

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**ТЕХНИЧЕСКОЕ И КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Материалы
Международной научно-практической конференции
(Минск, 16–17 октября 2024 года)

В двух частях

Часть 1

Минск
БГАТУ
2024

УДК 631.1

Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 16–17 октября 2024 года) : в 2 ч. / редкол.: Н. Н. Романюк [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2024. – Ч. 1. – 304 с. : ил., схемы. – ISBN 978-985-25-0265-8.

Издание включает материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию образования Белорусского государственного аграрного технического университета.

Редакционная коллегия:

Романюк Н. Н., канд. техн. наук, доцент, ректор БГАТУ (научный редактор);
Миранович А. В., канд. техн. наук, первый проректор БГАТУ;
Крук И. С., канд. техн. наук, доцент, проректор по научной работе БГАТУ;
Яковчик Н. С., д-р экон. наук, д-р с.-х. наук, профессор, директор Института повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ;
Чеботарев В. П., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин БГАТУ;
Прищепов М. А., д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой электрооборудования сельскохозяйственных предприятий БГАТУ;
Капцевич В. М., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологии металлов БГАТУ;
Киреенко Н. В., д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой инновационного развития АПК БГАТУ

Ответственность за достоверность публикуемых материалов несут их авторы.

ISBN 978-985-25-0265-8 (ч. 1)
ISBN 978-985-25-0264-1

© БГАТУ, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

1.	БГАТУ 70 ЛЕТ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ Романюк Н.Н., к.т.н., доцент, ректор, Крук И.С., к.т.н., доцент, проректор по научной работе, Сенчуров Е.В., начальник научного отдела, БГАТУ, г. Минск.....	14
2.	ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ СФЕРЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ОСНОВЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПОДХОДОВ Киреенко Н.В., д.э.н., профессор, БГАТУ, г. Минск.....	17
3.	ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК ЗЕРНА Федоров О.С., к.т.н., доцент, Удмуртский ГАУ, г. Ижевск.....	19
4.	АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ «ОБЩЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРАКТИК ДЛЯ СТУДЕНТОВ АГРАРНЫХ И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ВУЗОВ И ССУЗОВ, С ЦЕЛЬЮ ОБМЕНА ОПЫТОМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ В СТРАНАХ-УЧАСТНИЦАХ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА» Горгодзе А.Р., Союз промышленников «Прогресс», г. Москва.....	22
5.	ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ Прищепов М.А., д.т.н., профессор, Прищепова Е.М., к.т.н., доцент, Грушин В.С., магистрант, БГАТУ, г. Минск.....	24

СЕКЦИЯ 1

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.	ЗНАЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ, СОВРЕМЕННЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДОСТИЖЕНИЙ НАУКИ В СЕЛЕКЦИИ ХЛОПЧАТНИКА Дидарова Э.Г., Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А.Ниязова, г. Ашхабад.....	26
2.	ТЕПЛОВОЙ СТРЕСС В МОЛОЧНОМ СКТОВОДСТВЕ Костюкевич С.А., к.с.-х.н., доцент, Кольга Д.Ф., к.т.н., доцент, Чумак Т.М., Колесень И.С., студент, БГАТУ, г. Минск.....	27
3.	ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ТОМАТОВ Какабаева Б.Ч., Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А.Ниязова, г. Ашхабад.....	30
4.	НАВЕСНОЙ ПЛУГ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ЦЕНТРОМ МАСС Лепешкин Н.Д., к.т.н., доцент, Мижурин В.В., НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, г. Минск.....	32
5.	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САХАРОВ СТЕВИИ В КОНДИТЕРСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА НАУЧНОЙ ОСНОВЕ Языева Н.М., Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А.Ниязова, г. Ашхабад.....	34
6.	МЕХАНИЧЕСКАЯ ШИРОКОЗАХВАТНАЯ СЕЯЛКА С ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ БУНКЕРОМ Лепешкин Н.Д., к.т.н., доцент, Мижурин В.В., НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, г. Минск.....	36

7.	ЭЛЕКТРОСЕПАРАЦИЯ – ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ ЛЮБЫХ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ	
	Городецкая Е.А., к.т.н., доцент, Городецкий Ю.К., БГАТУ, г. Минск.....	38
8.	АГРЕГАТ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ	
	Клевцова Т.А., к.т.н., МелГУ, г. Мелитополь.....	40
9.	КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ДОЗАТОРА-СМЕСИТЕЛЯ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ	
	Гвоздев А.В., к.т.н., доцент, Голаган А.В., аспирант, МелГУ, г. Мелитополь.....	42
10.	ПРЯМОТОЧНЫЙ ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКИЙ СЕПАРАТОР	
	Поздняков ¹ В.М., к.т.н., доцент, Зеленко ² С.А., к.т.н., ¹ Международный университет «МИТСО», ² БНТУ, г. Минск.....	44
11.	ВЗАИМОСВЯЗЬ КОНДИЦИИ ТЕЛА КОРОВ И ИХ ЗДОРОВЬЯ, ПРОДУКТИВНЫХ И РЕПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ	
	Казаровец И.Н., к.с.-х.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	46
12.	ADVANCED REMOTE SENSING TECHNOLOGIES FOR AGRICULTURAL APPLICATIONS	
	Dubina L.P., BSATU, Minsk.....	48
13.	ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ НАВОЗА	
	Кольга ¹ Д.Ф., к.т.н., доцент Костюкевич ¹ С.А., к.с.-х.н., доцент, Саевич ² К.Ф., д.б.н., профессор, ¹ БГАТУ, ² БГЭУ, г. Минск.....	50
14.	МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВЫ И СПОСОБЫ ЕЕ УВЕЛИЧЕНИЯ	
	Казаровец И.Н., к.с.-х.н., доцент, Жушма Р.В., студент, БГАТУ, г. Минск.....	52
15.	ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА	
	Кольга Д.Ф., к.т.н., доцент, Костюкевич С.А., к.с.-х.н., доцент, Демидович К.Д., студент, БГАТУ, г. Минск.....	54
16.	УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРУШИВАНИЯ СЕМЯН КЛЕЩЕВИНЫ	
	Петряник Е.В., Чебанов А.Б., к.т.н., доцент, Стручаев Н.И., к.т.н., доцент, МелГУ, г. Мелитополь.....	56
17.	СПОСОБЫ СОКРАЩЕНИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ МЕТАНА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ НАВОЗА НА ФЕРМАХ И КОМПЛЕКСАХ	
	Швед ¹ И.М., Швед ² К.И., студент Курмыса ¹ М.А., студент, ¹ БГАТУ, ² БГУ, г. Минск.....	59
18.	ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ К СКАРМЛИВАНИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ЖИВОТНЫМ	
	Брусенков А.В., к.т.н., ТГТУ, г. Тамбов.....	61
19.	РАСЧЕТ ДЛИНЫ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО КАРДАННОГО ВАЛА ДЛЯ ПРИВОДА НАВЕСНОЙ УСТАНОВКИ	
	Петрашев А.И., д.т.н., доцент, ФГБНУ «ВНИИТиН», г. Тамбов.....	63
20.	ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА С ДЕЛИТЕЛЕМ	
	Радишевский Г.А., к.т.н., доцент, Гурнович Н.П., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	66
21.	ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЯБЛОЧНЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ	
	Балбуцкая Е.П., к.т.н., НПЦ НАН Беларуси по продовольствию, г. Минск.....	68

22.	АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ С РАЗРАБОТКОЙ СФЕРИЧЕСКОГО ВЫРЕЗНОГО ДИСКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПРОГРАММЫ	
	Пыхтеева И.В., к.т.н., МелГУ, г. Мелитополь.....	69
23.	ИЗМЕЛЬЧАЮЩИЕ АППАРАТЫ КОРМОУБОРОЧНЫХ МАШИН	
	Радишевский Г.А., к.т.н., доцент, Гурнович Н.П., к.т.н., доцент, Лапо А.А., магистрант, БГАТУ, г. Минск.....	72
24.	ВЛИЯНИЕ СОМАТИЧЕСКИХ КЛЕТОК НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ И КАЧЕСТВО МОЛОКА	
	Костюкевич С.А., к.с.-х. н., доцент, Кольга Д.Ф., к.т.н., доцент, Чумак Т.М., БГАТУ, г. Минск.....	74
25.	AEROFARMS VERTICAL FARMING TECHNOLOGY	
	Rylo T.V., BSATU, Minsk.....	76
26.	ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОЕНИЯ НА ПИЩЕВУЮ ЦЕННОСТЬ И КАЧЕСТВО МОЛОКА	
	Костюкевич С.А., к.с.-х.н., доцент, Кольга Д.Ф., к.т.н., доцент, Чумак Т.М., Ковель П.Ю., студент, БГАТУ, г. Минск.....	78
27.	ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ ЗЕРНОВЫХ СМЕСЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗДЕЛЕНИЯ И ПОТЕРЬ ЗЕРНА	
	Чеботарев В.П., д.т.н., профессор, Бондаренко Д.Н., Зенов А.А., Яновский Д.А., БГАТУ, г. Минск.....	80
28.	ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ МТА НА УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВЫ	
	Орда А.Н., д.т.н., профессор, Шкляревич В.А., Пантелеева Ж.И., БГАТУ, г. Минск.....	82
29.	АНАЛИЗ ВОПРОСА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА	
	Чеботарев В.П., д.т.н., профессор, Бондаренко Д.Н., Зенов А.А., Яновский Д.А., БГАТУ, г. Минск.....	85
30.	УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ ТРАКТОРОВ	
	Орда ¹ А.Н., д.т.н., профессор, Шкляревич ¹ В.А., Ракова ¹ Н.Л., к.т.н., доцент, Воробей ² А.С., к.т.н., доцент, ¹ БГАТУ, ² НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, г. Минск.....	87
31.	ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СМЕСИТЕЛЯ С АКТИВНЫМ КАНАЛОМ ОБРАТНОГО ХОДА	
	Выгузов М.Е., аспирант, Мищенко Е.С., д.э.н., профессор, Ведищев С.М., д.т.н., профессор, Ложкина Е.Б., аспирант, Ковалева Т.М., аспирант, ТГТУ, г. Тамбов.....	89
32.	ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ	
	Микульский В.В., к.т.н., доцент, Бегун П.П., к.т.н., НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, г. Минск.....	90
33.	СМЕСИТЕЛЬ СЫПУЧИХ КОРМОСМЕСЕЙ	
	Ковалева ¹ Т.М., аспирант, Ведищев ¹ С. М., д.т.н., профессор, Коновалов ² В.В., д.т.н., профессор, Ложкина ¹ Е.Б., аспирант, ¹ ТГТУ, г. Тамбов, ² ПензГТУ, г. Пенза.....	93
34.	ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК ХЛАДАГЕНТА	
	Орешников Д.М., магистрант, Угляница Г.А., магистрант, Назаров Ф.И., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	94

35.	ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В УЗЛАХ ПРЕССОВАНИЯ С УПРАВЛЯЕМЫМ ПОТОКОМ ТЕСТА	
	Торган А.Б., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	96
36.	ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
	Сергеева Л.В., МелГУ, г. Мелитополь.....	99
37.	ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	
	Сельманович В.Л., к.с.-х.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	100
38.	ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ДЕСТРУКТОРОВ СТЕРНИ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРОМИЦЕТОВ В ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ И УРОЖАЙНОСТЬ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ	
	Разина ¹ А.А., к.с.-х.н., доцент, Крук ² И.С., к.т.н., доцент, Замашиков ¹ Р.В., к.с.-х.н., Зайцев ¹ А.М., к.с.-х.н., доцент, ¹ Иркутский ГАУ, г. Иркутск, ² БГАТУ, г. Минск.....	104
39.	АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРУШИВАНИЯ СЕМЯН КЛЕЩЕВИНЫ	
	Иванов В.С., студент, Чебанов А.Б., к.т.н., доцент, Чебанова Ю.В., к.г.н., доцент, МелГУ, г. Мелитополь.....	106
40.	СБАЛАНСИРОВАННОЕ УДОБРЕНИЕ ТРАВЯНЫХ УГОДИЙ И ПОДБОР БОГАТЫХ САХАРАМИ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ – БЕЗОПАСНЫЙ ПУТЬ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СКОТОВОДСТВА	
	Головач А.А., к.с.-х.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	109
41.	АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КАСТОРОВОГО МАСЛА В ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
	Иванов В.С., студент, Чебанов А.Б., к.т.н., доцент, Адамова С.В., МелГУ, г. Мелитополь.....	110
42.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ В ЭМУЛЬСИТАТОРАХ	
	Бренч А.А., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	112
43.	ПРИНЦИПЫ НАУЧНО ОБОСНОВАННОГО ВЫБОРА СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ	
	Бережнов Н.Н., к.т.н., доцент, Кузбасский ГАУ, г. Кемерово.....	114
44.	ОБОСНОВАНИЕ ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ МАСТИТА У КОРОВ ТЕРМОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	
	Гируцкий ¹ И.И., д.т.н., доцент, Ракевич ² Ю.А., ¹ БГАТУ, ² НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, г. Минск.....	116
45.	КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ЖИВОЙ МАССЫ КОРОВ В УСЛОВИЯХ МТФ	
	Немирович С.И., БГАТУ, г. Минск.....	118
46.	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ И ВЫРАЩИВАНИЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ	
	Плаксин ¹ И.Е., к.т.н., Трифанов ¹ А.В., к.т.н., доцент, Гутман ² В.Н., к.т.н., доцент, ¹ ИАЭП-филиал ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург, ² БарГУ, г. Барановичи.....	120
47.	ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ АГРЕГАТА КОМБИНИРОВАННОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО АУ-М2 ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ В ОАО «ВАСИЛИШКИ»	
	Аутко ¹ А.А., д.с.-х.н., профессор, Филиппов ¹ А.И., к.т.н., доцент, Чеботарев ² В.П., д.т.н., профессор, Занемонская ¹ Н.Ю., ¹ ГГАУ, г. Гродно, ² БГАТУ, г. Минск.....	122

48.	КОМБИНИРОВАННЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ВВОДА В ОБОРОТ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ Ружьев ¹ В.А., к.т.н., доцент, Калинин ¹ А.Б., д.т.н., Теплинский ¹ И.З., к.т.н., профессор, Ловкис ² В.Б., к.т.н., доцент, ¹ Санкт-Петербургский ГАУ г. Санкт-Петербург, ² БГАТУ, г. Минск.....	125
49.	ИЗМЕНЕНИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ПРИ МАШИННОЙ ОБРАБОТКЕ В ТЕХНОЛОГИЯХ РАСТЕНИЕВОДСТВА Янцов Н.Д., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	128
50.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВА С ОЧЕСЫВАЮЩЕЙ КОНИЧЕСКОЙ ЩЕТКОЙ Бурдейко ¹ В.А., Ловкис ² В.Б., к.т.н., доцент, ¹ БарГУ, г. Барановичи, ² БГАТУ, г. Минск.....	130
51.	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ Жданко Д.А., к.т.н., доцент, Непарко Т.А., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	132
52.	ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАСТБИЩ И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЗЕРНОТУКОТРАВЯНОЙ СЕЯЛКИ Нукешев ¹ С.О., д.т.н., профессор, Романюк ² Н.Н., к.т.н., доцент, Агейчик ² В.А., к.т.н., доцент, Едилхан ¹ О.Е., студент, ¹ КазАТИУ, г. Астана, ² БГАТУ, г. Минск.....	135
53.	ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АГРЕГАТА ПРЯМОГО ПОСЕВА Быков Н.Н., к.т.н., доцент, Непарко Т.А., к.т.н., доцент, Шибeko А.Э., к.э.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	138
54.	АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ Вороненко А.С., магистрант, Сушко Д.И., БГАТУ, г. Минск.....	140
55.	ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЖАТКИ ДЛЯ УБОРКИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО Быков Н.Н., к.т.н., доцент, Непарко Т.А., к.т.н., доцент, Шибeko А.Э., к.э.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	142
56.	ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ Вороненко А.С., магистрант, Сушко Д.И., БГАТУ, г. Минск.....	144
57.	СЛОЖНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОПЕРАЦИИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ Непарко ¹ Т.А., к.т.н., доцент, Болтянская ² Н.И., к.т.н., доцент, Терентьев ³ В.В., к.т.н., доцент, Прокопенко ¹ И.П., магистрант, ¹ БГАТУ, г. Минск, ² МелГУ, г. Мелитополь, ³ РГАТУ, г. Рязань.....	145
58.	ОЦЕНКА СНИЖЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ИЗ-ЗА ПОВРЕЖДЕНИЯ РАСТЕНИЙ ДВИЖИТЕЛЯМИ Янцов Н.Д., к.т.н., доцент, Кошля Г.И., Довбня А.А., магистрант, БГАТУ, г. Минск.....	148
59.	ЗАМЕНА МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ В ТРАНСМИССИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ НА ГИДРОМУФТУ Бобрышов ¹ А.В., к.т.н., доцент, Капов ¹ С.Н., д.т.н., профессор, Петенев ¹ А.Н., к.т.н., доцент, Орлянская ¹ И.А., к.т.н., доцент, Павлючук ² Н.В., к.б.н., ¹ СГАУ, г. Ставрополь, ² БГАТУ, г. Минск.....	150

60.	АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ (ECHINACEA PURPUREA (L.) MOENCH) В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ	
	Вечер Н.Н., к.б.н., доцент, Кошля Г.И., Чумак Т.М., БГАТУ, г. Минск.....	153
61.	ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗГОНА ТРАКТОРА ЗА СЧЕТ ВЫБОРА РЕЖИМА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ	
	Бобрышов ¹ А.В., к.т.н., доцент, Капов ¹ С.Н., д.т.н., профессор, Петенев ¹ А.Н., к.т.н., доцент, Орлянская ¹ И.А., к.т.н., доцент, Гедроить ² Г.И., к.т.н., доцент, ¹ СГАУ, г. Ставрополь, ² БГАТУ, г. Минск.....	155
62.	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ	
	Варфоломеева Т.А., Занемонский С.В., Новик А.С., студент, БГАТУ, г. Минск.....	158
63.	СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ГЛУШИТЕЛЬ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС 920»	
	Безручко А.Ф., к.т.н., доцент, Михалков В.В., Напорко Ю.А., БГАТУ, г. Минск.....	160
64.	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСМИССИИ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС» ТЯГОВОГО КЛАССА 3–5	
	Гедроить Г.И., к.т.н., доцент, Занемонский С.В., Варфоломеева Т.А., Мечковский П.В., студент, БГАТУ, г. Минск.....	162
65.	ПАРАМЕТРЫ АВТОМОБИЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ	
	Безручко А.Ф., к.т.н., доцент, Бондаренко И.И., к.т.н., доцент, Напорко Ю.А., БГАТУ, г. Минск.....	164
66.	АНАЛИЗ РАБОТЫ СИММЕТРИЧНОГО МЕЖКОЛЕСНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА АВТОМОБИЛЯ	
	Карпиевич Ю.Д., д.т.н., профессор, Михалков В.В., Блохин А.А., студент, БГАТУ, г. Минск.....	165
67.	РАЗВИТИЕ И ОБОСНОВАННОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ВОЖДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ	
	Захаров ¹ А.В., к.т.н., доцент, Юрин ² А.Н., к.т.н., доцент, Захарова ³ И.О., ¹ БНТУ, ² НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, ³ БГАТУ, г. Минск.....	167
68.	ПОТРЕБЛЕНИЕ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК В МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ	
	Филипова Л.Г., Чикилевский Я.А., Жилиянин Д.Л., Дербенев Р.О., студент, БНТУ, г. Минск.....	169
69.	ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРООБЪЕМНОГО РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЕ ТРАКТОРА БЕЛАРУС	
	Маковская И.А., Сокол В.А., БНТУ, г. Минск.....	171
70.	ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	
	Филипова Л.Г., Чикилевский Я.А., Конопелько В.С., студент, Модонов И.Д., студент, БНТУ, г. Минск.....	173
71.	СОВРЕМЕННЫЕ ОПРЫСКИВАТЕЛИ: ИННОВАЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В АГРОТЕХНИКЕ	
	Сокол В.А., Маковская И.А., Ровдо М.М., студент, БНТУ, г. Минск.....	175
72.	ПРОЦЕСС ВЫГОРАНИЯ САЖЕВЫХ ЧАСТИЦ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА- ДОЖИГАТЕЛЯ	
	Белоусов ¹ В.А., к.т.н., доцент, Гордеенко ¹ А.В., к.т.н., доцент, доцент, Костенич ² В.Г., к.т.н., доцент, ¹ БГСХА, г. Горки, ² БГАТУ, г. Минск.....	176

