, показали, что в наших условиях эффективной является чизельная глубокая обработка по сравнению с отвальной и другими видами обработок [1].

Учитывая это обстоятельство, в основу совершенствования технологии и средств положен принцип комбинированного сочетания рабочих органов, позволяющих сократить число операций предпосевной обработки почвы.

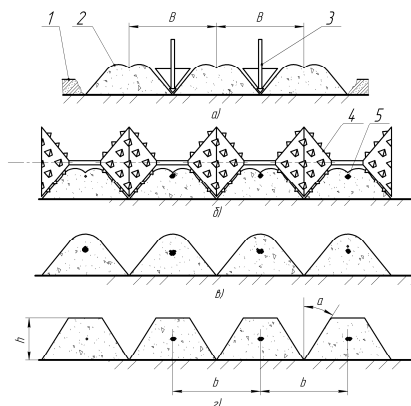
Устройство комбинированной машины-гребнеобразователя следующее. Рабочие органы машины смонтированы на раме 3 (рисунок 1). Машина оборудована стойками-глубокорыхлителями 4, блоком активных роторных гребнеобразователей 5 с гидравлическим приводом, плитой-гребнеформирователем 7. Машина снабжена бункером для минеральных удобрений 10 с туковывсевающим аппаратом 9 и тукопроводом 6.



- 1 – первоначальный уровень почвы; 2 – уровень почвы после отсыпки;  
3 – рама; 4 – стойка-глубокорыхлитель; 5 – роторный гребнеобразователь;  
6 – тукопровод; 7 – плита-гребнеформирователь; 8 – полученный гребень;  
9 – аппарат туковывсевающий; 10 – бункер

Рисунок 1. – Комбинированная машина-гребнеобразователь

На рисунке 2 представлены стадии получения гребня машиной.



1 – уровень почвы перед обработкой; 2 – поверхность гребня; 3 – стойка-глубококорыхлитель; 4 – роторный гребнеобразователь; 5 – минеральное удобрение  
 Рисунок 2. – Стадии получения гребня: а – после стойки глубококорыхлителя; б – при работе роторного гребнеобразователя; в – после роторного гребнеобразователя; г – после плиты-гребнеформирователя

При конструировании ротора гребнеобразователя обоснованию подлежат параметры рабочих органов, силы и моменты сил, действующие на рабочий орган и машину в целом. В качестве критерия для расчета радиуса ротора возьмем ширину  $b$  захвата при допустимой гребнистости  $h_n$  на дне борозды.

Теоретическая высота продольного гребня относительно  $R$ :

$$R = \frac{b^2 + 4h_n^2 \sin^2 \alpha}{8h_n \sin^2 \alpha} \quad (1)$$

Таким образом, для расчета  $R$  нужно задать ширину  $b$  захвата ротора, допустимую агротехническими требованиями, продольную гребнистость  $h_n$  дна борозды, угол откоса  $\alpha$ . В результате многочисленных отечественных и зарубежных экспериментальных исследований установлено, что ротор устойчиво отделяет и оборачивает пласт почвы при  $\alpha = 30 \dots 40^\circ$  [2]. Для расчета  $R$ , примем средние значения углов:  $\alpha = 35^\circ$ . В агротехнических требованиях на основную обработку допускают  $h_n = \pm 0,02$  м. Если ротор будет предназначен для обработки на максимальную глубину  $h = 0,25$  м, то, учитывая разрушение гребня при его работе, можно допустить, что теоретическая величина  $h_n = 0,075$  м. Полагая ширину захвата ротора  $b = 0,45$  м и подставляя необходимые данные в формулу (1),

получим  $R = 0,24$  м. Действительная высота гребня  $h_n$  на дне борозды будет близка к теоретической лишь при обработке пластичной почвы. При обработке почвы с другими свойствами гребень, как правило, разрушается частично или полностью.

### **Заключение**

Предложена перспективная конструкция машины, способная повысить урожайность путем улучшения водно-воздушного режима для растений, создания угнетающих условий роста сорных растений и локально-точечного внесения минеральных удобрений. Основаны и получены некоторые параметры комбинированной машины-гребнеобразователя.