73.	КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ САМОХОДНЫХ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ	
	Белевич А.Г., Шлемен С.В., Ракецкая К.М., студент, БГАТУ, г. Минск.....	178
74.	ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПУСК ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ	
	Гордеенко ¹ А.В., к.т.н., доцент, Костенич ² В.Г., к.т.н., доцент, ¹ БГСХА, г. Горки, ² БГАТУ, г. Минск.....	179
75.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ БУМАГ МАСЛЯНЫХ ФИЛЬТРОВ ДВС И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
	Белоусов ¹ В.А., к.т.н., Бондаренко ² И.И., к.т.н., доцент, Павлючук ² Н.В., к.б.н., ¹ БГСХА, г. Горки, ² БГАТУ, г. Минск.....	182
76.	ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ АГРОДРОНОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ	
	Ленский ¹ А.В., к.э.н., Ловкис ² В.Б., к.т.н., доцент, Довбня А.А., магистрант, ¹ НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, ² БГАТУ, г. Минск.....	184
77.	К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНЯТИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАПРЕССОВАННЫХ КОРМОВ	
	Дыба ¹ Э.В., к.т.н., доцент, Пунько ² А.И., к.т.н., доцент, Гордиевич ² А.Ю., студент, Рацкевич ² Е.А., студент, ¹ НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, ² БГАТУ, г. Минск.....	186
78.	МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЫГРУЗКИ ЗЕРНА САМОХОДНОГО ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА	
	Праженик Д.С., Носко В.В., БГАТУ, г. Минск.....	189
79.	К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ УБОРКИ КАМНЕЙ	
	Пунько А.И., к.т.н., доцент, Михалко М.В., магистрант, БГАТУ, г. Минск.....	190
80.	ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ-УДОБРИТЕЛЯ	
	Нукешев ¹ С.О., д.т.н., профессор, Романюк ² Н.Н., к.т.н., доцент, Агейчик ² В.А., к.т.н., доцент, Ахметов ¹ Е.Н., студент, ¹ КазАТИУ, г. Астана, ² БГАТУ, г. Минск.....	193
81.	НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСЧЕТА ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА ПОРШНЕВЫХ ДВС	
	Белохвостов ¹ Г.И., к.т.н., доцент, Кунаш ¹ М.В., аспирант, Тиунчик ¹ А.А., к.ф.-м.н., доцент, Дубовик ² Д.А., д.т.н., Климук ² А.С., Янович ² Д.Л. ¹ БГАТУ, ² Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск.....	195
82.	ОРИГИНАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ШТИФТОВОЙ КАТУШКИ ВЫСЕВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА	
	Нукешев ¹ С.О., д.т.н., профессор, Романюк ² Н.Н., к.т.н., доцент, Назарбаев ¹ Е., докторант, Ыскак ¹ Т.Ш., студент, ¹ КазАТИУ, г. Астана, ² БГАТУ, г. Минск.....	198
83.	ПРИМЕНЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ СЕПАРАТОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИКОРМОВ	
	Мирошниченко Я.А., аспирант, МелГУ, г. Мелитополь.....	200
84.	К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВУ	
	Нукешев ¹ С.О., д.т.н., профессор, Романюк ² Н.Н., к.т.н., доцент, Танбаев ¹ Х.К., PhD, Бошыманов ¹ Б.Б., студент, ¹ КазАТИУ, г. Астана, ² БГАТУ, г. Минск.....	202

85.	ЗНАЧЕНИЕ КОХИИ ПРОСТЕРТОЙ В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ Эвиев В.А., д.т.н., профессор, Абушинов Б.Б., магистрант, КалмГУ, г. Элиста.....	205
86.	ПРЕДЛОЖЕНИЯ К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЙ (СМТ) ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ДО 2035 ГОДА И НА ПЕРИОД ДО 2050 ГОДА Горгодзе А.Р., Союз промышленников «Прогресс», г. Москва.....	206
87.	ЗНАЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ГРЯД И ГРЕБНЕЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВОЩНЫХ КОРНЕПЛОДОВ Зыкун А.С., Чеботарев В.П., д.т.н., профессор, БГАТУ, г. Минск.....	208
88.	ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПочно-ЛОЖЕЧНОГО ВЫСАЖИВАЮЩЕГО АППАРАТА КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКИ Никулин А.В., к.т.н., Кошелев Р.В., к.т.н., доцент, Тихонов А.А., к.т.н., доцент, Разживин Е.И., магистр, Левашук А.В., магистр, Конин В.В., магистр, Спиридонов Д.О., магистр, НГАТУ, г. Нижний Новгород.....	211
89.	ЗНАЧЕНИЕ ОВОЩНЫХ КОРНЕПЛОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Зыкун ¹ А.С., Чеботарев ¹ В.П., д.т.н., профессор, Карбанович ² Т.М., к.б.н., ¹ БГАТУ, ² Управление картофелеводства, плодоовощеводства, агрохимии и защиты растений Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, г. Минск.....	214
90.	ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПАДЕНИЯ КАПЕЛЬ ПРИ ВНЕСЕНИИ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ ПЕСТИЦИДОВ ШТАНГОВЫМИ ОПРЫСКИВАТЕЛЯМИ Крук ¹ И.С., к.т.н., доцент, Гордеенко ² О.В., к.т.н., доцент, Гантулга ³ Г., к.т.н., профессор, Лхагвасурэн ⁴ Л., к.т.н., Тиунчик ¹ А.А., к.ф.-м.н., доцент, Анищенко ¹ А.А., ¹ БГАТУ, г. Минск, ² БГСХА, г. Горки, ³ Монгольская академия аграрных наук, ⁴ Монгольский государственный аграрный университет, г. Улан-Батор.....	217
91.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМАССЫ ПЛОЩАДИ ПОСЕВА С ПОМОЩЬЮ ЕЕ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ Черных А.Г., к.т.н., доцент, Иркутский ГАУ, п. Молодежный.....	219
92.	ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СНОСА КАПЕЛЬ ФАКЕЛА РАСПЫЛА ПЕСТИЦИДОВ Гордеенко ¹ О.В., к.т.н., доцент, Мельников ¹ В.А., магистрант, Крук ² И.С., к.т.н., доцент, Карпович ³ С.К., к.э.н., доцент, Анищенко ² А.А., ¹ БГСХА, г. Горки, ² БГАТУ, ³ МСХП РБ, г. Минск.....	222
93.	К РАЗРАБОТКЕ СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ПТИЧНИКА С КЛЕТОЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ Коняев Н.В., к.т.н., доцент, Варавин В.И., к.т.н., доцент, Курский ГАУ, г. Курск.....	224

СЕКЦИЯ 2

ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АПК

1.	СВЧ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ДЕФРОСТАЦИИ И РАЗОГРЕВА МОЛОЗИВА ЖИВОТНЫХ Тихонов ¹ А.А., к.т.н., доцент, Романюк ² Н.Н., к.т.н., доцент, Новикова ³ Г.В., д.т.н., профессор, Ершова ⁴ И.Г., д.т.н., Федоров ³ М.Е., аспирант, ¹ НГАТУ, г. Нижний Новгород, ² БГАТУ, г. Минск, ³ НГИЭУ, г. Княгинино, ⁴ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва.....	227
2.	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЖИДКИЕ СРЕДЫ Корко В.С., к.т.н., доцент, Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, Кардашов П.В., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	229
3.	ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ И МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕХОВОГО УРОВНЯ Барашко О.Г., к.т.н., доцент, Кобринец В.П., к.т.н., доцент, БГТУ, г. Минск.....	231
4.	ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ Бондарчук ¹ О.В., к.т.н., Бондарь ¹ Н.Ф., к.х.н., Пашинский ² В.А., к.т.н., доцент, Селюк ¹ Ю.Н., ¹ БГАТУ, ² МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск.....	231
5.	ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ КОНЦЕНТРАТА КСІ В УСЛОВИЯХ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ» Кобринец В.П., к.т.н., доцент, Барашко О.Г., к.т.н., доцент, БГТУ, г. Минск.....	233
6.	СТРУКТУРНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Клинцова В.Ф., БГАТУ, г. Минск.....	235
7.	ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ В БАРАБАННЫХ СУШИЛКАХ Кобринец В.П., к.т.н., доцент, Барашко О.Г., к.т.н., доцент, БГТУ, г. Минск.....	237
8.	МЕТОДИКА РАСЧЕТА СУТОЧНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ИНСОЛЯЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ Андрианов В.М., д.ф.-м.н., профессор, Зайцев Е.В., магистрант, БГАТУ, г. Минск.....	239
9.	БИОСЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МОЛОКА Крылова Н.Г., к.ф.-м.н., доцент, Крутов А.В., к.т.н., доцент, Ковалев В.А., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	241
10.	ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕХОВОГО УРОВНЯ Барашко О.Г., к.т.н., доцент, Кобринец В.П., к.т.н., доцент, БГТУ, г. Минск.....	243
11.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛИКА СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОПОЛОГИИ ЭЛЕКТРОДНОЙ СТРУКТУРЫ Крылова ¹ Н.Г., к.ф.-м.н., доцент, Олейников ¹ Д.А., студент, Крутов ¹ А.В., к.т.н., доцент, Ковалев ¹ В.А., к.т.н., доцент, Грушевский ² В.В., к.х.н., ¹ БГАТУ, ² Государственный комитет судебных экспертиз Республики Беларусь, г. Минск.....	244

12.	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ НА СЕМЕНА ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Корко В.С., к.т.н., доцент, Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	246
13.	РЕЗОНАТОР С СВЧ ЭНЕРГОПОДВОДОМ ДЛЯ РАЗМОРАЖИВАНИЯ СЛИЗИСТЫХ СУБПРОДУКТОВ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ Воронов Е.В., к.э.н., доцент, Смирнов Р.А., к.т.н., доцент, Новикова Г.В., д.т.н., профессор, НГИЭУ, г. Княгинино.....	248
14.	К РАСЧЕТУ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОРА БЕЛКОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ Кривовязенко Д.И., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	250
15.	К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ Зеленькевич ¹ А.И., к.т.н., доцент, Збродыга ¹ В.М., к.т.н., доцент, Шевчик ² Н.Е., к.т.н., доцент, ¹ БГАТУ, ² Институт энергетики НАН Беларуси, г. Минск.....	255
16.	РАЗВИТИЕ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА Кравцов А.М., к.т.н., доцент, Фицнер М.А., магистрант, БГАТУ, г. Минск.....	257
17.	ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНТИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТАХ Павлюковец С.А., к.т.н., доцент, Вельченко А.А., к.т.н., доцент, Радкевич А.А., магистрант, БНТУ, г. Минск.....	259
18.	ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОПРИВОДА АГРОДРОНА Заярный В.П., аспирант, Дубинин С.В., к.т.н., доцент, БНТУ, г. Минск.....	261
19.	ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТОКА В ТЕРМИНАЛАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ Чака И.Ю., аспирант, Збродыга В.М., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	263
20.	СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ СО₂ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ Гаркуша К.Э., к.т.н., доцент, Гаркуша К.В., БГАТУ, г. Минск.....	265
21.	ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С.Х.» Зеленькевич А.И., к.т.н., доцент, Збродыга В.М., к.т.н., доцент, Дубровская С.А., магистрант, Жидович А.А., студент, БГАТУ, г. Минск.....	267
22.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ И МОЩНОСТИ В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ Мамедов ¹ Т.А., Шелягина ² А.Ю., Загинайлов ² В.И., д.т.н., профессор, ¹ ООО «ОЭСК», ² РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва.....	269
23.	LINEAR ACTUATORS IN AGRICULTURE Lyubochko I.A., BSATU, Minsk.....	272
24.	СУЩЕСТВУЮЩИЕ СХЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА Гаркуша К.В., Волосюк А.А., студент, Жук Д.А., студент, БГАТУ, г. Минск.....	273
25.	ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4 кВ Наумов ^{1,2} И.В., д.т.н., профессор, ¹ Иркутский ГАУ, ² ИРНИТУ, г. Иркутск.....	275

26.	ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ВИТАМИНИЗИРОВАННОГО МОЛОКА	
	Якубовская Е.С., Щепко Н.Ю., студент, БГАТУ, г. Минск.....	278
27.	КЕРАМИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
	Шевченко А.А., к.т.н., доцент, Королевич М.В., д.ф.-м.н., профессор, Болодон В.Н., к.б.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	280
28.	ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ТЕПЛИЦ ЧЕТВЕРТОГО И ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЙ	
	Якубовская Е.С., Щербак В.И., студент, БГАТУ, г. Минск.....	282
29.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СВЧ-КАМЕРАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШКИ МАТЕРИАЛОВ	
	Матвеевко ¹ В.В., к.ф.-м.н., доцент, Матвеевко ² И.П., к.т.н., доцент, ¹ БГУИР, ² БГАТУ, г. Минск.....	284
30.	ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩА ПО ПЕРИОДАМ ХРАНЕНИЯ	
	Якубовская Е.С., Кадебская А.С., студент, БГАТУ, г. Минск.....	286
31.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ MICRO-CAP	
	Матвеевко И.П., к.т.н., доцент, БГАТУ, г. Минск.....	287
32.	РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ	
	Клибанова Ю.Ю., к.ф.-м.н., доцент, Павлов С.А., PhD в области ветеринарии, к.в.н., Барахтенко Р.Е., студент, Гусаров А.Е., студент, Иркутский ГАУ, г. Иркутск.....	289
33.	МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В АПК	
	Ковалев В.А., к.т.н., доцент, Крутов А.В., к.т.н., доцент, Скочек И.И., БГАТУ, г. Минск.....	291
34.	ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ИНТЕРНЕТ-ВЕЩЕЙ» (IOT) В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ	
	Литвинюк Д.М., БГАТУ, г. Минск.....	293
35.	К ВОПРОСУ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ В УСТРОЙСТВАХ АЭРОИОННОЙ АКТИВАЦИИ	
	Кудинович А.Н., аспирант, Янко М.В., БГАТУ, г. Минск.....	296
36.	ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СЫРА, ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ САР ТЕМПЕРАТУРОЙ В СИСТЕМЕ НАГРЕВА СЫРНОГО ЗЕРНА	
	Мякинник Е.Е., Костикова Т.А., БГАТУ, г. Минск.....	297
37.	К ЗАРЯДКЕ КАПЕЛЬ В ПОЛЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА ИОНОАКТИВАТОРА	
	Заяц ¹ Е.М., д.т.н., профессор, Чорный ² А.Д., к.ф.-м.н., доцент, Янко ¹ М.В., Кудинович ¹ А.Н., аспирант, ¹ БГАТУ, ² Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси, г. Минск.....	298

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 001.8:378.663

БГАТУ 70 ЛЕТ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Романюк Н.Н., к.т.н., доцент, ректор,

Крук И.С., к.т.н., доцент, проректор по научной работе,

Сенчуров Е.В., начальник научного отдела

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Вклад науки в развитие государства в настоящее время имеет большое значение. Только с помощью современных научных достижений страна сможет выйти на принципиально новый уровень решения стоящих перед обществом масштабных задач. Для успешной реализации проектов необходимы высококвалифицированные специалисты, владеющие новейшими технологиями, способные внедрять в практику инновационные идеи и разработки. Подготовка таких специалистов возможна лишь при тесном взаимодействии научного, образовательного и производственного процессов. Важная роль при этом отводится вузовской науке, которая определяет уровень развития учебного заведения.

Белорусский государственный аграрный технический университет является ведущим образовательным, научным и инновационным центром Республики Беларусь, осуществляющий подготовку высококвалифицированных инженерных кадров для агропромышленного комплекса. Университет имеет современную научно-исследовательскую базу, новейшее экспериментальное оборудование, позволяющее проводить комплексные научные исследования, обеспечивать их внедрение в производство и вести подготовку научных работников высшей квалификации.

По приоритетным направлениям развития аграрной науки в университете работают 16 научных школ. Их возглавляют академики, доктора наук и другие ведущие специалисты.

Университет по праву гордится выпускниками, добившихся значительных успехов в научной деятельности и ставшими известными в стране и за ее пределами учеными: доктор технических наук, профессор, академик РАСХН И.П. Ксенович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси Л.С. Герасимович; доктор наук, профессор, Лауреат Государственной премии Республики Беларусь В.С. Ивашко; доктора наук Л.А. Вергейчик; Е.П. Забелло, Е.М. Заяц; В.О. Китиков; А.В. Китун; В.Н. Кондратьев; А.В. Короткевич; А.А. Лептеев; Л.В. Мисун; Ж.А. Мрочек; Ю.В. Орлик, А.С. Сайганов; М.А. Солонский; Л.Я. Степук; В. Танась; В.П. Тарасик; М.А. Прищепов; В.А. Русан; П.П. Цыбульский и многие другие.

В университете функционируют два совета по защите диссертаций: Д 05.31.02 – совет по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальностям: 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»; 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»; К 05.31.01 – совет по защите кандидатских диссертаций по специальности 05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве».

Научные исследования, проводимые в БГАТУ, соответствуют приоритетным направлениям научной и научно-технической деятельности Республики Беларусь.

Большой вклад вносят наши ученые в выполнение государственных программ различного уровня. В настоящее время университет выполняет научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в рамках шести государственных научных программ (ГНТП, ГПНИ, ГП), призванных решать перспективные задачи инновационной экономики страны: «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность»; «Материаловедение, новые материалы и технологии»; «Цифровые и космические

технологии, безопасность человека, общества и государства»; «Конвергенция-2025»; «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии». В университете также ведутся научные исследования по заданиям Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ) и прямым хоздоговорам с предприятиями и организациями страны. В настоящее время выполняется ряд совместных исследований с научными и образовательными организациями России, Узбекистана, Китая, Монголии.

Основные направления научных исследований, проводимых в БГАТУ, соответствуют профилю подготовки в университете инженерно-технических специалистов АПК и включают такие современные направления, как разработка и освоение технологий упрочнения деталей рабочих органов сельскохозяйственной техники; разработка современных методов и средств технического сервиса сельскохозяйственной техники и оборудования; обоснование параметров и разработка технических средств почвообработки и ухода за посевами сельскохозяйственных культур; обоснование параметров и разработка технических средств для кормопроизводства и кормоприготовления; разработка методов и технических средств автоматизированного управления технологическими процессами производства сельскохозяйственной продукции; разработка энергосберегающих электротехнологий и оборудования; разработка стратегии обеспечения роста конкурентоспособности продукции АПК и ее продвижения на внешние рынки.

В 2021 году БГАТУ был аккредитован Государственным комитетом по науке и технологиям и Национальной академией наук Беларуси в качестве научной организации, что свидетельствует о высоком уровне проводимой в университете научно-исследовательской работы.

Научную деятельность в университете осуществляют – научный отдел, 24 кафедры, 36 филиалов кафедр, , институт повышения квалификации и переподготовки кадров АПК, 17 научно-исследовательских лабораторий (НИЛ), 11 студенческих научно-исследовательских объединений (СНИО).

За последние 5 лет учеными университета получено 62 патента на изобретения и полезные модели, издано 40 монографий, свыше 285 справочников, учебников и учебных пособий, опубликовано более 1520 научных статей. По результатам исследований за указанный период сотрудниками и аспирантами университета защищены 1 докторская и 20 кандидатских диссертаций, осуществлено более 300 внедрений разработок в производство и образовательный процесс.

Ученые Белорусского государственного аграрного технического университета имеют огромный потенциал научных работ, которые воплощаются в новейшие технологии, современные приборы, уникальные материалы и механизмы. Ежегодно новые разработки БГАТУ внедряются в производство на предприятиях, в организациях, фермерских хозяйствах страны и позволяют обеспечивать импортозамещение. Только в 2023 году по результатам выполнения НИР работниками, аспирантами и студентами университета осуществлено 23 внедрений разработок в производство и 32 – в образовательный процесс. Новизна разработок подтверждена 8 патентами Республики Беларусь на изобретения.

Новые технические решения создаются также в процессе подготовки кандидатских и докторских диссертаций, научно-исследовательских студенческих работ, курсовых и дипломных проектов.

Благоприятная научная среда в университете позитивно сказывается и на склонности студентов заниматься научной деятельностью. Научно-исследовательскую работу студентов (НИРС) с полным правом можно назвать одним из основных средств повышения качества подготовки высококвалифицированных специалистов для АПК страны. НИРС является неотъемлемой частью образовательного процесса и включает систему методов, средств и организационно-экономических мероприятий, обеспечивающих в процессе подготовки кадров освоение различных этапов организации и выполнения фундаментальных, экспериментальных поисковых научно-исследовательских работ и инновационных проектов,

направленных на решение научных задач, определяемых направлениями научно-исследовательской деятельности БГАТУ.

В 2023 году 1263 студента принимали активное участие во всех формах НИРС. Ими опубликованы 567 научных статей и материалов конференций; поданы 2 заявки на изобретения при участии 1-го студента; результаты 19 НИРС внедрены в образовательный процесс и 19 – в производство. Ежегодно студенты университета становятся победителями конкурсов студенческих научных работ, получают многочисленные дипломы и грамоты на республиканских и международных научных конференциях.

Студенты и аспиранты БГАТУ неоднократно удостоивались стипендий Специального фонда Президента Республики Беларусь, имени Франциска Скорины, Минского обкома профсоюза работников АПК, Республиканского комитета Белорусского профсоюза, становились лауреатами премии Мингорисполкома.

Большое внимание в университете уделяется также пропаганде научно-технических разработок ученых нашего вуза. Только в 2023 году в Белорусском государственном аграрном техническом университете издано 9 монографий, 2 учебника, 33 учебных пособия, из них 8 – с грифом МО РБ, 18 – с грифом УМО, 7 – без грифа, 7 рекомендаций, опубликовано 189 статей, из них 128 в рецензируемых изданиях (по ВАК), 59 – в зарубежных изданиях. Подготовлено 756 публикации по материалам научно-практических конференций, из них 238 – по материалам зарубежных конференций.

С целью коммерциализации научно-технических разработок университет принимает активное участие в международных и республиканских выставках инноваций в области сельскохозяйственного производства. БГАТУ постоянный участник международной выставки «БЕЛАГРО». Ежегодно представляемая университетом экспозиция включает тематические стенды, презентации, опытные образцы наиболее перспективных научных разработок. Лучшие научные разработки ученых университета неоднократно награждались дипломами и медалями на международных выставках «БелАгро» и «Золотая осень» (г. Москва).

Международное научно-техническое сотрудничество – одно из динамично развивающихся направлений деятельности университета. Соответствуя современным тенденциям интернационализации высшего образования, БГАТУ плодотворно сотрудничает в научно-образовательной деятельности с более чем 90 зарубежными университетами и научными организациями. БГАТУ является членом научно-образовательного консорциума между учреждениями высшего образования и НИИ Республики Беларусь и Республики Казахстан.

С целью обмена опытом и обсуждения результатов научных исследований в университете ежегодно проводится до 5 международных научно-практических конференций. Ученым, докторантам, аспирантам и магистрантам предоставлена возможность освещать результаты научных исследований на страницах научно-технического журнала для работников АПК «Агропанорама», издаваемого в БГАТУ и включенного в перечень изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, а также в Российский индекс научного цитирования.

Университет открыт для контактов и выполнения совместных проектов с учёными и научными центрами, предприятиями и специалистами ближнего и дальнего зарубежья по направлениям его научной деятельности.

УДК 338.242

ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ СФЕРЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ОСНОВЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПОДХОДОВ

Киреенко Н.В., д.э.н., профессор,

заведующий кафедрой инновационного развития АПК

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Агропродовольственная сфера Республики Беларусь является важной отраслью национальной экономики, обеспечивающей население продуктами питания и сырьем обрабатывающую (пищевую) промышленность, а также имеющая высокий уровень экспортного потенциала. В то же время в условиях усиления внешних вызовов важно определить положительные тенденции, а также понимать сложности ее развития.

В качестве инструмента нами выбран международный подход, базирующийся на оценке финансирования развития (DFA), который позиционируется ООН как инструмент по выявлению дополнительных источников финансирования и наиболее эффективного использования имеющихся финансовых ресурсов для достижения Целей устойчивого развития и в целом Повестки-2030.

На основе применения DFA-анализа установлено, что система интегрированного планирования и финансирования сельского хозяйства и сельских территорий предусматривается в рамках государственной программы. Каждая программа включает комплекс целей, задач, мер и направлений развития, а также источники финансирования, в качестве которых выступают средства республиканского и местных бюджетов, кредиты банков (в том числе льготных), собственные средства субъектов, осуществляющих деятельность в области агропромышленного производства и др.

Так, размер прямого бюджетного финансирования аграрной сферы в 2011–2020 гг. имел тенденцию к увеличению (в национальной валюте). Однако отмечается снижение доли расходов консолидированного бюджета на сельское хозяйство, рыбохозяйственную деятельность в общих расходах консолидированного бюджета страны. В то же время изучение динамики и структуры бюджетных средств по действующей Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы показало, что сокращение бюджетной поддержки сельского хозяйства не предусматривается. Наоборот, по ряду направлений размеры прямого бюджетного субсидирования возросли.

В ходе исследования установлено, что к настоящему времени, а также на перспективу до 2025 г., планируется увеличение роли кредитов в финансировании деятельности субъектов. Так, в 2021 г. зафиксирована наибольшая доля кредитов в общем объеме по программе (13,25%). При этом немаловажное значение имеет и льготное кредитование. Не все кредиты, выделение которых осуществляется в рамках государственных программ, являются льготными. Так, по Государственной программе на 2021–2025 гг. предусмотрено выделение субсидий на льготирование процентов по кредитам только в 2021 и 2022 гг.

В соответствии с Налоговым кодексом налогообложение субъектов хозяйствования в сельском хозяйстве может осуществляться как по общей системе, так и с применением специальных налоговых режимов. В настоящее время доля сельхозорганизаций, применяющих особый режим, составляет 97%. В то же время для бизнеса при планировании деятельности и принятии инвестиционных решений, основанных, наряду с прочим и на уровне налоговой нагрузки, гораздо большее значение имеет совокупный размер обязательных платежей, нежели названия фондов, куда эти платежи направляются. Это обстоятельство становится все более актуальным, когда остро стоит задача как стимулировать деятельность уже существующих субъектов агропродовольственной сферы, так и создать благоприятные инвестиционные условия для старта новых бизнес-моделей.

Особенностью страхования в сельском хозяйстве Беларуси является обязательное страхование посевов сельскохозяйственных культур, скота и птицы, перечень которых ежегодно утверждается. Данный вид регулируется Главой 18 Положения о страховой

деятельности в Республике Беларусь. Государственная поддержка предусматривает уплату части (95 %) страховых взносов по обязательному страхованию. Анализ показал, что объемы финансирования по годам варьируют. При этом доля расходов на уплату части страховых взносов в общих расходах республиканского бюджета на финансирование мероприятия государственных целевых программ находится на уровне 3,0–3,5%.

Одной из особенностей DFA-методологии является то, что она предусматривает мониторинг результатов. В данном контексте установлено, что в Республике Беларусь на законодательном уровне принята методика оценки эффективности реализации выполнения Государственной программы. Министерство сельского хозяйства и продовольствия ежегодно размещает информацию о результатах ее выполнения, а также полный отчет о результатах пятилетнего периода развития. Так, за 2022 год в рамках Государственной программы было предусмотрено к реализации 98 мероприятий, из них выполнено 89 или 90,8 %.

DFA-методология представляет собой стратегический инструмент, позволяющий на основе выявленных тенденций и закономерностей обосновывать прогнозы дальнейшего развития. Разработанные с помощью DFA сценарии развития аграрного сектора Республики Беларусь представляют собой прямые прогнозы объемов национального производства, внутреннего потребления, экспорта и импорта сельскохозяйственной продукции и продуктов питания на основе возможностей государственных и частных финансов. Установлено, что по реалистичному прогнозу наблюдается рост всех показателей развития агропродовольственной сферы Республики Беларусь до 2030 года. При этом отмечается рост рентабельности продаж в сельском хозяйстве как целевого показателя государственной программы. Прогноз расходов консолидированного бюджета на сельское хозяйство показывает сохранение достигнутого уровня бюджетного финансирования по реалистичному сценарию. При этом по оптимистичному варианту прогнозы демонстрируют рост расходов на сельское хозяйство к 2030 г. В то же время при неблагоприятной экономической ситуации возможно снижение расходной части бюджета на агропродовольственную сферу, но это не ниже критического уровня, необходимого для обеспечения продовольственной безопасности нашей страны.

Проведенная оценка развития агропродовольственной сферы Республики Беларусь на основе международных подходов стала основой выработки следующих рекомендаций, основанных на имеющейся нормативно-правовой базе Республики Беларусь и направленных на сохранение и повышение устойчивости исследуемого объекта. Так, в сфере государственной поддержки предлагается более активное применение мер «зеленой корзины». Следует обратить внимание на развитие системы налогового планирования как на уровне государства, так и на уровне субъекта. Продолжить практику по выработке механизмов снижения налоговой нагрузки в сельском хозяйстве.

Установлено, что, учитывая сезонность и длительный период производства, в агропродовольственной сфере система кредитования имеет особое значение. Поэтому приоритетными направлениями кредитования должны оставаться внедрение новых технологий и расширение производства, реализация проектов по производству импортозамещающей продукции, реализация проектов по развитию объектов инфраструктуры.

Как показывает практика, целесообразно отойти от обязательности страхования и предусмотреть расходы бюджета не на формирование фондов страховых компаний, а на компенсацию потерь при наступлении страхового случая. Международный опыт свидетельствует, что на эти цели необходимо предусмотреть создание фонда агрострахования, который может формироваться как за счет средств бюджета, так и за счет взносов сельскохозяйственных организаций и других субъектов экономики.

Учитывая общемировые тенденции, роль частного капитала в экономических системах усиливается. В этой связи важно продолжить работу по формированию благоприятных условий по развитию государственно-частного партнерства. В Республике Беларусь, начиная с 2015 г. с принятия Закона о государственно-частном партнерстве, было реализовано немало

инициатив, которые могут быть примером эффективного сотрудничества государства и бизнеса. Наряду с этим, уже сейчас существуют разные преференциальные правовые режимы инвестирования в Беларуси, в том числе в средних, малых городских поселениях, сельской местности, которые требуется субъектам использовать более активно.

УДК 664.734.2

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК ЗЕРНА**

Федоров О.С., к.т.н., доцент,

заведующий кафедрой «Эксплуатация и ремонт машин»

Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск

Нормальный рост и развитие организма животного невозможно без качественных кормов, которые являются источниками энергии и питательных веществ. Наиболее удобными для кормления практически всех групп животных являются комбинированные корма.

Первоначальное качество ингредиентов, верно разработанный технологический процесс приготовления, являются основными критериями, определяющими эффективность использования комбикормов. Следовательно особое значение приобретает проблема разработки и внедрения новых и совершенствования существующих энергоресурсосберегающих технологических линий и технических средств для приготовления кормов [1,2].

Наиболее распространённой и энергозатратной операций при приготовлении комбикормов является измельчение зерна. Многочисленными исследованиями установлено, что качественно измельченное зерно повышает продуктивность животных на 10...15% [2, 4].

Зерно до заданной крупности измельчают различными способами: на дробилках, мельницах или плющилках, причем измельчают как сухое зерно, так и повышенной влажности [3,4].

Основными машинами для измельчения зерна в комбикормовой промышленности и сельскохозяйственных предприятиях являются молотковые дробилки. Наиболее часто на предприятиях используют дробилки типа ДКМ, КДУ и т.п. Данные машины имеют ряд недостатков: во-первых, при попадании в камеру дробления инородных предметов (камней, металлических предметов) сепарирующие решета, а иногда и молотки выходят из строя или вызывают интенсивный износ рабочих органов [5-7]; во-вторых, более крупные частицы зерна под действием центробежных сил перекрывают выход частицам, достигшим необходимых размеров, что приводит к интенсивному образованию пылевидной фракции, износу дек, решёт и молотков, а также повышенному расходу энергии (рис.1).

Анализ работ [5-7] показал, что на качество измельченного материала и на пропускную способность данного типа дробилок оказывают влияние множество факторов, но наибольшее значение имеет способ сепарации измельченного продукта.

Целью работы является повышение эффективности функционирования молотковой дробилки зерна путем совершенствования процесса регулирования модуля помола.

В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие задачи: разработать конструктивно-технологическую схему циклона-сепаратора с регулятором модуля помола; определить оптимальные параметры циклона-сепаратора с регулятором модуля помола.

Для решения вышеприведенных задач предлагается следующая конструкция циклона-сепаратора (рис.2). Сепарация происходит следующим образом: дерть от вентилятора-швырляки поступает через входной продуктопровод в цилиндрическую часть циклона-сепаратора. В цилиндрической части имеется два решета, решето 2,3 неподвижное, а 4 подвижное. Перемещая решета относительно друг друга, размер сепарирующих отверстий

можно увеличить или уменьшить, тем самым увеличивается или уменьшается гранулометрический состав конечного продукта. Основное разделение фракций дерти происходит в цилиндрической части. В конической части происходит досепарирование на поверхности конического решета 2. Вся дёрть, не подходящая по гранулометрическому составу, проходит через отверстия в конической части циклона-сепаратора на доизмельчение, а готовый продукт отгружается.

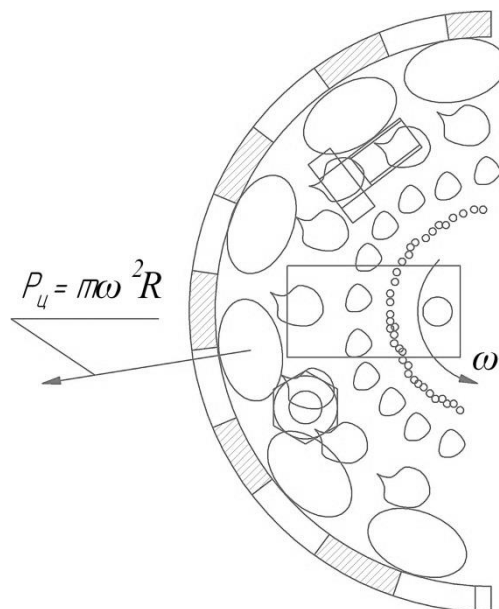


Рисунок 1 – Схема дробления зерна в камере измельчения дробилок закрытого типа

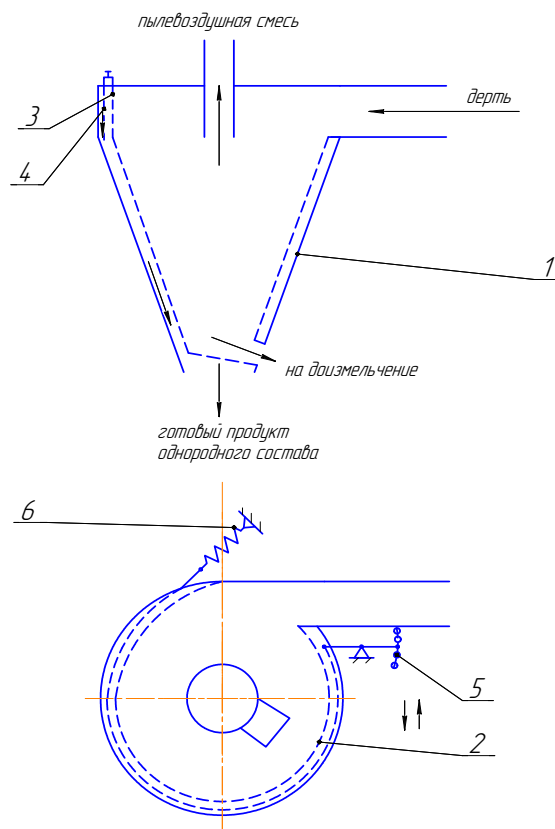


Рисунок 2 – Конструктивно-технологическая схема циклона-сепаратора с регулируемым решетом:
1-корпус циклона-сепаратора; 2,3- неподвижное решето; 4-подвижное решето; 5-механизм регулирования;
6-механизм натяжения

Для проверки и уточнения параметров, определённых теоретически, определения оптимальных конструктивно - технологических параметров, а также энергетических и качественных показателей работы зерновой дробилки изготовлена лабораторная установка (рис.3).



Рисунок 3 – Лабораторная установка

Проведенные исследования рабочего процесса модернизированной дробилки зерна показали:

1. Оптимальная величина радиуса цилиндрической части – $R = 0,19...0,22$ м, высота цилиндрической части – $h = 0,14...0,17$ м, угол полураствора конической части – $\beta = 12^\circ...16^\circ$.
2. Величина удельных энергозатрат составляет $\Xi = 2,7...2,94$ кВт·ч/(т·ед.ст.изм.).

Литература

1. Завражнов, А.И. Механизация приготовления и хранения кормов: учеб. пособие / А.И. Завражнов, Д. И. Николаев - М.: Агропромиздат, 1990.-336 с.
2. Обоснование пропускной способности циклона-сепаратора для дробилок зерна / А.Г. Бастригов, П.В. Дородов, О.С. Федоров, В.И. Широбоков // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. - 2016.- № 4 (49).- С. 44-51.
3. Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм: учебн. для вузов / С.В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
4. Сысуев, В.А. Энергосберегающие машины и оборудование для кормоприготовления / В.А.Сысуев. - Киров: НИИСХ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, 1999.- 290 с.
5. Сысуев, В.А. Кормоприготовительные машины. В 2 т. Т. 1. Теория, разработка, эксперимент / В.А. Сысуев, А.В. Алешкин, П.А. Савиных. – Киров.: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2008. – 640 с.
6. Широбоков, В.И. Модернизированная дробилка фуражного зерна / В.И. Широбоков, А.Г. Иванов, О.С. Федоров // Тракторы и сельхозмашины. – 2010.- №1. – С.21-23.
7. Широбоков, В.И. Модернизированная дробилка фуражного зерна / В.И. Широбоков, А.Г. Иванов, О.С. Федоров // Тракторы и сельхозмашины. – 2010.- №1. – С.21-23.

АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ «ОБЩЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРАКТИК ДЛЯ СТУДЕНТОВ АГРАРНЫХ И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ВУЗОВ И ССУЗОВ, С ЦЕЛЬЮ ОБМЕНА ОПЫТОМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ В СТРАНАХ-УЧАСТНИЦАХ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА»

Горгодзе А.Р.,

руководитель комитета промышленной кооперации, науки и образования
Союз промышленников «Прогресс», г. Москва

Вводные:

1) Программа должна соответствовать духу времени – одновременно учитывать, как истинные потребности профильных предприятий (исключить формальный подход), так и характеристики представителей нового поколения (особенности восприятия информации, усвоение материала, мотивации к профессиональному образованию, поведения и т.д.).

2) Программа призвана продемонстрировать возможность адаптации накопленного десятилетиями положительного опыта системы академического образования к потребностям нашего века. Этот опыт - идеальная стабильная база для апробации нововведений. И наоборот, - новые, иногда экспериментальные, подходы послужат не разрушению старой системы, а поддержанию ее гибкости, адаптивности и жизнеспособности.

3) Целями программы должны стать:

- обеспечение экономически значимых производств молодыми мотивированными профессионалами, которые действительно **готовы** приступить к работе после окончания ВУЗа и могут привнести в организацию производства, сбыта, производственные и бизнес-процессы, конструкторские разработки свежие идеи, творческие подходы к решению задач, человеческую позитивную энергию;

- синхронизация и непрерывное совершенствование взаимодействия образования, науки и производства;

- высокую эффективность затрат государства и предприятий на подготовку кадров (сродни инвестиционным проектам).

4) Реализация разработанной программы может стать пилотным проектом и послужить примером для других производственных отраслей.

5) Создание общей программы – отдельный проект, состоящий из нескольких стандартных этапов – разработки, точечной апробации, внедрения, непрерывного совершенствования. Далее возможно масштабирование.

Практические предложения для реализации (один из вариантов для примера):

1) На основании данных по потребностям производства (не статистическим, а реальным по конкретному предприятию) формирование перечня необходимых специальностей;

2) Составление профилей потенциальных студентов для отбора, их целевых индивидуальных программ (проектное обучение);

3) Создание на факультетах отдельных профильных групп с особыми (повышенными) требованиями при зачислении (дополнительная система конкурсного отбора, включая профессиональную ориентацию);

4) Такие группы занимаются по специальной программе:

- дополнительные предметы;

- дополнительные преподаватели-практики (внештатные);

- углубленное изучение профильных предметов;

- большое количество практической деятельности (погружение в профессиональную среду с самого начала обучения). Для этого часть занятий переводится, например, на производство;

– ежегодная студенческая практика организуется «в полях» - на производствах, в сельскохозяйственных предприятиях, и т.д.;

5) Первый год обучения – общий. Затем разделение по специализациям (с индивидуальным подбором профильных предметов);

6) Существует программа ротации преподавателей (курсы лекций и практических занятий во всех ВУЗах, участвующих в программе);

7) Практика студентов организуется на всех профильных производствах, задействованных в программе (в разных городах);

8) Действует система мотивации студентов, включая материальное стимулирование;

9) Студенты привлекаются к участию в научной деятельности (на базе инновационных и иных центров при ВУЗах и за их пределами).

Сама методика обучения должна включать все современные технологические достижения и инструменты, включая тренажеры-симуляторы, онлайн обучающие платформы, интерактивные лекции, видеоконференции и т.д. Студенты должны посещать специализированные выставки, владеть информацией о мировых достижениях в отрасли, иметь широкий кругозор.

В ВУЗе организуется система кураторства (она и сейчас формально присутствует, но для указанных групп функции куратора должны быть схожи с функциями руководителя проекта и частично тренера, настав);

На предприятиях организуется система наставничества (опять же, с несколько иным содержанием, нежели это принято сегодня).

Еще за год до окончания ВУЗа выпускники таких групп уже будут иметь приглашения на работу в предприятия. Их дипломные проекты должны быть реальными практическими разработками в профильных областях. Неудачные (или разочаровавшиеся в выборе) студенты будут переводиться в обычные группы курса.

Это лишь один из вариантов организации образовательного процесса.