### **Список использованной литературы**

1. Лахмаков, В.С. Подготовка почвы с нарезкой гребней под картофель комбинированной машиной. Диссертация на соискании ученой степени к.т.н. - Мн.: 1989. - с. 190.
2. Севернев, М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве. Мн.: Ураджай, 1994. - 222 с.

УДК 631.363

## **ИЗГИБНЫЕ КОЛЕБАНИЯ КРАЙНИХ СЕКЦИЙ ШТАНГИ**

- Ю.В. Чигарев<sup>1,2</sup>, д.ф.-м.н., профессор; И.С. Крук<sup>1</sup>, к.т.н., доцент;  
А.С. Воробей<sup>1,3</sup>, к.т.н.; В. Романюк<sup>4</sup>, д.т.н., профессор  
<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь;*  
<sup>2</sup>*Западнопоморский технологический университет,  
г. Щетин, Республика Польша;*  
<sup>3</sup>*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь;*  
<sup>4</sup>*Институт технологических и естественных наук в Фалентах,  
Отдел в Варшаве, г. Варшава, Республика Польша*

### **Введение**

В процессе работы колеса опрыскивателя копируют неровности поверхности поля, в результате чего образуются возмущения, вызывая колебания штанги. Они приводят к тому неравномерности распределения рабочего раствора по обрабатываемой поверхности.

Поэтому важным направлением усовершенствования конструкций полевых опрыскивателей является разработка и установка механизмов и систем, обеспечивающих плавность хода распределительных штанг и неизменной высоты их расположения над обрабатываемой поверхностью во время работы.

### Основная часть

Как известно, различают системы активной, пассивной и комбинированной стабилизации, из которых две последние широко используются в конструкциях современных опрыскивателей.

Предлагаемая конструкция стабилизации штанги (рисунок 1) относится к пассивным системам и основана на использовании упруговязких элементов гашения колебаний внутри остова опрыскивателя. 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: поступательное вместе с рамкой в направляющих и вращательное относительно рамки. При поступательном – осуществляется гашение колебаний пружинами 1, а при вращательном – амортизаторами 2 и пружинами 3.

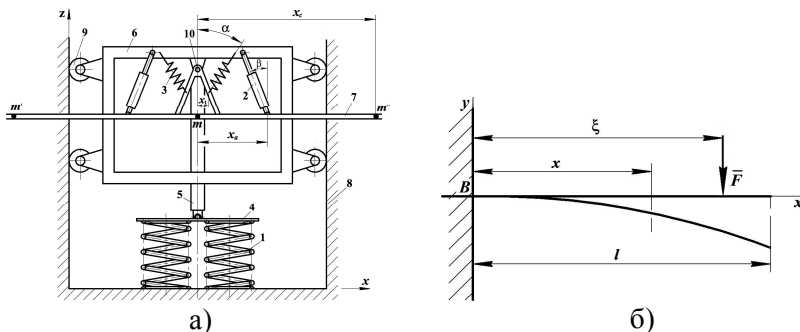


Рисунок 1 – К расчету промежуточных и крайних секций штанги:  
 а – схема независимой маятниковой навески штанги с системой стабилизации в вертикальной плоскости; б – схема изгиба промежуточной и крайней секций штанги под действием единичной силы

Демпфирующие свойства штанги оказывают влияние на ее колебательный процесс, стабилизируя его во времени. Наибольшую опасность и малоизученной остается часть штанги, расположенная сбоку от остова опрыскивателя (промежуточные и крайние секции). Для оценки их колебаний используем упрощенный подход. Примем, что центральная секция неподвижна (зашемлена). Рассмотрим задачу об изгибе промежуточной и крайней секций штанги под действием единичной нагрузки (силы инерции), приложенной на расстоянии  $\xi$  от зашемленного (не свободного) конца штанги. Дифференциальное уравнение изогнутой оси штанги в нашем случае имеет вид [1]

$$EJ \frac{d^2 y}{dx^2} = -F(\xi - x), \quad (1)$$

где  $E$  – модуль упругости штанги;  $J$  – момент инерции поперечного сечения;  $F(\xi - x)$  – изгибающий момент от единичной силы.