Безусловно, внедрение таких серьезных изменений требует детальной проработки и частичной апробации.

Является очевидным – концепция образовательной программы должна учесть весь положительный опыт, накопленный в профессиональном образовании и, в то же время, привести те новые подходы, без которых невозможно обеспечить качество обучения молодых специалистов, а также их интерес, энтузиазм и стремление к развитию.

Также необходимо отметить проблематику развития этой темы – отсутствие развитых профильных производств в доступности для некоторых регионов.

А с учётом сложностей оформления заграничной командировки при организации практики, например, для «Тимирязевца» в Беларуси, на МТЗ, целесообразно заинтересовывать «индустриальных партнёров» для решения. Как административных (регистрация, проживание), так и других бытовых вопросов (командировочные, транспортные).

УДК 62-83

**ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

Прищепов М.А., д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой электрооборудования сельскохозяйственных предприятий,
Прищепова Е.М., к.т.н., доцент,
доцент кафедры электрооборудования сельскохозяйственных предприятий,
Грушин В.С., магистрант
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Во всех технологических процессах, преобразование электрической энергии в механическую и обратно, выполняется электроприводами. При этом электроприводами потребляется более 60 % вырабатываемой энергии. В промышленности работает 90 % электроприводов от всех применяемых, в сельском хозяйстве около 20 %. При этом из всех работающих электроприводов 90 % являются асинхронными электроприводами, т.е. в них в качестве электромеханического преобразователя в большинстве случаев используется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. В высокоэлектровооружённых отраслях установленная мощность электродвигателей в среднем на одного работающего составляет пять и более киловатт. Следовательно, вопрос использования энергоэффективных электроприводов, как в промышленности, так и в сельском хозяйстве является весьма актуальным, так как в настоящий период это главный потребитель электроэнергии. В условиях дефицита энергоресурсов это делает особо острой проблему энергосбережения в электроприводе. Считается, что сегодня сэкономить единицу энергетических ресурсов вдвое дешевле, чем её добыть. В перспективе это соотношение будет меняться в сторону экономии, так как добывать топливо все труднее и запасы его убывают.

Широкое использование электроприводов в производстве вообще и с асинхронными двигателями, в частности, обусловлено преимуществами электродвигателей, при этом современный электропривод развивается по следующим основным направлениям:

- по пути наибольшего приближения электродвигателя с приводным валом или совмещения с рабочей машиной;
- электропривод активно развивается в направлении регулирования его координат (скорости, момента, угла поворота), что расширяет его функциональные возможности и повышает энергоэффективность технологических процессов;
- электропривод развивается в сторону экономичности;
- электропривод развивается в сторону удобства управления, повышения информатизации и контроля процесса.

В литературе считается, что использование регулируемого электропривода в технологических процессах обеспечивает снижение энергозатрат на 20-30% и более. Однако это утверждение является необоснованным и не всегда достижимым. Это можно показать на примере двух технологических процессов, использующих частотно-регулируемые асинхронные электроприводы (ЧРАЭП).

При использовании вальцовых плющилок-измельчителей фуражного зерна с ЧРАЭП [1] минимум удельных затрат электроэнергии на технологические процессы плющения и измельчения зерна будет обеспечивать и минимум удельных приведенных затрат при высокой загрузке плющилки-измельчителя. Однако для этого необходимо, чтобы ЧРАЭП имел непростое дополнительное устройство, обеспечивающее возможность поддерживать минимальные удельные энергозатраты [2].

Аналогичное использование ЧРАЭП в обкаточно-испытательных стендах механических передач (рисунок 1) обеспечивает требуемые режимы обкатки на холостом ходу и под нагрузкой с рекуперацией электрической энергии от тормозной машины к приводной [3]. Вместе с тем открытым остается вопрос какое время и при каких нагрузках обеспечивать обкатку.

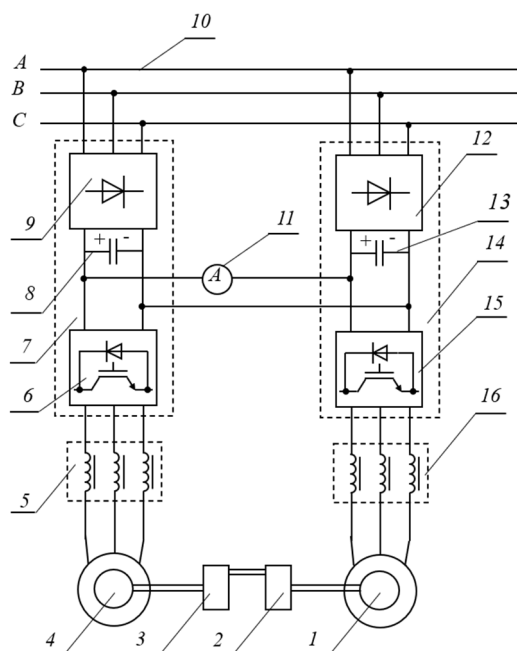


Рисунок 1 - Схема стенда для испытания и обкатки передач, в котором в качестве приводного и тормозного двигателя используются АД с короткозамкнутым ротором: 1, 4- асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, 2 – дополнительная передача, 3 – испытываемая передача, 5,16 – дроссели, 6,15 – инверторы, 7,14 – преобразователи частоты, 8,13 – сглаживающие конденсаторы, 9,12 – неуправляемые выпрямители, 10 – питающая сеть, 11 – амперметр.

Следовательно, для эффективного использования регулируемых электроприводов необходимо использовать специальные устройства, контролирующие удельные энергозатраты и режим проведения технологических процессов.

Литература

1. Прищепов, М. А. Энергоэффективный частотно-регулируемый асинхронный электропривод в сельском хозяйстве / М. А. Прищепов, Е. М. Прищепова, В. А. Дайнеко. – Минск : БГАТУ, 2022. – 312 с.:
2. Способ управления взаимосвязанными электроприводами вальцовой плющилки-измельчителя зерна с рекуперацией электрической энергии : пат. 21847 Респ. Беларусь, В 02С 4/42/, Н 02Р 5/74 / Е.М. Прищепова, В.А. Дайнеко ; заявитель Белор. гос. агр. техн. ун-т – № а 20150636 ; заявл. 16.12.15 ; опубл. 30.04.18 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2018. – № 2. – С. 77-78.
3. Обкаточно-испытательный стенд для механической коробки передач с рекуперацией электрической энергии торможения : пат. 23580 Респ. Беларусь, G 01M 13/02 / М.А. Прищепов, Д.М. Иванов, Е.М. Прищепова, В.В. Смоленчук; заявитель Белор. гос. агр. техн. ун-т – № а 20200112; заявл. 06.04.2020 ; опубл. 30.12.21 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2021. – № 6. – С. 67-68.

СЕКЦИЯ 1

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 575.113

ЗНАЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ, СОВРЕМЕННЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДОСТИЖЕНИЙ НАУКИ В СЕЛЕКЦИИ ХЛОПЧАТНИКА

Дидарова Э.Г.

Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А.Ниязова, г. Ашхабад

В аграрном секторе Туркменистана проводятся масштабные реформы. Большое значение придается внедрению в сельскохозяйственное производство передового опыта, современных передовых технологий и достижений науки. В результате реализуемых мероприятий повышается экономическая эффективность и продуктивность сельского хозяйства. Многосторонняя государственная поддержка оказывается сельским труженикам, которые работают в сельском хозяйстве страны и выращивают обильные урожаи на основе правильного, эффективного использования земли и воды. При этом осуществляется результативная научная работа, основанная на использовании биотехнологий для развития науки и образования.

Совокупность сортов, принадлежащих к разным ботаническим видам растения, используемых при создании новых сортов растений, называется коллекцией. В целях сохранения и научного изучения генетического резерва растений, а также использования их в селекционной работе семена сельскохозяйственных культур привозятся из разных стран, высаживаются в полевых опытах в научных учреждениях, изучаются особенности их биологического развития, морфологические и экономические характеристики и признаки; одни из лучших отобранных растений предлагаются селекционерам для использования в создании новых сортов. С целью изучения сортов сельскохозяйственных культур их семена сажают и выращивают в полевом эксперименте на основе научных методов и широкого использования биотехнологий.

Под научным руководством академика Н.И.Вавилова в НИИ ботаники в Санкт-Петербурге (Россия) и в коллекции, собранной в НИИ имени Г.С.Зайцева в Ташкенте, (Республика Узбекистан) хранятся семена более 8000 сортов хлопчатника, принадлежащих к 38 ботаническим видам культурного хлопчатника и дикорастущим видам.

Большой вклад в развитие хлопководства внесли Л. Г. Арутюнова, В. А. Рюмин, Д. Мусаев и другие ученые, которые первыми подробно изучили биологические особенности, цитологию и генетику ботанических видов в коллекции хлопчатника. Г.С.Зайцев, Ф.М.Мауэр, А.Абдуллаев, изучавшие коллекционные сорта хлопчатника, разработали научную систему этого растения. Местные сорта хлопчатника *G. herbasiun* L., которые ранее выращивались в климатических условиях Узбекистана, получившие название азиатского хлопка, по урожайности и качеству волокна были на низком уровне.

В начале XXI века высаживаются семена сортов ботанического вида хлопчатника *G. herbasiun* L., привезенных из Мексики. Из этих высаженных семян были отобраны урожайные растения хлопчатника, созданы и внедрены в производство местные селекционные сорта. На хлопковых полях Узбекистана в 1960-е годы сильное распространение болезни вертициллёзного увядания средневолокнистого хлопка вызвало сильное снижение урожайности хлопка.

Академик С.М.Мирахедов гибридизировал сорта культурных и дикорастущих сортов хлопчатника, создал устойчивые к вертициллёзному увяданию сорта «Ташкент-1», «Ташкент-2», «Ташкент-3» и внедрил их в производство и внес большой вклад в развитие хлопководства Республики Узбекистан.

В нашей стране в отделе селекции и семеноводства хлопчатника Сельскохозяйственного научно-производственного центра Туркменского сельскохозяйственного института (город Йолотань) хранится и научно изучается коллекция из 1140 сортов различных ботанических видов хлопчатника.

Из сортов Карнак, Пима, Ашмуни, относящихся к виду *G. barbadense* L. в коллекции хлопчатника, привезенного из Арабской Республики Египет и высеянного в Йолотене, отобраны и выведены первые сорта тонковолокнистого хлопка, адаптированные к местной почве и погодным условиям. Затем гибридизацией сортов коллекции были созданы раннеспелые сорта с высокими качеством, урожайностью и выходом хлопкового волокна и внедрены в производство. В результате увеличилась урожайность в хлопкосеющих районах.

Чтобы сохранить на высоком уровне проращаемость семян, собранных в коллекции хлопчатника и использовать их в селекции, часть семян сортов ежегодно высевают и изучают. В полевом опыте 2022 года выращено 140 сортов хлопчатника вида *G. hirsutum* L. и 48 сортов хлопчатника вида *G. barbadense* L. В опыте семена каждого сорта высаживали в 2 повторностях. Хлопчатник выращивали в стандартных агрономических условиях и регистрировали болезнь увядания, время раскрытия плодов (коробочек) и урожайность хлопка. Цветки хлопчатника с характерными свойствами для культивируемого сорта, самоопылили. Из каждого сорта по 20 коробочек хлопка как образцы были собраны и проанализированы в лаборатории. Исследуемые сорта средневолокнистые «Йолотань-7» и тонковолокнистые «Йолотань-14» оценивались в сравнении со стандартными сортами.

Образцы хлопка с более высокими показателями, чем у стандартных сортов, предлагаются селекционерам для использования в качестве нового первичного селекционного материала. Семена образцов хлопчатника, полученные при самоопылении хранятся на складе.

Среди сортов, относящихся к виду *G. hirsutum* L., «Йолотань-7», «Акала 1517-С», «SC-1» у которых коробочки крупнее стандартного сорта, «Там-8008-ге», «Хирситум адана», «Mc Наир 308», которые имеют высокий выход хлопкового волокна предложены селекционерам.

УДК 636.237

ТЕПЛОВОЙ СТРЕСС В МОЛОЧНОМ СКТОВОДСТВЕ

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

Чумак Т.М., **Колесень И.С.**, студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Одной из проблем молочного животноводства, приносящей ощутимые экономические потери, является тепловой стресс, возникающий при воздействии на животных высокой температуры окружающей среды в тёплое время года в совокупности с повышенной или, наоборот, очень низкой влажностью. На природные явления мы повлиять не можем, но вовремя принять меры, чтобы предотвратить или снизить негативное влияние теплового стресса вполне в наших силах.

Тепловой стресс является тяжелым испытанием для коров с высокой молочной продуктивностью. В период этого стресса, как и при других его видах, в крови увеличивается концентрация адреналина, норадреналина и кортизола, которые ингибируют выделение окситоцина, что обуславливает снижение молокоотдачи и содержания белка в молоке.

В критической зоне теплового стресса может наступить глубокое угнетение центральной нервной системы и шок, что может привести к судорогам, впадению в кому и гибели.

Снижение молочной продуктивности – наиболее заметный симптом теплового стресса. На каждую единицу увеличения индекса температуры-влажности коровы

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

белорусской черно-пестрой породы уменьшались надои на 0,9 кг молока. В условиях теплового стресса животное ест меньше и, как правило, имеет более низкий удой [1].

У животных высокопродуктивных пород ниже порог теплового стресса, чем у представителей менее продуктивных пород. У них выше уровень потребления корма, что генерирует больше тепла в процессе пищеварения, а также вырабатывается больше тепла в результате метаболических процессов, необходимых для производства дополнительного количества молока [1, 2].

Цель работы – обобщение опыта белорусских, российских и зарубежных ученых по влиянию теплового стресса на молочную продуктивность коров, его профилактике.

Объективным способом оценки риска теплового стресса является индекс THI (Temperature Humidity Index, индекс температуры и влажности), показатель, учитывающий одновременно и влияние на животных температуры и влажности окружающей среды [4, 5].

Показатель THI рассчитывается по следующим формулам:

$$THI = 0,8 + TOC + (0,007 \cdot (TOC - 14,4)) + 46,4$$

где TOC – температура окружающей среды, °C,

ОВВ – относительная влажность воздуха, %.

$$THI = 0,72 (W + D) + 40,6$$

где W, D – показания влажного и сухого термометров.

Установлено, что уже при значениях индекса THI от 65 до 73 потери в надое составили 2,2 кг в сутки. Профилактика теплового стресса у коров должна начинаться уже при минимальных значениях индекса THI 68.

Систематический мониторинг уровня индекса THI позволяет своевременно начинать мероприятия по профилактике теплового стресса.

С повышением индекса THI у животных нарастают негативные изменения на физиологическом и биохимическом уровне, падает продуктивность и ухудшается качество молока – снижается уровень жира, белка, лактозы, казеина, кальция, фосфора и магния, увеличивается доля хлоридов и сывороточного белка, изменяется соотношение жирных кислот, появляются индикаторы оксидативного стресса.

Влияние теплового стресса на продуктивность коров показано в таблице.

Таблица – Влияние теплового стресса на молочную продуктивность [5]

Последствия стресса	Физиологические проявления
Снижение потребления сухого вещества рациона: 6-30%	– 894 кг/гол./год
Снижение молочной продуктивности: 15-20%	– 1803 кг/гол./год
Снижение репродуктивных функций: 40-50%	+ 59,2 дня сервис-периода + 7,99% выбраковки из-за проблем с воспроизводством

Последствия теплового стресса на лактацию коров представлены на рисунке 1.

Мероприятия по снижению последствий теплового стресса на молочную продуктивность животных:

- обеспечить животных тенью навесами;
- установить охлаждающие вентиляторы над зоной кормления и зоной отдыха;
- обеспечить свободный доступ к чистой свежей питьевой воде;
- использовать полнорационные кормосмеси;
- ограничить содержание сырого протеина в рационе (не более 18% в сухом веществе) [2, 4].

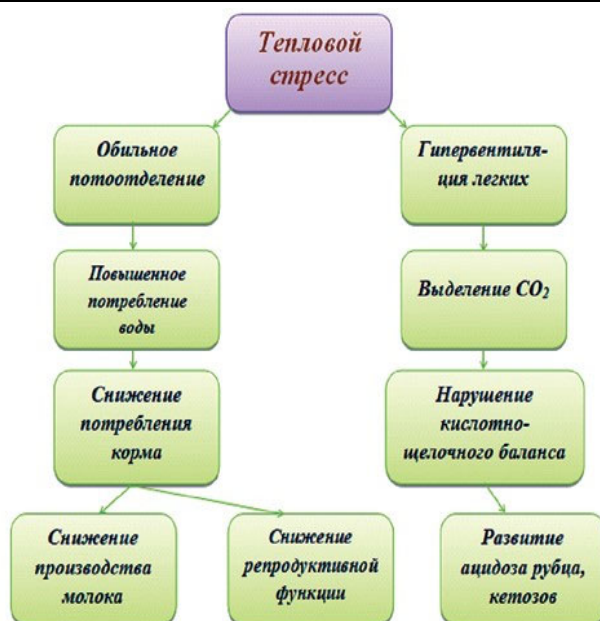


Рисунок 1 – Последствия теплового стресса

Тепловой стресс всегда сопровождается окислительным стрессом. Животные учащают дыхание, чтобы испарять влагу и отводить тепло. Но повышенная частота дыхания сопровождается усилением механизмов окисления.

Клеточные мембраны подвергаются усиленному воздействию разрушающих их окисляющих агентов. Разрушенные мембраны являются воротами для развития инфекционных заболеваний. Иммунная система в условиях окислительного стресса находится в угнетённом состоянии. Увеличивается вероятность и степень развития маститов. Увеличивается содержание соматических клеток в молоке.

Таким образом, высокие летние температуры (24–28 °C) вызывают у молочных коров развитие сильного стресса, что оказало влияние на их пищевое поведение и привело к снижению молочной продуктивности на 164,1 кг за 2 мес. Тяжесть теплового стрессового состояния коров зависит от их продуктивности. Чем выше продуктивность, тем сильнее коровы реагировали на действие высоких температур, что проявилось в значительно более высоком снижении продуктивности в этот период. Сильный перегрев приводит к более серьезным последствиям, таким как дыхание с открытым ртом, стоны, свисающий язык, крайняя апатия, положение лежа с вытянутыми ногами и учащенное сердцебиение.

Литература

1. Тимошенко, В.Н. Тепловой стресс у коров. Как сохранить продуктивность? / В.Н. Тимошенко, А.А. Музыка, А.А. Москалев // Белорусское сельское хозяйство. – 2016. – № 7. – С. 42–47.
2. Буряков, Н.П. Тепловой стресс и особенности кормления молочного скота / Н.П. Буряков, М.А. Бурякова, Д.Е. Алешин // Сельскохозяйственные животные. – 2019, № 3. – С. 32–36.
3. Кудрин, М.Р. Влияние микроклимата на молочную продуктивность коров / М.Р. Кудрин, С.Н. Ижболдина, А.Ю. Бахтияров // Аграрная Россия. – 2012. – №5. – С. 10–13.
4. Фомичев, Ю.Д. Тепловой стресс у лактирующих молочных коров и способы его профилактики / Ю.Д. Фомичев // Молочное и мясное скотоводство. 2018, № 3. – С. 24–26.
5. Tami M. Brown-Brandl Understanding heat stress in beef cattle / Tami M. Brown-Brandl // Revista Brasileira de Zootecnia (<http://dx.doi.org/10.1590/rbz4720160414>).

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ТОМАТОВ

Какабаева Б.Ч.

Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А.Ниязова, г. Ашхабад

Существенным ресурсом сырья, обладающего такими свойствами, являются овощи, в состав которых входит комплекс биологически активных веществ. К перспективным видам овощного сырья для производства пищевых продуктов относятся выращиваемые в Туркменистане томаты, ввиду того, что они являются наиболее распространенными и популярными у населения видами овощного сырья, содержащими легкоусвояемые углеводы, водо- и жирорастворимые витамины, макро и микроэлементы, ароматические вещества. Однако существующие способы переработки томатов малоэффективны и не позволяют в достаточной степени сохранить полезные свойства содержащихся в них пищевых и биологически активных веществ. За многие десятилетия работы с этой культурой агрономы освоили новые устойчивые сорта, научились выращивать высокие урожаи томатов практически при любых условиях, а переработчики - получать из этого сырья разнообразную продукцию.

В Туркменистане наибольшие объёмы переработки томатов выполняют на консервных заводах. И основном выпускаются томаты цельно консервированные, маринованные, томатный сок, томатная паста, томатный напиток, острые томатные соусы, аджика, супы-пюре и др.

Основной вклад в исследования в области переработки томатов внесли исследователи из Индии (С.Dutta, 2011), Италии (B.Zanoni и соавт., 1999), США (D.M. Barret, 1998), России (Дьяконова А.К., 1982, Данилов Л.Н., 1996., Потапова А.А., 2012). Одного из основоположников технической биохимии в СССР, А.Т.Марх в своих исследованиях изучал проблему меланоидинообразования в процессе сушки и хранения концентрированных томатопродуктов, в том числе сушёных томатов.

Цель и задача исследования: В статье приведены результаты исследований, проведенных лабораторных и производственных условиях по улучшению качества переработки томатной продукции путем применения добавок – экстрактов лекарственных растений. Предлагаются пути совершенствования технологического процесса с применением горячего дробления и использование местных пряно-ароматических лекарственных трав в рецептуре томатного кетчупа.

Помидор – один из самых популярных овощей ежегодно в мире производится более 60 миллионов тонн помидоров. В одном стакане томатного сока – половина суточной нормы витамина С провитамина А, которые активно поддерживают иммунитет. Медики полагают, что регулярное потребление помидоров томатного сока, томатной пасты, кетчупа и других томатных соусов может существенно сократить риск развития онкологических заболеваний. В помидорах красных сортов больше питательных веществ, чем в желтых. Помидор является биологическим родственником картофеля и табака-все три растения принадлежат к семейству пасленовых.

Строение помидора. Помидор (томат, лат. назв. *Lycopersicon esculentum*) – плод однолетнего травянистого растения семейства паслёновых – сочная ягода, имеющая два или более семенных гнезда, называемых камерами. По количеству камер различают малокамерные плоды (две-пять), среднекамерные (шесть-девять) и многокамерные (больше девяти). Размеры камер зависят от толщины стенок и величины плода. Камеры заполнены семенами, прикреплёнными к плаценте. Семена обволакиваются в процессе развития особой тканью - пульпой, которая разрастается и заполняет просветы камер. При созревании плода пульпа ослизняется. Стенки плода и плацента составляют его основную массу [1]. Важнейшей технологической характеристикой томатов является общее содержание сухих веществ, которое, как правило, определяют при высушивании под вакуумом. Сухие вещества томатов в свою очередь состоят из растворимых (в воде) и нерастворимых. Первые

представлены сахарами, органическими кислотами, аминокислотами, растворимыми пектинами и минеральными солями. Растворимые сухие вещества могут быть определены двумя путями: (1) при вакуумной сушке сыворотки, отделённой после центрифугирования целых плодов, либо (2) при помощи рефрактометра (обычно на 0,2-0,4% выше, чем по методу (1)). Нерастворимые сухие вещества могут быть определены путём вычитания из общего содержания сухих веществ растворимых, либо после промывки и взвешивании осадка после центрифугирования. Именно их содержание во многом определяет консистенцию плода. Нерастворимые сухие вещества составляют 10-20% от общего содержания сухих веществ. Содержание сухих веществ по рефрактометру, а также их общее количество в томатах являются важнейшими показателями, определяющими их дальнейшее использование [3]. Состав томатов зависит от таких показателей как разновидность, степень зрелости, условия выращивания. В состав свежих томатов входит вода (около 93-94%), сахара 3,5-4,5% (в основном глюкоза и фруктоза, сахароза), полисахариды 1-1,3% (в основном клетчатка, а также гемицеллюлозы, крахмал, пектин), аскорбиновая кислота (в диапазоне от 20 до 40 мг / 100 г), органические кислоты 0,7-0,8% (в больших количествах представлены яблочная и лимонная кислоты, в меньших – винная и щавелевая, обуславливающие рН ниже 4,6), аминокислоты (главным образом глутаминовая, аминотмасляная, аспартамовая и аспарагиновая), ферменты (пектиновые ферменты, целлюлоза, амилаза, фосфорилаза и инвертаза), пигменты (в основном ликопин и β -каротин), и летучие вещества (главным образом 3-гексенол, 2 изобутилтиозол и В-ионон), представленные в основном в виде эфиров (58%) углеводов и длинно цепочных спиртов, карбонильных соединений (32%) [2]. Томаты являются представителями пищевых продуктов из группы «минимум калорий – максимум биологической ценности». Среднее количество энергии, которое получает организм человека при употреблении 100 г томатов, составляет 79 кДж. Невысокая энергетическая ценность плодов позволяет включить их в рацион тех, кто имеет избыточную массу тела. Пищевая ценность томатов определяется и высоким содержанием витаминов. Благодаря наличию их, хорошо сохраняющихся в консервах и соке, томаты обладают ценными диетическими свойствами. Наибольшее количество витаминов отмечено в зрелых красных плодах. Сорванные плоды в бурой спелости имеют меньше витаминов и при дозревании их количество не увеличивается. Не богаты витаминами и томаты, полученные из теплиц [4].

Бесспорная привлекательность томатной промышленности определяется тем, что объёмы потребления томатной пасты в мире на протяжении последних двадцати лет неуклонно растут. Так, потребление томатных продуктов на душу населения в Европе составляет 19, в Канаде – 23, в США – 30 кг/год. В последние годы спрос на томатную продукцию быстро растёт и в странах с формирующим рынком, например, в России, в странах восточной Европы, Ближнего Востока, Африки, Китае и Индии. Сказанное выше подтверждает важность роли, которую играют томатные продукты в питании [6]. Томатный сок изготавливают следующих наименований: сок томатный натуральный, сок томатный с солью, сок томатный с витамином С. В зависимости от качества томатный сок подразделяют на сорта: экстра, высший и первый. Томатный сок с солью вырабатывается первым сортом. Для его изготовления используют соль, поваренную пищевую выварочную, упакованную, не ниже высшего сорта [4]. Для производства томатопродуктов пригодны плоды с высоким содержанием сухих веществ (для натурального сока – не менее 4,5%) и повышенным количеством пектина. Требования к сырью: томаты должны быть созревшими, одной степени зрелости, шаровидной формы, имеющие гладкую поверхность, с небольшим количеством семян. Чтобы удлинить сезон переработки, в хозяйстве необходимо иметь томаты разных сроков созревания [5].

Выводы: Проведены опыты применения использования в рецептуре томатного кетчупа местных пряно-ароматических лекарственных трав как корица китайская (*Cinnamomum cassia*), кориандр посевной (*Coriandrum sativum*), тмин обыкновенный (*Carum carvi*) и др.

Литература

1. Дьяченко В.С. Овощи и их пищевая ценность. М.: Россельхозиздат, 1979. – С. 159.
2. El-Yousfi M. Effect of drying methods on the color, flavor, and vitamin C content of tomato juice powder. Master thesis. The Ohio State University, 1984.
3. Barrett D.M., Garcia E., Wayne J.E. Textural modification of processing tomatoes. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 38, 1998, p. 173-258.
4. Технология переработки продукции растениеводства / Под ред. Н.М. Личко. – М.: Колос, 2000. – 552с.
5. Экспертиза продуктов переработки плодов и овощей: Учеб. – справ. пособие / И.Э. Цапалова, Л.А. Маюрникова, В.М. Поздняковский, Е.Н. Степанова. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2003. – 271.
6. Сансызбаева Г.А. Реализация конкурентных преимуществ предприятий плодоовощной отрасли кыргызыстана (на примере томат-пасты). // Вестник КРСУ – 2011. Том 11. – №5. 127-130 с.

УДК 631.312.444

НАВЕСНОЙ ПЛУГ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ЦЕНТРОМ МАСС

Лепешкин Н.Д., к.т.н., доцент, Мижурич В.В.

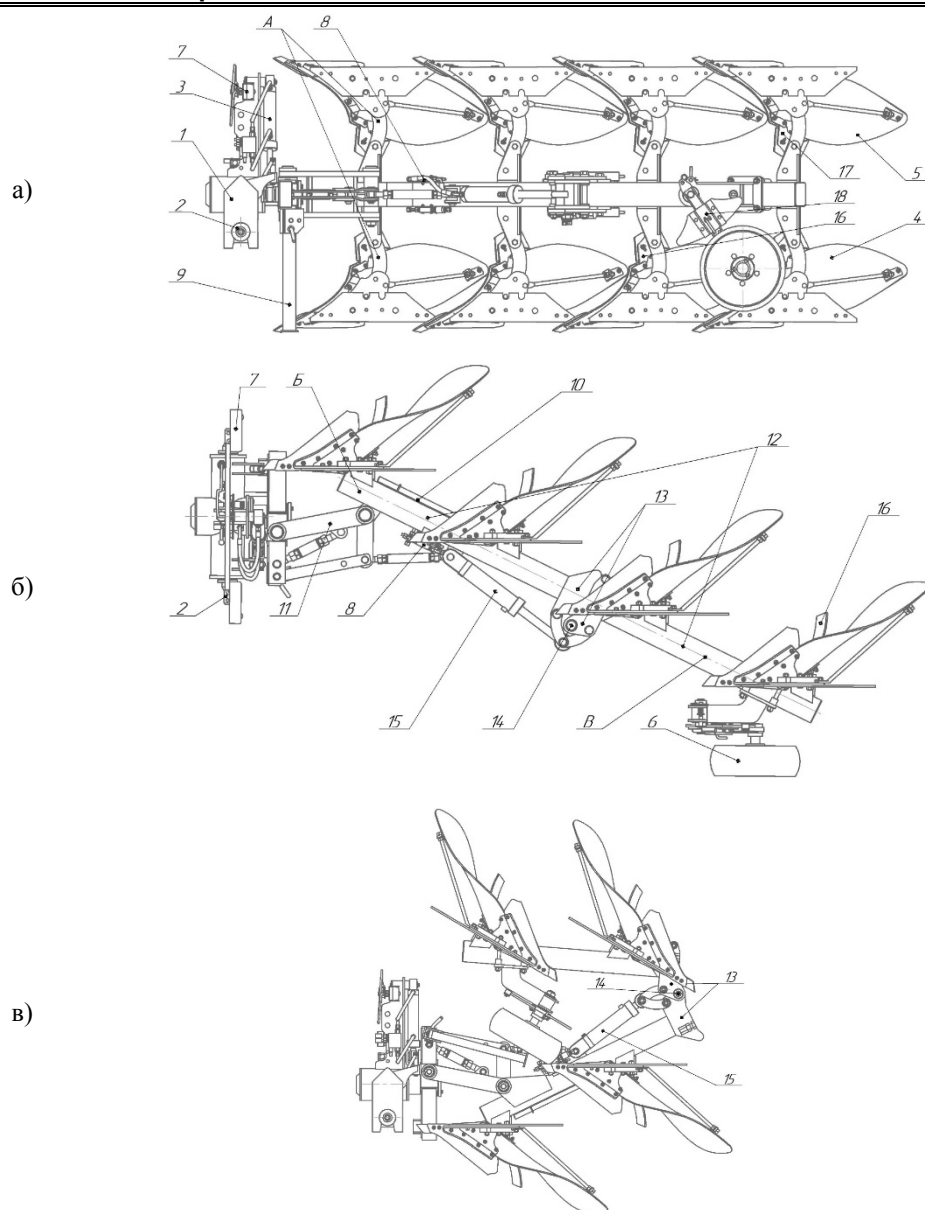
НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, г. Минск

В настоящее время в Республике Беларусь разработаны и освоены в производстве оборотные плуги к отечественным тракторам всех классов. Однако, из-за конструктивных особенностей тракторов [1], все разработанные плуги, за исключением 3-х корпусных агрегируются только в полунавесном варианте. Многочисленные же отечественные и зарубежные исследования, а также результаты различных видов испытаний плугов показывают, что производительность навесных плугов превышает производительность полунавесных с аналогичным количеством корпусов на 15-20% за счет экономии времени на вспомогательных операциях [2]. Кроме того затруднена, а иногда и невозможна, вспашка мелкоконтурных полей и полей со сложной конфигурацией полунавесными оборотными плугами. Вместе с тем создание навесных оборотных плугов по классической конструктивной схеме затруднено из-за невозможности обеспечения достаточной загрузки переднего управляемого моста трактора для его безопасного управления, особенно при транспортных переездах.

Для обеспечения безопасного агрегатирования навесных оборотных плугов с тракторами РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» предлагается конструкция оборотного навесного плуга с изменяемым центром масс (рисунок 1), которая позволяет уменьшить опрокидывающий момент, возникающий при его транспортировке, за счет перемещения центра тяжести плуга к оси его подвеса при складывании рамы в транспортное положение.

Плуг состоит из навесного устройства 1, с помощью которого он навешивается на ось автосцепки 2 и затем агрегируется с трактором. Механизм оборота 3 рамы 12 служит для перевода правооборачивающих корпусов 4 с углоснимами 16 и левооборачивающих корпусов 5 с углоснимами 17 в рабочее положение, в зависимости от направления движения трактора с плугом по полю. Колесо опорное 6 с механизмом регулировки 18 предназначено для установки и поддержания глубины вспашки плуга.

Электрооборудование 7 предназначено для обозначения габаритов, указания поворотов и стоп-сигнала при транспортировании плуга по дорогам. Гидросистема 8 служит для перевода плуга из транспортного положения в рабочее и наоборот.



а – вид сбоку; б – вид сверху; в – в транспортном положении;

1 – навесное устройство; 2 – автосцепка; 3 – механизм оборота; 4 – правооборачивающиеся корпуса; 5 – левооборачивающиеся корпуса; 6 – колесо опорное; 7 – электрооборудование; 8 – гидросистема; 9 – опора; 10 – чистик; 11 – параллелограммный механизм корректировки ширины захвата; 12 – рама; 13 – кронштейн; 14 – ось; 15 – гидроцилиндр складывания-раскладывания; 16, 17 – углосним; 18 – механизм регулировки

Рисунок 1 – Навесной плуг с изменяемым центром масс (на примере 4-х корпусного оборотного плуга)

Опора 9 предназначена для обеспечения устойчивого положения плуга при хранении. Чистик 10 предназначен для очистки правооборачивающих корпусов 4 с углоснимами 16 и левооборачивающих корпусов 5 с углоснимами 17 в случае налипания на них почвы. Параллелограммный механизм корректировки ширины захвата 11 первого корпуса А, предназначен для изменения его положения в поперечной плоскости, в зависимости от колеи колес трактора, для обеспечения слитности пахоты при переменной работе правооборачивающих корпусов 4 с углоснимами 16 и левооборачивающих корпусов 5 с углоснимами 17.

При этом рама 12 плуга состоит из передней Б и задней В части, которые шарнирно соединены между собой с помощью кронштейнов 13 и оси 14. Гидроцилиндр складывания-раскладывания 15 также соединяет переднюю Б и заднюю В части рамы 12 и служит для перевода задней В части из транспортного положения в рабочее. Таким образом, при

переводе задней В части рамы 12 плуга в рабочее положение образуется единая несущая конструкция рамы 12 плуга.

Плуг работает следующим образом. При помощи навесного устройства 1 и оси автосцепки 2 плуг агрегируют с трактором. Далее гидросистема 8 плуга подсоединяется к гидросистеме трактора. Электрооборудование 7 плуга соединяется с розеткой электрооборудования трактора. Затем на ровной площадке производят корректировку ширины захвата плуга с помощью параллелограммного механизма корректировки ширины 11 захвата первого корпуса А. После этого при помощи колеса опорного 6 с механизмом регулировки 18 устанавливают требуемую глубину вспашки.

Далее плуг транспортируется на поле. По прибытии на место работы плуг из транспортного положения переводят в рабочее. Для этого с помощью механизма оборота 3 рамы 12 производят оборот рамы 12 в правое или левое положение, соответственно будут задействованы в работе правооборачивающие корпуса 4 с углоснимами 16 или левооборачивающие корпуса 5 с углоснимами 17. Затем с помощью гидроцилиндра складывания-раскладывания 15 задней В части рамы 12 осуществляют её перевод в рабочее положение.

При начале движения трактора с плугом, правооборачивающие корпуса 4 с углоснимами 16 или левооборачивающие корпуса 5 с углоснимами 17 плуга заглубляются, отделяют пласт почвы от массива и оборачивают его. Колесо опорное 6 с механизмом регулировки 18 обеспечивает заданную глубину обработки. В конце гона плуг переводится в транспортное положение, осуществляется разворот и оборот рамы 12 плуга механизмом оборота 3 рамы 12 в другое положение.

Заключение

Применение предложенной схемы навесных оборотных плугов с изменяемым центром масс позволит безопасно агрегатировать их с тракторами, что даст возможность более производительно обрабатывать мелкоконтурные поля со сложной конфигурацией и поворотные полосы, по сравнению с полунавесными оборотными плугами.

Литература

1. Каталог тракторов «Беларус» производства ОАО «МТЗ» [Электронный ресурс]. – URL: <http://old.mtz.by/service/catalog-download/> (дата обращения 09.09.2024).
2. Лепешкин, Н.Д. Разработка 12-корпусного плуга для различных почв / Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Заяц, А.И. Филиппов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. статей по материалам XXIII Междунар. науч.-практ. конференции. (Гродно, 23 апреля, 24 марта, 5 июня 2020 года). – Гродно: ГГАУ, 2020 – С. 102-104.

УДК 664.162.81

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САХАРОВ СТЕВИИ В КОНДИТЕРСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА НАУЧНОЙ ОСНОВЕ

Языева Н.М.

Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А.Ниязова, г. Ашхабад

На экспериментальной площадке Ботанического сада Туркменского сельскохозяйственного университета имени С.А.Ниязова выращивают Ребуддиановую стевию, которая растет в горных районах Парагвая и Бразилии. Предоставляемые нам возможности, являются для нас отличной мотивацией совершенствоваться и набирать опыт, узнавать о важности и пользе растения. Сегодня ребуддиановую стевию выращивают не только в мире, но и в нашей солнечной стране – Туркменистане, в тепличных условиях. Это растение благодаря своему уникальному составу, пользе и важности используется в качестве регулятора сахара. Пищевая промышленность производит полезные и вкусные продукты питания с добавлением экстракта стевии. Сегодня стевииозид Стевии находит достойное

место в составе различных видов газированных напитков, кондитерских изделий, лекарственных препаратов, травяных чаев и продуктов повседневного потребления, потребляемых людьми, соблюдающими диету и страдающими сахарным диабетом.

В начале XX века человек употреблял в пищу 3-6 г сахара и дневная норма составляла 30-40г, то сегодня это количество достигает 60-250г. Последствия этого весьма неутешительны – происходит переизбыток ферментной системы организма, недостаточное питание клетки, нарушаются все формы обмена веществ. Это также вызвало рост заболеваемости диабетом, атеросклерозом, остеопорозом, заболеваниями эндокринной системы, снижением иммунитета и аллергическими состояниями.

Стевия в 15-20 раз слаще сахара в натуральном виде. Это связано с наличием химического вещества под названием «стевиозид», которое содержит дитерпеновые гликозиды, которые представляют собой неуглеводные органические соединения со средней степенью сладости. Выявлены содержание заменимых и незаменимых аминокислот.

Польза этого удивительного растения для людей, соблюдающих диету, не только в низком содержании калорий. Это лучшее и удобное средство для тех, кто хочет отказаться от сахара. Эта трава полностью утоляет тягу к сахару.

Стевия содержит такие полезные элементы, как кварцетин, рутин, кальций, фосфор, калий, хром, магний и медь. Кроме того, данное растение содержит группы витамины А, С, Е, В. Она также считается полезным средством для лечения различных ран. Не смотря на высокое содержание сахара в составе этого растения, оно считается безвредным для людей с сахарным диабетом. В настоящее время во многих зарубежных странах широко налажено использование данного растения при производстве сахара. В нашей стране имеются большие возможности для выращивания этого ценного растения.

Стевия – это заменитель сахара, который последние несколько лет используется в кулинарии. Стевию можно использовать для подслащивания различных напитков и зерновых продуктов. В рыночной экономике при сборе всей информации о важности, пользе и результатах этой сладкой травы можно сказать что в промышленных масштабах продукты из этого растение производятся в виде золы и экстракта. Для многих людей сахар — единственный подсластитель, используемый в чае, напитках или десертах. Например, по оценкам диетологов, американцы съедают в среднем 22 чайные ложки сахара в день. Вот почему во всем мире проводятся исследования преимуществ стевии как регулятора сахара. Экстракт стевии *Stevia rebaudiana*, выращенной в Туркменистане, содержит: 5 г стевиозида = 1 кг сахара.

Сегодня стевия продается на рынке как натуральный подсластитель, не содержащий калорий и углеводов, без добавления искусственных ингредиентов. Стевия содержит 8 гликозидов:

- Стевиозид;
- Стевиолбиозид;
- Ребаудиозиды А, С, D, Е и F;
- Дулькиозид А.

Стевия доступна в виде порошка, раствора (жидкости), смеси или экстракта.

Расчеты:

1 столовая ложка сахара = 1/8 чайной ложки растворенной стевии;

1 столовая ложка сахара = 1/4 чайной ложки порошкообразной стевии;

1 стакан сахарного песка (200 г) = 1 чайная ложка растворенной стевии;

1 стакан сахарного песка (200 г) = 2 столовые ложки стевии в порошкообразном виде.

Технология производства кондитерских изделий в лабораторных условиях для диетиков, должна быть разработана на научной основе с использованием местного сырья (муки из местного зерна, питьевой воды, листьев растения Стевия, выращенного в лаборатории Ботанического сада).