Значение изгибающего момента запишем для произвольного сечения на расстоянии  $x$  от начала координат, тогда

$$M(x) = -1(\xi - x). \quad (2)$$

Уравнение частот запишется в следующем виде

$$k^4 - Nk^2 + L = 0, \quad (3)$$

где  $N = \frac{\alpha_{11} + \alpha_{22}}{m(\alpha_{11}\alpha_{22} - \alpha_{12}^2)}$ ;  $L = \frac{1}{m^2(\alpha_{11}\alpha_{22} - \alpha_{12}^2)}$ ,  $m$  – масса;

$\alpha_{11}$ ,  $\alpha_{22}$ ,  $\alpha_{12}$  – коэффициенты влияния.

Решение данного уравнения приводит к определению его корней

$$k^2 = 208,28 \frac{EJ}{ml^3} \pm 199,14 \frac{EJ}{ml^3},$$

$$k_1 = 3,02 \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}}; \quad k_2 = 20,2 \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}}.$$

Как следует из полученных выражений, частоты колебаний секций штанги зависят от упругих свойств материала, момента инерции, массы и длины.

### Заключение

Рассмотрены колебания промежуточных и крайних секций штанги опрыскивателя, источником которых могут быть силы

инерции, вызванные равноускоренным движением агрегата и неровностью поверхности поля. Для упрощения математического решения задачи сложная конструкция штанги представлена в виде однородной упругой балки. Полученные формулы служат для анализа изгиба штанги и определения частот колебаний в зависимости от материала несущей конструкции, ее массы и формы поперечного сечения. Исследования проводились в соответствии с договором при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

### **Список использованной литературы**

1. Аналитический подход в оценке колебаний штанги опрыскивателя в горизонтальной плоскости / Ю.В. Чигарев, И.С. Крук, А.И. Гайдуковский / Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2008 – Випуск 69, с. 312–319.

УДК 631.31

## **К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ОРУДИЙ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ**

*С.Б. Бекбосынов, к.т.н., профессор,  
Н.К. Абдильдин, к.т.н., профессор, У.Ш. Ибишев  
Казахский национальный аграрный университет  
г. Алматы, Республика Казахстан*

### **Введение**

В технологии возделывания сельскохозяйственных культур особое место по энергоемкости (до 25%) занимает обработка почвы. В последнее время в связи с нехваткой технических средств, приспособленных к местным почвенным условиям, особенно в условиях крестьянских (фермерских) хозяйств, в некоторых случаях отсутствие сельскохозяйственной техники привело к несвоевременности проведения операций по обработке почвы и снижению качества обработанного слоя почвы. Именно, эти факторы стали причиной потери производительной силы почвы,

структурности и повышенной засоренности корневой системой сорных растений. Как показывают результаты исследований обработки почвы различными техническими средствами, именно ее механическая обработка определяет энергоемкость всей технологии возделываемой культуры, а при нарушении технологических принципов является одной из причин отрицательных явлений – снижения урожайности полей, повышения плотности, усиление эрозионных процессов, и возникновения проблемы почвосбережения. Обработка почвы выполняется различными рабочими органами, а в основе существующих способов основной и поверхностной обработки почвы лежит механическое воздействие рабочих органов на почву сжатием [1].

К настоящему времени накоплен значительный теоретический и экспериментальный материал по обработке почвы, однако качественных изменений в принципе воздействия на почву и в конструкциях рабочих органов для их реализации не происходит. В связи с этим основоположник земледельческой механики академик В.П. Горячкин говорил о необходимости иных методов и приемов воздействия на почву для снижения энергоемкости ее обработки и сохранения ее плодородия.

Причиной сложившегося положения является то, что земледельческой механике присущ упрощенный подход к почве – при рассмотрении почвы как объекта технологического воздействия, изучение и учет структуры, состава, свойств и других характеристик почвы проводится на уровне почвенных частиц размером  $10^{-1} \dots 10^{-2}$  см, что для ее развития явно недостаточно. На этом уровне даже такие легко обнаруживаемые механические свойства (внутреннее трение, вязкость, пластичность) проявляются не в полной мере, так как они формируются составом почвы, в том числе и коллоидным.

В связи с ухудшением предварительного состояния и состава почвы, например на глубине предпосевной обработки, вызванной чрезмерной уплотнением, насыщением ее корневыми остатками сорных растений, засорением почвы камнями, прутками и различными отходами (внесение неподготовленных органических удобрений) обработка почвы техническими средствами по предпосевной обработке не обеспечивает требуемое качество. Следовательно, изыскание новых способов и приемов воздействия на почву с учетом многообразия ее свойств, потенциально содержащих

возможные направления снижения затрат энергии на обработку, и разработка на этой основе менее энергоемких процессов и технических средств основной и поверхностной обработки почвы, сохраняющих ее плодородие, является актуальной научной проблемой.

### Основная часть

Теории разрушения почвы в трудах В.П. Горячкина, В.В. Бородинкина, В.А. Желиговского, В.И. Виноградова и других, применяемые при разработке способов воздействия на почву и обоснования конструкций рабочих органов, посвящены исследованию напряженного состояния почвы как однородного твердого тела сплошной структуры. Дав в свое время положительный результат для разработки большинства современных почвообрабатывающих орудий, работающих на принципе сжатия почвенного пласта, они в настоящее время должны быть существенно уточнены.

На основании анализа состояния проблемы для решения поставленной цели определена задача исследования по оценке условия функционирования почвообрабатывающих машин на основе анализа и систематизации имеющихся исследований о почве в различных областях науки и обосновать на основе механизмов и процессов, происходящих в почве в естественных условиях, агротехнические требования к ее обработке.

Основные направления исследования по поставленным задачам выбраны с учетом действующих на почву факторов (рисунок 1).



Рисунок 1. – Факторы воздействия на почву

Почва, ее состав, структура, свойства и другие формируются в первую очередь под влиянием окружающей среды, затем – технологических воздействий, способов обработки почвы и рабочих органов. В свою очередь, они должны выбираться в зависимости от состояния почвы, ее структуры [2].

Исходя из анализа процесса взаимодействия почвы с рабочим органом при предпосевной обработке разрыхляющий эффект достигается за счет сжатия рабочим органом в контактной поверхности почвенного комка, находящегося в рыхлой почвенной среде. При чрезмерной плотности почвенного комка вместо его разрушения происходит его протаскивание или вдавливание, которое является причиной нарушения качества обработки почвы. В процессе обработки почвы существующими техническими средствами предпосевной обработки не происходит фильтрация из общей массы почвы инородных тел (камни, прутки и т.д.). С целью достижения эффективности технологического процесса нами предлагается следующая схема принципа действия орудия предпосевной обработки почвы для усложненных условий действия (рисунок 2).



Рисунок 2. – Схема технологического процесса усовершенствованного орудия для предпосевной обработки почвы

По предлагаемой схеме почвенная масса первоначально обрабатывается пассивными рабочими органами, под действием которых происходит разрыхление почвенного слоя, толщина которого соответствует заданной глубине обработки. В результате взаимодействия рабочего органа с почвенным комком при низком значении его плотности происходит его дробление и обработанный

слой почвы в дальнейшем подвергается выравнивающему воздействию. При большей плотности почвенные комки и инородные тела подуются к делителю (устройству разделяющий общий поток обрабатываемой массы на два). При этом первый (основной) поток – почвенные комки с большей плотностью, которые подвергаются дроблению, затем выравниванию, второй поток – инородные тела смешанные с растительными остатками сорных растений направляется к накопительному устройству.

### **Заключение**

Применение предлагаемой схемы принципа технологического процесса в конструкциях орудий, предназначенных для предпосевной обработки почвы, позволяет повысить качественные и энергетические показатели применения рассматриваемых типов машин.

### **Список использованной литературы**

1. Бекбосынов С. Характеристика микрорельефа как показатель оценки планирующей способности планирующих машин // Исследования, результаты, Алматы. 2010. №3. – с. 17-20.
2. Бекбосынов С. Результаты экспериментальных исследований автоматизированного планировщика с длиннобазовым датчиком рельефа // Исследования, результаты, Алматы. 2010. №3. – с. 20-22.

Научное издание

**ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

Материалы  
Международной научно-практической конференции

*(Минск, 30–31 марта 2017 года)*

Ответственный за выпуск *А. В. Китун*  
Компьютерная верстка *И. С. Крука*  
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 01.06.2017. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 23,48. Уч.-изд. л. 18,36. Тираж 80 экз. Заказ 431.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№1/359 от 09.06.2014.  
№ 2/151 от 11.06.2014.  
Пр-т Независимости, 99-2, 220023, Минск.