**МЕХАНИЧЕСКАЯ ШИРОКОЗАХВАТНАЯ СЕЯЛКА
С ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ БУНКЕРОМ****Лепешкин Н.Д., к.т.н., доцент, Мижурин В.В.**

НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, г. Минск

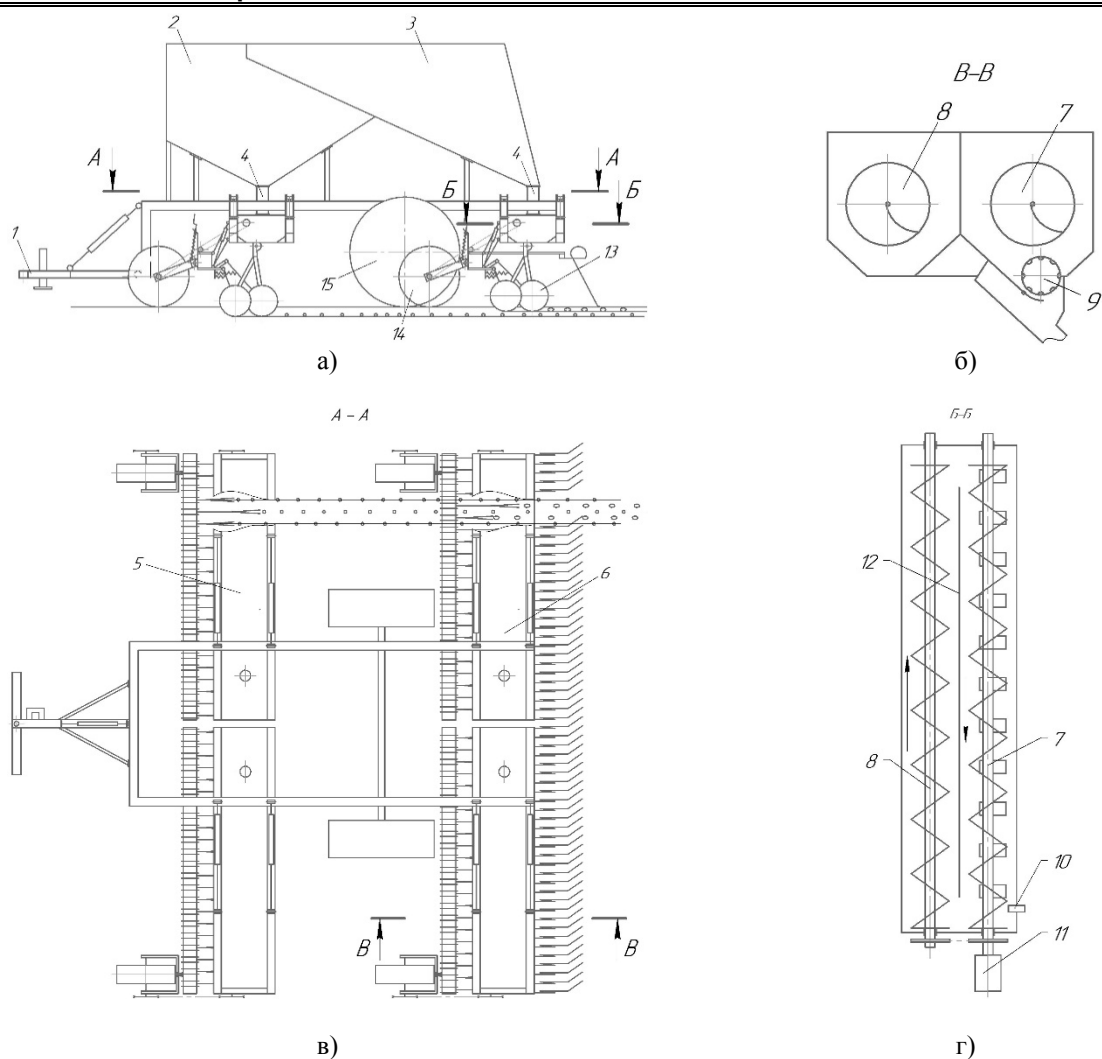
В общем комплексе технологических операций при возделывании зерновых культур очень важное значение имеет посев, Основная цель которого заключается в обеспечении оптимальных условий для роста и дальнейшего развития растений. При этом важным аспектом являются сроки сева. Так, недобор урожая при несоблюдении сроков сева зерновых культур может достигать от 18 до 30% [1]. Для обеспечения своевременного выполнения посева необходимо наличие высокопроизводительной широкозахватной техники. С этой целью как за рубежом, так и в нашей стране, все больше создается широкозахватных (6 м и более) посевных машин и комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов с пневматической системой высева. Однако, известно, что в реальных условиях эксплуатации таких машин, неравномерность распределения семян по сошникам при высеве зерновых и зернобобовых культур, превышает значения регламентированные агротребованиями, и составляет в среднем от 9,6 до 15,5% для зерновых культур, при допустимых 5% [2]. Данных недостатков лишена механическая высевающая система. Вместе с тем, ширина захвата сеялок с такой системой высева, как правило, не превышает 6 м, а установленные на данных сеялках бункера имеют небольшую емкость, что снижает эффективность их работы. Поэтому, разработка и создание широкозахватной механической сеялки с централизованным бункером, у которой технологический процесс высева посевного материала обеспечивается в соответствии с агротребованиями, с высокой эффективностью является актуальной научной агроинженерной задачей.

В соответствии с вышесказанным РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» предлагается конструктивная схема механической широкозахватной сеялки (рисунок 1).

Технологический процесс высева по предложенной схеме осуществляется следующим образом. Перед началом работ заполняют ёмкости 2 и 3 семенами и минеральными удобрениями. Далее семена и удобрения из ёмкостей 2 и 3 (рисунок 1) самотеком поступают по трубопроводам 4 в загрузочные горловины посевных ящиков секций 5 и 6. После этого с помощью редукторов по настроечным таблицам (не показаны) устанавливают требуемую производительность шнеков 7, 8 и норму высева катушечных дозаторов 9, путем изменения их частоты вращения. Затем с помощью гидромотора 11, который приводит в работу шнеки 7, 8, производят заполнение ящиков посевным материалом. При достижении семян и удобрений датчика уровня 10, происходит остановка работы гидромотора 11, ящики заполнены полностью, сеялка готова к работе. Далее привод шнеков 7, 8 осуществляется от транспортно-технологического колеса 14 через цепную передачу (не показана).

При движении сеялки по полю транспортно-технологические колеса 14 за счет соприкосновения их с почвой начинают вращаться и через цепные передачи и редуктора (не показаны) приводят во вращение шнеки 7, 8 и катушечные дозаторы 9.

Одновременно, семена и удобрения, поступающие самотеком из ёмкостей 2 и 3 по трубопроводам 4 в горловины посевных ящиков, за счет шнеков 7, 8 распределяются по длине посевных ящиков, и затем поступают в катушечные дозаторы 9. Далее семена и удобрения из катушечных дозаторов 9 с заданной нормой высева через семяпроводы поступают в сошники 13 и укладываются в канавки ими же образованные на заданную глубину.



а) сеялка вид сбоку; б) посевной ящик в разрезе; в) сеялка вид сверху; г) посевной ящик вид сверху;
 1 – рама; 2 – емкость для удобрений (семян); 3 – емкость для семян; 4 – трубопроводы; 5 – передняя посевная секция; 6 – задняя посевная секция; 7 – распределяющий шнек; 8 – обратный шнек; 9 – катушечный дозатор;
 10 – датчик уровня; 11 – гидромотор; 12 – перегородка; 13 – дисковые сошники; 14 – транспортно-технологические колеса; 15 – ходовые колеса

Рисунок 1 – Схема широкозахватной механической сеялки

Заключение

Таким образом, предложенная схема механической широкозахватной сеялки для посева семян с одновременным внесением удобрений исключает недостатки существующих сеялок (неравномерность распределения семян по площади поля) и механических (небольшая ширина захвата и малая ёмкость для посевного материала).

Литература

1. Кадыров, М.А. О земледелии, селекции и рациональном хозяйствовании / М.А. Кадыров. – Минск: «Несси», 2001. – 163 с.
2. Машины посевные и посадочные. Правила установления показателей назначения: ТКП 078–2007. – Введ. 06.08.2007 – Минск: Белорус. научн. ин-т внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2007. – 40 с.

**ЭЛЕКТРОСЕПАРАЦИЯ – ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД
РАЗДЕЛЕНИЯ ЛЮБЫХ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ**

Городецкая Е.А., к.т.н., доцент, Городецкий Ю.К.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Сельскохозяйственные организации-производители и перерабатывающие предприятия агропромышленного комплекса постоянно решают важнейшую задачу – как не только получить экологически возможно чистые продукты, но и сохранить и переработать, а затем реализовать без потерь потребителю. В условиях санкционного давления на нашу страну этот вопрос набирает стратегическое значение обеспечения продовольственной независимости.

Во многих странах разработаны дорогостоящие и высокопродуктивные машины, устройства и технологии для агропромышленного производства. Специалисты Республики Беларусь предлагают не менее эффективные конструкции и технологии, обладающие научной, патентной и практической оригинальностью. Речь идет о конкурентноспособном устройстве разделения сыпучих смесей и выделении нужных на данном этапе фракций с использованием электрического тока. Это диэлектрический сепаратор конструкции лаборатории перспективных средств электросепарации семян, призванный разделять сухие сыпучие мелкодисперсные смеси с учетом электрических свойств частиц и получать фракции гарантированного качества и нужных свойств. Например, внедрение диэлектрического сепарирующего устройства (ДСУ) в технологической линии безотходной переработки картофеля увеличило на 10 % выход высококачественного продукта – пищевой картофельной крахмалсодержащей фракции. Данное диэлектрическое сепарирующее устройство (ДСУ) в условиях Республики Беларусь претерпело ряд доработок, модернизацию и адаптирование к определенным семенам, получило, при этом, ряд патентных свидетельств.

Нашими исследованиями определены методы и средства, реализующие разделение частиц сыпучих смесей. Разделение в электрическом поле происходит либо при наличии различий в диэлектрических проницаемостях, либо при наличии различий в динамике поляризации и деполяризации частиц, что обуславливается их различным биохимическим составом, но имеющих подобные физико-механические свойства. Установлено, что в ДСУ сухие сыпучие смеси – пищевые или кормовые, семена практически всех продовольственных, пряно-ароматических, многих зеленных культур разделяются по совокупности механических, биохимических и, отсюда – электрических свойств [1].

В связи с оригинальностью метода особое внимание заслуживает вопрос отрицательного воздействия электрического поля, участвующего в разделении смесей, на их химический состав и постоянство структуры, т.е. речь идет о возможности изменения нативных свойств исходной смеси и получаемых продуктов. Установлено, что напряженность собственного электрического поля живых клеток составляет около 9000 кВ/м, внешнее же электрическое поле, создаваемое электродами в предлагаемых конструкциях электросепарирующих устройств, колеблется в диапазоне 0,5-1,0 кВ/см. Таким образом, напряженность собственного электрического поля внутри семян, смесей и частиц пищевых продуктов, предложенных к сепарации, более чем на порядок превосходит внешнее электрическое поле, необходимое для разделения смесей в ДСУ.

Исследовались семена следующих групп культур: декоративных (будлеи, спиреи), лекарственных (душицы, солодки, валерианы, календулы, эхинацеи), пряно-ароматических и зеленных культур – салата, шпината, базилика, огурца, помидора, и злаковых. Семена должны быть выделены из вороха, включающего собственно семена и примеси – остатки и фрагменты плода, стручка, плодоножек, палочек, листьев, соломы, бумаги, упаковочных материалов, песка, земли, мусора. Разделение было выполнено традиционной машиной – лабораторным сепаратором типа SZD, который широко применяется в пунктах скупа зерна

большинства Западных стран для быстрой оценки массы очищенного зерна механическим способом [2]. На этом сепараторе из исследованных проб 1000 г в течение 60 с получали 4 фракции: очищенные семена с некоторой частью подсора, крупные примеси, мелкие примеси, пыль. Наши исследования на указанном типе машин позволяют утверждать, что использование решет и триерных установок, аспирационных каналов, кроме многих их преимуществ, имеют существенный недостаток, выражающийся в неудовлетворительном результате разделения на наших объектах – мы наблюдали нечеткое разделение фракций.

Нами проведена электросепарация семян, показавшая четкость разделения и высокое качество полученных фракций [2]. Всхожесть семян всех исследуемых культур, прошедших электросепарирование, показала дружность всходов и высокую энергию прорастания, что является важным условием для их промышленного возделывания и точного посева. Кроме семян возможно выделение зародыша молотого зерна в гомогенную фракцию, что позволит получить широкий спектр новых диетических и специальных продуктов с высоким экономическим эффектом и пищевой ценностью. Одновременное получение чистого эндосперма повышает сортность и классность муки, ее усвояемость и срок хранения. Электросепарация травяной резки и муки подтвердила, что это эффективный прием получения концентрированных кормов, которые по содержанию сырого протеина превосходят зерно злаковых культур. Во фракции, обогащенной протеином, в 1,5 раза меньше клетчатки, что позволяет использовать ее в рационах нежвачных животных и птицы. В кондитерском производстве так можно очищать и калибровать орехи в целом и измельченном виде, очищать крупы перед пакетированием.

Модернизацией диэлектрического сепарирующего устройства занимались специалисты кафедры электротехнологии БГАТУ под общим руководством доцента Корко В.С. Работу с финансовой поддержкой БРФФИ и научным руководством доцента Городецкой Е.А. осуществляли сотрудник кафедры Ю. Ланкевич и успешные магистранты Ю.М. Давидович, И.А. Павлович, Ю.К. Городецкий, С.А. Мартыничук, А. Роговой, Е. Кучук, П.А. Минзер, некоторые из них продолжили исследования, будучи в аспирантуре. Получены патенты – два Республики Беларусь, четыре – Российской Федерации (пищевые производства).

Использование электросепарирующего устройства в переработке сельскохозяйственной продукции на стадии очистки и получения гомогенных фракций позволяет значительно упрощать технологические линии, экономить электроэнергию, получать новые диетические продукты и товары международной классификации, сократить закупки посевного материала.

Литература

1. Корко, В.С. Электрофизические методы стимуляции растительных объектов/ В.С. Корко, Е.А. Городецкая. – Монография. – Минск: БГАТУ, 2013. – 229 с.
2. Городецкий, Ю.К. Методики исследования рабочего органа диэлектрического сепаратора при получении чистых семян пряно-ароматических растений / Ю.К. Городецкий, В.В. Литвяк// Материалы XIII Междун. науч.-техн. конф. «Техника и технология пищевых производств» // Могилевский государственный университет продовольствия, 23-24.04.2020, редколл.: Акулич А.В. [и др.]. – Могилев: МГУП, 2020.
3. Диэлектрический сепаратор для получения чистой фракции семян пряно-ароматических растений: пат. 22195 Респ. Беларусь, МПКВ03С7/ 02, А01С1/00 / Е.А. Городецкая, Ю.К. Городецкий, Е.Т. Титова, В.П. Степанцов; заяв. Белор. гос.аграрн. – технич.ун-т. – №a20170003 // Афіцыйны бюл. – 2018. – № 5. – С. 58-59.

**АГРЕГАТ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ
В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ**

Клевцова Т.А., к.т.н.

Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь

Внедрение технологических линий по производству комбикорма непосредственно в хозяйствах дает ряд преимуществ для фермера, а именно:

- возможность самостоятельной переработки зерновых культур;
- повышение усваиваемости животными зерновых культур, подвергнутых измельчению непосредственно при приготовлении комбикорма;
- изготовление комбикорма на месте для различных технологических групп по персональной рецептуре;
- снижение затрат на экспертизу используемого комбикорма (фермер знает, из чего сделан комбикорм).

В итоге, приготовление комбикормов непосредственно в хозяйствах позволяет значительно снизить затраты на транспортные операции, шире использовать дешевые местные сырьевые ресурсы и др. Все это позволяет существенно сократить себестоимость производимых комбикормов [1].

Нами предлагается решение данного вопроса применением гравитационной сепарации зерна перед измельчением его в дробилке прямого удара, применением гравитационной сепарации продуктов помола перед приготовлением комбикормов и универсальности применения кормоприготовительных агрегатов для получения разнообразных сортов комбикормов [2-5].

Применение разработанного гравитационного сепаратора с щелевыми сепарирующими отверстиями позволяет рационально организовать рабочий процесс гравитационного разделения зерновой смеси, снизить нагрузку и повысить качество процесса сепарирования до 88 до 89% без энергозатрат [3,4].

Разработанная конструкция дробилки прямого удара с предварительной сепарацией зерна и продуктов измельчения, в которой осуществляется многоступенчатое измельчение зерна в одном рабочем пространстве камеры дробления с отводом продуктов измельчения заданной крупности за счет применения нового эффективного способа сепарации зерна и подачи его на измельчение позволяет для получения модуля помола зерна 1,4 ... 2,0 мм снизить удельную энергоемкость почти вдвое с 8,05...7,02 кВт ч./т в пальцевой дробилке ДМБ-П до 4,55...3,80 кВт ч./т в экспериментальной дробилке [5].

На кафедре «Оборудование пищевых и перерабатывающих производств» Мелитопольского государственного университета в рамках научной темы: «FRRS-2023-0019 «Повышение эффективности производства зерновой продукции путем внедрения современных методов переработки в условиях научно- производственного центра продовольственной безопасности МГУ» разработан способ производства комбикормов в фермерских хозяйствах и агрегат для его осуществления (рис. 1), который включает в себя описанное выше оборудование.

Агрегат производства комбикормов содержит молотковую дробилку 1 и размешенный под ней классификатор в виде конвейера 2 с приемочной горловиной 3, просеивающей поверхностью 4, причем конвейер выполнен с возможностью регулирования угла его наклона и снабжен вибратором 5. Просеивающая поверхность 4 имеет секционную конструкцию с участками решет, размер отверстий которых возрастает в направлении движения материала и обеспечивает разделение продуктов измельчения на фракции и их сбор в отдельные лотки. Пылевидная фракция с эквивалентным диаметром частиц 0,2 - 0,4 мм собирается в лоток 6, мелкий помол 1,0 - 1,2 мм - в лоток 7, средний помол 1,8 - 2,0 мм – в лоток 8, крупный помол 2,6 - 2,8 мм - в лоток 9, а недостаточно измельченная фракция сходит из конвейера 2 по направляющей 10. Конвейер 2 имеет дополнительный лоток 11 для

микродобавок. Лотки фракций 6,7,8,9 и 11 снабженные дозаторами 12 под которыми размещен высокоскоростной смеситель – увлажнитель 13 со шнековым рабочим органом 14 и устройством для введения жидких добавок 15 в готовый продукт, который собирается в бункер 16.

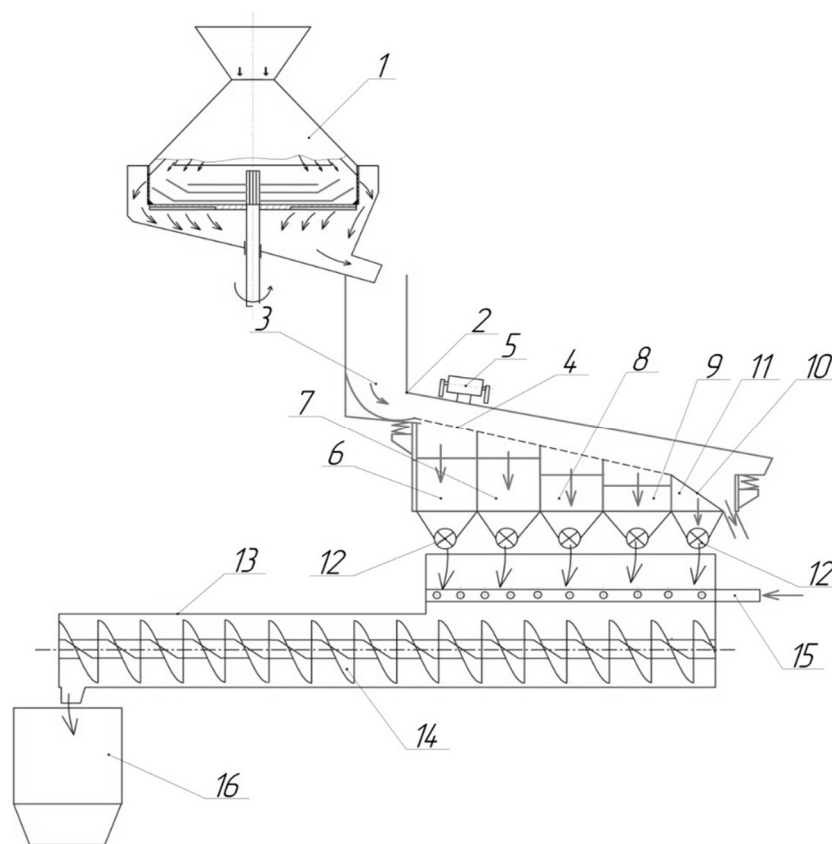


Рисунок 1 – Схема агрегата приготовления комбикормов по предложенному способу (обозначения по тексту)

Для получения заданного ассортимента комбикормов открывают дозаторы 12 соответствующих лотков и компоненты смеси попадают в высокоскоростной смеситель – увлажнитель 13 со шнековым рабочим органом 14. Для получения увлажненного комбикорма служит устройство для введения жидких добавок 15. Полученный в смесителе – увлажнителе готовый продукт собирается в бункер 16.

Преимущество разработанного агрегата для производства комбикормов в том, что он нуждается в минимальных затратах на его переналадку на производство заданного вида комбикорма (только открытие и закрытие соответствующих дозаторов).

Проведенные экспериментальные исследования показали, что разработанный способ и агрегат для производства комбикормов отличается малой потребляемой мощностью (до 8 кВт) по сравнению с аналогами без снижения качества получаемого комбикорма. Это достигается за счет применения гравитационного сепаратора (классификатора) и дробилки прямого удара с предварительной сепарацией зерна.

Литература

1. Садов В.В. Сравнительная оценка комбикормовых агрегатов на этапе концептуального проектирования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2017. – №10(156). – С.144-150. EDN: ZIFVBJ
2. Петров А.А., Шахов В.А., Наумов Д.В., Кондрашов А.Н., Комарова Н.К. Повышение производительности дробилки зерна за счёт улучшения сепарации // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. – № 3 (89). – С. 159-162. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-159-162. EDN:BAFJOJ

3. Клевцова Т.А., Гвоздев А.В., Мирошниченко Я.А. Роль сепарации зерновой смеси в технологическом процессе производства комбикормов // Университетская Наука. University Science. Минеральные Воды: СКФ БГТУ им. В. Г. Шухова, №2(16), – 2023. – С. 88-91. EDN: IHFZLS
4. Гвоздев А.В., Клевцова Т.А., Мирошниченко Я.А. Обоснование процесса гравитационной сепарации зерна методом моделирования // Вестник аграрной науки Дона. 2023. – Т.16. №4(64). – С. 27-36. DOI: 10.55618/20756704_2023_16_4_32-40
5. Клевцова Т.А., Пупынин А.А. Поиск конструктивных решений дробилок зерна для повышения эффективности дробления // Вестник аграрной науки Дона. 2024. – Т. 17. №1(65). – С. 22–29. DOI: 10.55618/20756704_2024_17_1_22–29.

УДК 631.363.001.5

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ДОЗАТОРА-СМЕСИТЕЛЯ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

Гвоздев А.В., к.т.н., доцент, **Голаган А.В.**, аспирант

Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь

Большое количество конструкций дозаторов в сельском хозяйстве, перерабатывающей промышленности, комбикормовом и других производствах обусловлено разнообразными требованиями, которые предъявляют к процессу дозирования. Главное требование к дозаторам – это обеспечение точной подачи в смесь заданного по рецепту или технологии количества компонентов с минимальными энергозатратами. Несоблюдение этого требования может снизить качество технологического процесса, питательную ценность продукта, привести к перерасходу дорогостоящих дозируемых компонентов [1, 2].

Поэтому, разработка новых дозирующих рабочих органов, адаптированных к многообразию условий современного сельскохозяйственного производства и работающих на принципах самотечного движения материала под действием гравитационных сил, обладающих минимальными удельными энергозатратами является актуальной задачей.

Исходя из требований к процессу дозирования сыпучих компонентов, на наш взгляд, основными направлениями усовершенствования конструкции дозатора будут:

- улучшение условий заполнения рабочего органа дозатора сыпучим компонентом;
- создание рабочих органов дозаторов, способных превратить плохо текущие корма в текучие;
- создание рабочих органов дозаторов, способных формировать сыпучие материалы в равномерные потоки;
- введение вспомогательных устройств для автоматического регулирования процесса дозирования.

Сравнительный анализ конструкций и принципов действия различных типов дозаторов для дозирования сыпучих материалов показал о перспективности применения дозатора непрерывного действия с цилиндрическим рабочим органом, который позволяет не только дозировать смеси с высокой равномерностью, но и характеризуется сравнительно меньшим удельным энергопотреблением и простотой конструктивного исполнения [1-5].

Основным недостатком разработанного дозатора непрерывного действия с цилиндрическим рабочим органом [4, 5] является то, что он обеспечивает дозировку одного компонента смеси, что снижает его функциональные возможности.

Современные технологические процессы в сельском хозяйстве, перерабатывающей промышленности, комбикормовом и других производствах требуют дозированное внесение многокомпонентных смесей. При смешивании и дозировании многокомпонентной смеси происходит ее сегрегация, что снижает качество дозируемой смеси. Для предотвращения этого процесса применяют загрузку компонентов в порядке уменьшения размера частиц дозируемых компонентов в работающий дозатор-смеситель [6].

Учитывая вышеперечисленные требования, нами разработано конструктивное решение дозатора-смесителя непрерывного действия с цилиндрическим рабочим органом, устраняющее недостатки сегрегации многокомпонентной смеси (рис. 1).

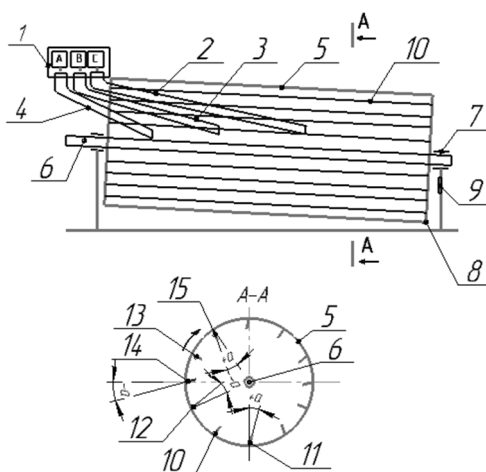


Рисунок 1 – Схема дозатора-смесителя многокомпонентной смеси (обозначения по тексту)

Дозатор - смеситель работает следующим образом. Компоненты комбикорма, помещенные в многосекционный дозатор 1 в порядке уменьшения размера частиц дозируемых компонентов от А до С через загрузочные лотки 2, 3, 4 поступают во вращающийся смесительный канал 5. Смесительный канал 5 выполнен в виде цилиндрического барабана, установленного на валу 6 в подшипниках 7. Компоненты комбикорма попадая в смесительный канал 5 подвергаются механическому воздействию продольных ребер 10. Продольные ребра 10 перемешивают компоненты комбикорма и поднимают его в верхнюю часть смесительного канала 5. При этом, компоненты комбикорма пересыпаясь через края продольных ребер 10, снова оказываются в его нижней части. А так как, соседние ребра 11 и 12 с ребром 10 (аналогично 14 и 15 с ребром 13) установлены с углом установки $\pm \alpha$, равным углу внешнего трения частиц смеси по поверхности ребра то происходит веерное пересыпание перекрестных потоков компонентов смеси, что ведет к повышению равномерности смешивания компонентов дозируемой смеси. Этот процесс перемешивания и веерного пересыпания повторяется многократно. Достигнув нижней части смесительного канала 5, полученный комбикорм дозированно выгружается через окно выгрузки 8. Степень дозирования регулируют изменением угла наклона смесительного канала 5 в сторону окна выгрузки 8 смеси изменением длины упора 9.

Указанное взаиморасположение перемешивающих продольных ребер цилиндрического барабана смесительного канала дополнительно препятствует образованию сегрегации смеси за счет образования разных углов схода компонентов смеси с соседних продольных ребер и образования их перекрестных потоков при смешивании в смесительном канале, что ведет к повышению равномерности смешивания компонентов дозируемой смеси.

Разработанное конструктивное решение дозатора-смесителя позволяет рационально организовать рабочий процесс дозирования различных компонентов комбикормов, а также повысить качество и равномерность смешивания компонентов дозируемой смеси.

Литература

1. Глобин А.Н., Краснов И.Н. Дозаторы: монография // М.: Директ-Медиа, 2016. – 384 с.
2. Селиванов Ю.Т., Першин В.Ф. Расчет и проектирование циркуляционных смесителей сыпучих материалов без внутренних перемешивающих устройств. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. – 120 с.
3. Гвоздев А.В. Выбор направления совершенствования технических решений дозаторов сыпучих материалов. / А.В. Гвоздев, Т.А. Клевцова, А.В. Голаган // Техничко-технологическое

обеспечение инноваций в агропромышленном комплексе: материалы II Международной научно-практической конференции. – Мелитополь: МГУ, 2023. – С. 154-159.

4. Гвоздев А.В. Обоснование конструкции объемного дозатора непрерывного действия с цилиндрическим рабочим органом. / А.В. Гвоздев, Т.А. Клевцова, А.В. Голаган. // Современные проблемы и пути развития перерабатывающей отрасли и сферы услуг: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – Мелитополь: МГУ, 2023. – С. 103-106.

5. Гвоздев А.В. Дозатор непрерывного действия с цилиндрическим рабочим органом. / Т.А. Клевцова, А.В. Гвоздев, А.В. Голаган. // Материалы пула научно-практических конференций / Керчь: КГМТУ, 2024. – С. 186 – 191.

6. А.с. СССР № 1326323. В01F3/18. Способ приготовления смеси сыпучих материалов. Бюл. 28. 1987.

УДК 631.362.3

ПРЯМОТОЧНЫЙ ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКИЙ СЕПАРАТОР

Поздняков¹ В.М., к.т.н., доцент, **Зеленко² С.А.**, к.т.н.

¹Международный университет «МИТСО»,

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Повышение качества семенного материала – один из ключевых вопросов в семеноводстве.

На основе анализа литературных и экспериментальных данных [1-3] установлено, что наиболее перспективным способом получения качественного семенного материала, с точки зрения экономической эффективности, является доработка семян путем сортирования их по удельному весу в псевдоожиженном слое на машинах вибропневматического принципа действия.

Работа вибропневматического оборудования при сортировании сыпучей смеси основана на принципе избирательного транспортирования отличающихся удельным весом частиц смеси в псевдоожиженном слое.

Нами был изготовлен экспериментальный стенд прямоточного вибропневматического сепаратора, обеспечивающий эффективное сортирование семян на фракции, которые отличаются между собой удельным весом в пределах 10-15% [4]. Схема экспериментального стенда представлена на рисунке 1.

В процессе сортирования на вибропневматическом сепараторе семена не травмируются, т.к. обработка производится в псевдоожиженном слое, что позволяет при необходимости повторно направлять на сортирование фракцию семян при необходимости.

Производственная апробация разработанного вибропневматического сепаратора на этапе предпосевной подготовки семян проходила:

– на базе участка «Лида» ОАО «Кореличи-Лен» (сорт льна «Левит-1») урожайность льнотресты увеличилась с 30 до 39 ц/га, общий выход льноволокна повысился с 23,51 % до 25,58 %, увеличился выход длинного льноволокна с 5,01 % до 9,33 % по сравнению с контрольным образцом семян (без обработки на прямоточном вибропневматическом сепараторе);

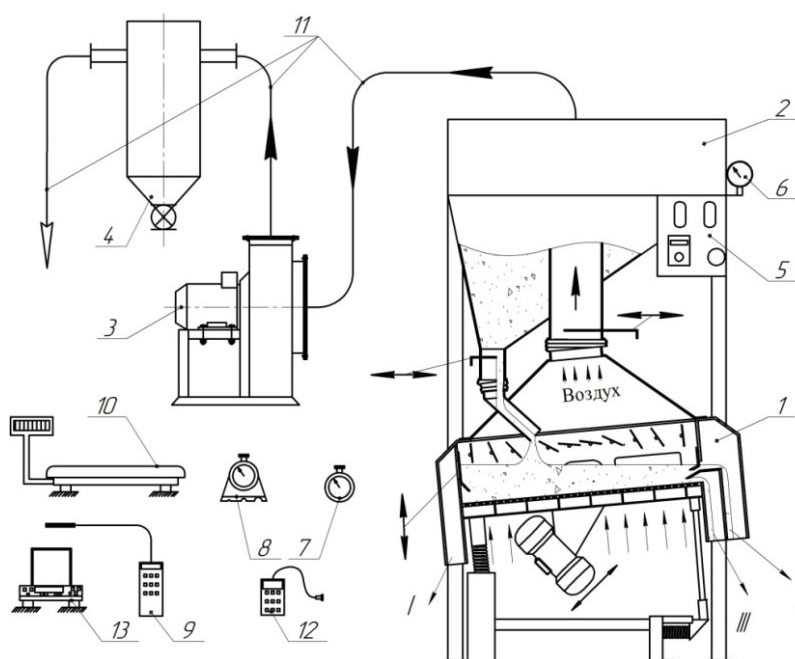
– в условиях ОАО «Дворецкий льнозавод» (сорт льна «Сюзанна») по состоянию на 1.04.2021 г. фактическая наработка прямоточного вибропневматического сепаратора ПВС-500 составила 303 т (2020 г. – 40 т, 2021 г. – 263 т) [2, 3];

– на ЧУП КФХ «Родовое гнездо» урожайность семян рапса сорта «Водолей» увеличилась на 16,5 % по сравнению с исходными семенами (не прошедшими вибропневмосортирование);

– на экспериментальном участке РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» (рапс сортов «Неман» (2017 г.) и «Топаз» (2019 г.)) урожайность увеличилась с 26,8 до 30,4 ц/га

(13,4 %) и с 18,8 до 22,1 ц/га (17,6 %), соответственно, при повышении содержания масла в маслосеменах на 2,2 %, а также стабилизации содержания глюкозинолатов;

– на базе ФХ «Горизонт» и КФХ «Пакуша И.А.» всхожесть семян лука увеличилась на 25 %, что обеспечило повышение урожайности лука на 48 ц/га (20 %) и на 54 ц/га (18 %) соответственно.



I – легкая фракция (легковесные и низконатурные семена); *II* – средняя фракция (основная часть семян);

III – плотная фракция (семена с высоким потенциалом урожайности);

1 – лабораторный вибропневматический сепаратор; 2 – загрузочный бункер; 3 – вентилятор ВР 132-30;

4 – осадочная камера; 5 – панель управления лабораторной установкой; 6 – манометр КМВ-22Р;

7 – секундомер; 8 – угломер маятниковый ЗУРИ-М; 9 – анемометр ТКА-ПКМ-50; 10 – весы; 11 – воздухопровод;

12 – виброанализатор СД-21; 13 – влагомер МАХ 50

Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда

Конструкция лабораторного вибропневматического сепаратора с прямоточной декой позволяет изменять и регулировать следующие режимно-конструктивные параметры:

- амплитуду и частоту колебания деки;
- угол наклона деки;
- скорость и распределение воздушного потока в камере сортирования;
- количество семян, поступающих на сортирование;
- процентное соотношение средней и плотной фракций после сортирования по удельному весу;
- вибрационные параметры сетчатой деки (виброперемещение, виброускорение, виброскорость).

Технологический эффект от использования прямоточного вибропневмосепаратора на этапе окончательной очистки семян состоит в: отборе семян с высокими посевными качествами; сепарирование трудноотделимых примесей, включая семена культурных растений; отделении из семенных материалов семян травмированных, пораженных насекомыми и инфицированных семян; уменьшении разнокачественности возделываемых растений.

Разработанный вибропневмосепаратор, по сравнению с аналоговым оборудованием, имеет ряд преимуществ: прямоточная дека, имеющая только продольный угол наклона, что упрощает конструкцию и настройку режимно-технологических параметров; применимость для различных культур, за счет настройки рациональных параметров; низкая стоимость по сравнению с аналогами и простота обслуживания.

Проведённые производственные испытания доказали, что применение прямооточного вибропневмосепаратора позволяет увеличить посевные свойства различных технических, зернобобовых и овощных культур на 10 %–15 % (при условии соблюдения технологии возделывания). Вибропневматический сепаратор может применяться как отдельное оборудование для окончательной доработки семян, так и в составе поточной семяочистительной линии. В процессе обработки семена не травмируются так как отсутствует механическое воздействие, что также положительно влияет на посевные качества.

Литература

1. Галкин В.Д. Оценка работы вибропневмосепараторов усовершенствованной конструкции при очистке семян от низконатурных примесей / В.Д. Галкин [и др.] // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 1 (17). – С. 65-72.
2. Шило, И.Н. Анализ результатов экспериментальных исследований сортирования семян льна / И.Н. Шило, В.М. Поздняков, С.А. Зеленко // Агропанорама. – 2021. – №5. – С. 9-14.
3. Поздняков, В.М. Повышение эффективности предпосевной подготовки семян льна за счет применения прямооточного вибропневматического сепаратора / В.М. Поздняков, С.А. Зеленко, А.И. Ермаков // Вестник БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 170-175.
4. Поздняков, В.М. Определение оптимальных режимно-конструктивных параметров работы вибропневматического оборудования для предпосевной подготовки семян рапса / Поздняков В.М., Зеленко С.А. Колесник Р.И. // Агропанорама. – 2020. – №1. – С. 6-10.

УДК: 636.2.082

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОНДИЦИИ ТЕЛА КОРОВ И ИХ ЗДОРОВЬЯ, ПРОДУКТИВНЫХ И РЕПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ

Казаровец И.Н., к.с.-х.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Издревле известная поговорка «Молоко у коровы на языке» и сегодня не утратила своей значимости. Специалисты говорят о том, что надои зависят от генетики, условий содержания и здоровья животного. Однако главный фактор – это по-прежнему качественный корм, в котором соблюдается баланс необходимых для коров полезных веществ, витаминов и микроэлементов. У каждого успешного хозяйства может быть свой индивидуальный рецепт правильного кормления молочного стада, но основные законы – универсальны. Попробуем в них разобраться.

Во время стойлового содержания коров, особенно в его заключительный период, часто возникает ожирение. Это приводит к экономическим потерям, снижению удоя (примерно на 30%), ухудшению качества молока и расходам на лечение телят, рожденных от таких коров. После отела у них нередко развиваются маститы, эндометриты, заболевания сердца и поражения внутренних органов.

Ожиревших коров обычно выводят из стада через 4-5 месяцев после отела из-за резкого падения продуктивности, что увеличивает убытки, так как расходы на выращивание нетелей окупаются только к концу второй лактации. Основной причиной ожирения становится перекармливание в конце лактации кукурузным силосом с высоким содержанием зерна. Превышение доли тонкоизмельченных кормов свыше 50% нарушает рубцовое пищеварение и способствует накоплению жира. Недостаток движения, солнечного света и свежего воздуха также усугубляет ситуацию [2, 3].

Избыточный вес у коров приводит к проблемам с воспроизводством, задержке созревания яйцеклеток и мертворождению. Нетели с ожирением часто сталкиваются с трудными отелами, гинекологическими заболеваниями и бесплодием.

Чтобы предотвратить ожирение, важно начать корректировать рацион во второй половине лактации, уменьшая количество концентратов и кукурузного силоса и увеличивая объем грубых кормов. Это улучшит жвачку, моторику рубца и предотвратит развитие ацидоза.

Ожиревшие коровы за лактацию дают на 1000-1500 кг молока меньше, чем животные с нормальной упитанностью. Также в их молоке увеличивается содержание соматических клеток. Ожирение поражает такие органы, как печень, почки, органы дыхания, сердце и сосуды, а также снижает активность гормонов, отвечающих за выработку молока. В молочной железе происходит замещение паренхиматозной ткани жировой и соединительной.

Ожирение может спровоцировать развитие кетоза в период активной лактации. В это время коровы начинают расходовать жировые запасы, в результате чего в организме образуются свободные жирные кислоты, которые превращаются в кетоновые тела. Они накапливаются в тканях, нарушая обмен веществ, и попадают в молоко, что негативно влияет на его качество, снижая содержание белка [1, 4].

В начале лактации масса тела коров может уменьшиться на 10%, что указывает на ошибки в рационе во время сухостойного периода. Если перед отелом коровы имеют избыточный вес, то возрастает риск кетоза и жировой дистрофии печени. В течение первых трёх недель после отела потребление сухого вещества увеличивается на 2 кг в неделю, но потребности в энергии остаются высокими, что приводит к отрицательному энергетическому балансу. В результате чрезмерная мобилизация жира из запасов вызывает жировое перерождение клеток печени. Концентрация жира в печени сразу после отела возрастает в шесть раз и остаётся повышенной даже через четыре недели.

Жировая инфильтрация печени снижает её способность обезвреживать токсины, что может привести к тяжёлым последствиям для организма. Хотя коровы по природе склонны к быстрому расходованию жировых запасов, перекармливать их нельзя. Оптимальная упитанность должна составлять 3,2-3,3 балла по 5-балльной шкале рисунок 1 (еще 5-7 лет назад нормой считалась упитанность 3,7-3,9 балла) [2, 4].

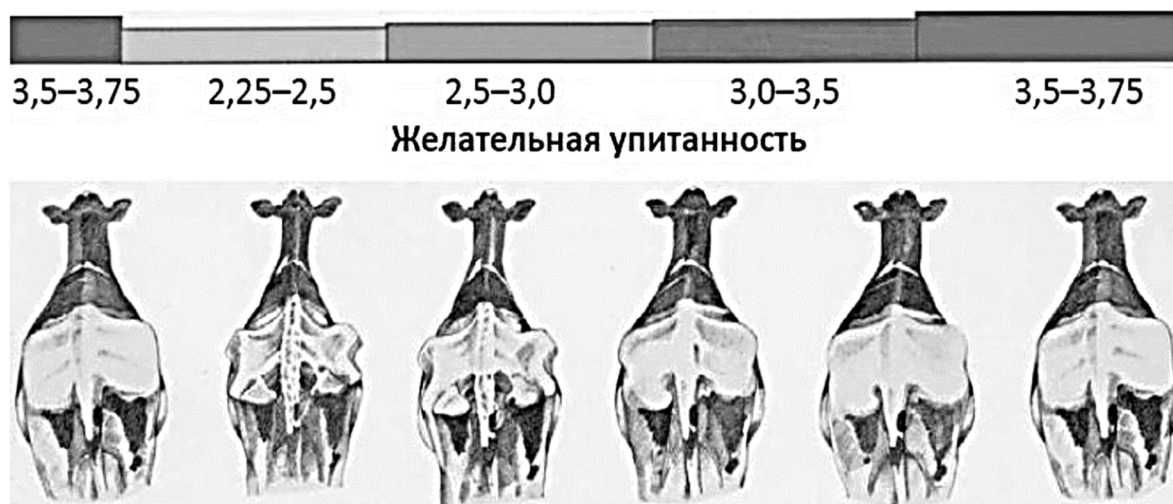


Рисунок 1 – Оценка упитанности молочного скота

Для предотвращения ожирения и сохранения здоровья коров, их рацион необходимо подбирать в соответствии с физиологическим состоянием и продуктивностью, а также обеспечивать дозированный моцион. Это позволит увеличить удои, улучшить качество молока, продлить срок эксплуатации животных и повысить прибыльность фермы.

К примеру рацион коровы может выглядеть так: в первые 100-120 дней лактации важно не допускать возникновения отрицательного баланса энергии, а значит, в состав рационов необходимо включать качественные объемистые корма, содержащие 10-10,5 МДж ОЭ в 1 кг СВ, в зимний период ежедневно скармливать 18-22 кг кукурузного силоса, 12–15

кг люцернового или клеверного сенажа, 6-8 кг комбикорма, 2-3 кг сена и 1 кг патоки. Чтобы удовлетворить потребность коров в витаминах и микроэлементах, следует применять адресные премиксы.

За три недели до отела и в течение двух месяцев после него животным дают пропиленгликоль (120-150 г на голову в сутки), никотиновую кислоту (6-12 г на голову в сутки либо 2 кг на 1 т премикса) и защищенный от распада в рубце холин в форме хлорида (15 г на голову в сутки).

Через 2-3 недели после отела в рационы включают защищенные кормовые жиры из расчета 200–250 г на голову в сутки. Очень важно контролировать живую массу нетелей. У чрезмерно упитанных животных замедляется рост железистой ткани вымени, а после отела резко снижается продуктивность. Поэтому нетели должны получать такую же кормосмесь, как и сухостойные коровы. Ожиревшие нетели выглядят красиво (у них гладкая кожа, блестящая шерсть), но именно они первыми выбывают из стада после отела вследствие поражения внутренних органов, гинекологических заболеваний (эндометрит) и ухудшения воспроизводительной способности.

Таким образом, для предотвращения ожирения и сохранения здоровья коров, их рацион необходимо подбирать в соответствии с физиологическим состоянием и продуктивностью, а также обеспечивать дозированный моцион. Это позволит увеличить удои, улучшить качество молока, продлить срок эксплуатации животных и повысить прибыльность фермы.

Литература

1. Богомолов, В. В. На первом месте - кормление / В. В. Богомолов // Белорусское сельское хозяйство. - 2003. - №3. - С.14-15.
2. Разумовский, Н. Не перекармливайте ваших коров // Н. РАЗУМОВСКИЙ // Животноводство России. - 2021. № 3. - <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44776305> (дата обращения: 12.09.2024). doi: 10.25701/ZZR.2020.10.40.017
3. Пахомов, И. Я. Полноценное кормление высокопродуктивных коров: практическое пособие / И. Я. Пахомов, Н. П. Разумовский. - Витебск: УО ВГАВМ, 2006. - 109 с.
4. Яковчик, Н. С. Кормление и содержание высокопродуктивных коров / Н. С. Яковчик, А. М. Лапотко; под ред. С. И. Плященко. - Молодечно: «Тип. «Победа», 2005. - 287 с.

УДК 631.17

ADVANCED REMOTE SENSING TECHNOLOGIES FOR AGRICULTURAL APPLICATIONS

Dubina L.P.

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk

Precision agriculture (PA) provides the tools and technologies to identify in-field soil and crop variability, offering a means to improve sub-field level farming practices and optimizing agronomic inputs. Variable-rate technology (VRT) provides the capability to vary the rate of soil and crop applied inputs for site-specific application. Today, sensing technologies – both ground based and remote – continue to evolve and have become cheaper for capturing field level data. For the operational success of VRT, maps of crop growth, crop diseases, weeds, crop nutrient deficiencies, and other crop and soil conditions are required. As a result, maps depicting crop and soil variability through remote sensed images acquired by sensors mounted on satellites, aircraft or ground-based equipment have become an integral part of VRT.

Remote sensing is the use of satellite images that take photos of a field over time so that the grower can analyze conditions based on the data and take action that will have a positive influence on crop yield. For instance, sensors can serve as an early warning system allowing a grower to intervene, early on, to counter disease before it has had a chance to spread widely. They can also

perform a simple plant count, evaluate plant health, estimate yield, assess crop loss, manage irrigation, detect weeds, identify crop stress and map a field.

Today, remote sensing technologies continue to evolve and have become cheaper for capturing field level data. To understand crop progression throughout the growing season, maps of crop growth, crop diseases, weeds, crop nutrient deficiencies, and other crop and soil conditions are required. As a result, maps from remote sensed images showing crop and soil variability have become an integral part of agriculture.

Remotely sensed images can be used to map soil properties, classify crop species, detect crop water stress, monitor weeds and crop diseases, and map crop yields. The use of remote sensing in PA is influenced by the type of platforms (satellite, airborne or ground) used for data collection; the number and width of spectral bands covered by the sensor (multi- versus hyperspectral); and the spatial (high, medium and low), temporal (hourly, daily and weekly) and radiometric resolutions at which the sensors collect data [1].

There are four types of resolution in remote sensing that need to be considered when analysing images. These are spatial, temporal, spectral and radiometric. Of these resolution types, spatial and spectral are particularly important as they affect the ability to extract detailed information from an image.

Spatial resolution determines the size of the smallest identifiable features in an image. Spectral resolution refers to an ability of a sensor to differentiate between wavelength intervals in the electromagnetic spectrum. This is the main factor that distinguishes multispectral images from hyperspectral. Temporal resolution signifies the frequency at which images are collected over the same area (e.g., field). Radiometric resolution reflects a sensor's ability to identify or discriminate very slight differences in reflected or emitted energy. In a remote sensed image, data is digitized and recorded as a positive digital number (DN).

The use of remote sensing in agriculture can range from straightforward tasks like locating fields to complex ones like precision farming. Let's give a quick look at how remote sensing has helped in agriculture:

1. **Land Cover Mapping:** One of the most widely used remote sensing applications is land cover mapping. Differentiating between the different types of land cover on the Earth's surface is the main objective of land cover mapping. On the other hand, determining the type of crops that can be grown from the land cover is useful for selecting crops and predicting crop yields. Crop management involves selecting crops based on field and soil type, and developing treatment plans to increase yields and reduce the risk of disease or pest damage. This is achieved by integrating crop types with current and historical weather and climate, crop yield models, soil characteristics and market conditions.

2. **Precision Agriculture:** Precision agriculture, also known as precision farming, is a set of methods, tools and management strategies designed to optimise crop growth and farm profitability by tailoring treatments to the variable biophysical conditions that occur within an agricultural field, rather than applying the same treatment uniformly over the entire area. Advances in remote sensing and added functionality in GIS have made it possible to characterise, model and map almost any crop - meaning that the future of precision agriculture relies heavily on GIS and remote sensing.

3. **Irrigated Land Cover Mapping:** Another important application of remote sensing in agriculture is the mapping of irrigated land. At the Earth's surface, satellite observations provide reliable, affordable and synoptic information. The mapping of land cover, especially agricultural land, is supported by these data. Current strategies for characterising agricultural land cover are often derived from image classification systems.

4. **Crop health monitoring:** By examining spectral data from satellites, aircraft, or ground-based instrumentation, remote sensing can be used to keep an eye on the development and health of crops. Farmers can use this information to pinpoint the parts of their crops that might benefit from additional water, fertilizer, or pest control.

5. Yield estimation: Recent advances in remote sensing can also be utilized to calculate crop yields by examining elements like plant height, biomass, and chlorophyll content. remote sensing. Farmers that use this knowledge can more efficiently plan their harvests and take care of their crops [2].

The quality of remote sensed images is influenced by various factors including the GPS receiver integrated into sensors, sensor position and viewing angle, time of day when images were acquired, and the type of the sensor used for image acquisition. As information products, derived from high quality remote sensed images, provide the potential to improve the application of agricultural inputs while enhancing crop and farm efficiency, careful attention to aforementioned details is required while processing, analyzing and interpreting the images. Quality imagery is imperative to make sure derived information is accurate.

References

1. DRAGONFLY [Electronic resource]: Remote sensing in agriculture – what are some applications? – Mode of access: <https://dragonflyaerospace.com/remote-sensing-in-agriculture-what-are-some-applications/>. – Date of access: 20.09.2024.
2. CFAES (Ohioline) [Electronic resource]: Remote Sensing in Precision Agriculture. – Mode of access: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/fabe-5541>. – Date of access: 20.09.2024.

УДК 631.87

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ НАВОЗА

Кольга¹ Д.Ф., к.т.н., доцент **Костюкевич¹ С.А.**, к.с.-х.н., доцент,
Саевич² К.Ф., д.б.н., профессор

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,

²Белорусский государственный экономический университет, г. Минск

Производство животноводческой продукции на промышленной основе характеризуется высоким уровнем экономической эффективности производства и продуктивности. Вместе с тем концентрация больших групп животных на ограниченной площади и беспривязное содержание их приводит к тому, что на животноводческих комплексах получается огромный выход жидкого навоза.

Проблема рационального использования навоза как органического удобрения для создания собственной кормовой базы при одновременном соблюдении требований охраны окружающей природной среды от загрязнения отходами животноводства имеет исключительно важное народнохозяйственное значение. Эта проблема в целом относится к числу наиболее сложных, так как ее решение находится на стыке различных отраслей (биологии, зоотехнии, ветеринарии, химии, физики, агрономии и т.д.). Решение такой проблемы следует рассматривать во взаимосвязи производственных операций: от стойла животных до места реализации навоза с учетом соблюдения всех санитарно-гигиенических условий работы обслуживающего персонала.

Навоз – благоприятная среда для развития и сохранения микроорганизмов. Сроки выживания патогенных микроорганизмов в твердом подстилочном навозе в зависимости от видов микробов и способов хранения навоза колеблется от нескольких дней до 12 мес. Навозо удаление – самый трудоемкий и сложный процесс на крупных животноводческих комплексах.

Система должна обеспечивать своевременное и эффективное удаление навоза из помещения, погрузку, транспортировку в хранилище, хранение, обеззараживание, эффективное использование питательных веществ, внесение в почву в оптимальные агротехнические сроки, создать оптимальные параметры микроклимата в помещениях и вокруг них.

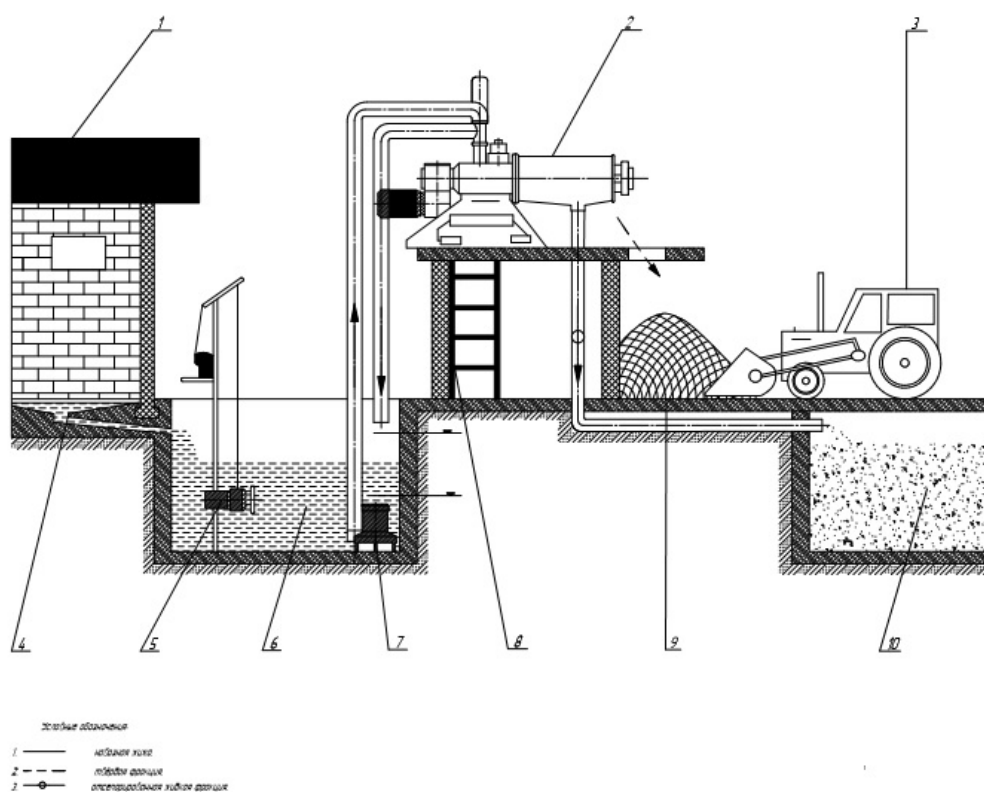
При использовании жидкого навоза система должна иметь биологическую очистку, обеспечивать обеззараживание стоков и охрану окружающей среды от загрязнений и заражения.

При выборе системы навозохранилища рекомендуется учитывать следующие влияющие факторы: экономические, наличие рабочей силы, площадь

застройки, уровень запаха, совместимость с имеющимся оборудованием и систему удаления навоза.

В настоящее время с целью снижения потерь питательных веществ в навозе используют закрытые навозохранилища. Навозохранилища бывают круглые металлические и прямоугольные железобетонные. В нашей республике наибольшее распространение получили железобетонные. Глубина такого хранилища от 2,4 до 3 метров, длина и ширина от 3,6 метров до 12,6 метров. Ширина зависит от объема необходимого для хранения и от мощности перемешивающего насоса. Факторы, влияющие на размер навозохранилища следующие: поголовье стада, количество дней хранения навоза, ожидаемое количество возможного попадания осадков (протечка поилок, вода после мойки помещений и т.д.).

При новых технологиях беспривязного содержания животных, навоз в коровниках в большинстве случаев удаляется скреперными установками. Затем в жидком виде с помощью специального насоса-миксера подается в навозохранилище. Технологическая схема переработки навоза приведена на рис.1.



1-здание для животных, 2-сепаратор, 3-трактор, 4- навозопровод, 5- миксер, 6-навозохранилище, 7- насос, 8- лестница, 9- твердая фракция, 10- жидкая фракция навоза
Рисунок 1.-Технологическая схема утилизации навоза

Как правило навоз в навозохранилище расслаивается на жидкую и твердую часть и для того, чтоб его выгрузить из хранилища необходимо хорошо перемешать (создать однородную массу) для чего используются миксер и насос. После перемешивания навоз подается в сепаратор. Шнек, расположен внутри сепаратора, транспортирует поток массы в отсек с повышенным давлением. Шнек закреплен в специальном фильтре, через который

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

жидкая фракция выводится наружу из установки. За фильтром находится секция повышенного давления, в результате действия которого твердые частицы образуют пробку и жидкость не вытекает с этой стороны, а только через фильтр. Через секцию повышенного давления выходит сухой продукт.

Благодаря простому принципу регулировки противодействия в камере сжатия можно легко регулировать качество конечных продуктов (сухого и жидкого). В результате сепарирования получается жидкая фракция – идеальное удобрение для полива и сухая фракция – компост без запаха и проблем при хранении. Испытания технологии с использованием сепаратора были проведены в «СПК «Агрокомбинат «СНОВ». Результаты производительности от сухого вещества и диаметра отверстий в фильтре приведены в таб. 1

Таблица 1 – Производительность сепаратора

%, выход сухого вещества	Производительность, м ³ /ч			
	Фильтр 0,25мм	Фильтр 0,5 мм	Фильтр 0,75 мм	Фильтр 1,0 мм
1-2	2 -15	8 - 40	-	-
3 - 5	1- 10	6 - 20	8 - 30	-
6 - 9	-	4 - 12	6 - 15	8 - 20
10- 12	-	2 - 8	4 - 12	6 - 15
13 - 15	-	1 - 4	2 - 8	4 - 10

Система утилизации жидкого навоза хорошо работает при влажности 94% и выше. Перед использованием жидкий навоз необходимо хорошо перемешать для чего используются миксер и насос.

Заключение

1. Внедрение данной технологии позволит улучшить экологическую обстановку вокруг комплексов,
2. Сохранить питательные вещества в навозе.
3. Результаты разделения сухой и жидкой фракции зависят от таких факторов, как: состав корма животных, ингредиенты навоза, температура, срок хранения навоза и его вязкость.

Литература

1. Кольга, Д.Ф. Переработка навоза в экологически безопасные органические удобрения./ Д.Ф.Кольга, А.С.Васько.- Минск: БГАТУ, 2017.-128с.: ил.- ISBN978-958-519-847-6/
2. Казакевич, П. П. Технологическая концепция "умной" молочной фермы : монография / П. П. Казакевич, В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка ; отв. ред. М. В. Джумкова ; Национальная академия наук Беларуси, РУП "Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству". - Жодино : Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, 2021. - 244 с.

УДК 636.2.082

МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВЫ И СПОСОБЫ ЕЕ УВЕЛИЧЕНИЯ

Казаровец И.Н., к.с.-х.н., доцент, **Жушма Р.В.**, студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Молочной продуктивностью крупного рогатого скота называют количество молока, полученного от одной коровы в течение определенного периода времени: суток, недели, месяца. Это один из главных показателей экономической эффективности хозяйства в животноводстве. Оценку проводят в отношении каждой коровы и всего стада в целом. Показатель молочной продуктивности коров зависит от многих факторов и может меняться как в большую, так и в меньшую сторону.

Чем выше удои, тем ниже расходы корма на 1 кг готовой продукции. В итоге снижается и себестоимость молока, потому что в структуре цены около 60 % - это затраты на

кормление КРС. Содержание высокопродуктивных животных обходится в среднем в 1,5-2 раза дешевле обычного поголовья, поэтому производители заинтересованы в увеличении надоев [1, 3].

Индивидуальную продуктивность животных оценивают по нескольким периодам: первые 305 дней лактации; весь период лактации не зависимо от его продолжительности, но с учетом количества дойных дней; календарный год; жизненная продуктивность.

В хозяйствах для оценки продуктивности поголовья проводят контрольные дойки. В племенном хозяйстве периодичность контроля – одна декада, в товарном – один месяц. Изменения в удоях представляют на лактационной кривой. По графику можно оценить текущую продуктивность и сделать прогноз по объемам молока в следующих периодах для конкретной коровы.

По характеру лактационных кривых КРС делят на четыре типа:

I тип – устойчивая и сильная лактация. Корова хорошо раздоявается, постепенно увеличивая объемы молока, долго удерживает заданный уровень продуктивности.

II тип – неустойчивая, но сильная лактация. На графике формируется две вершины: корова хорошо раздоявается, но после достижения максимального удоя продуктивность снижается. Повторный рост наблюдается во второй половине лактационного периода.

III тип – неустойчивая, но высокая лактация. Корова хорошо раздоявается, но максимальные объемы держатся недолго. Снижение наблюдается в течение всего лактационного периода.

IV тип – низкая устойчивая лактация. Корова не склонна к раздоя, но уровень продуктивности стабильный в течение всего периода.

По данным контрольных доек, по специальным формулам рассчитывают следующие показатели: среднесуточный удой; удой за месяц; количество жира за весь период лактации; средняя жирность за лактацию.

Молоко, которое передается на завод, пересчитывается в базисную жирность, которая для Республики Беларусь установлена на уровне 3,6 % [2,3].

Все перечисленные выше контрольные показатели используются в учете и анализе продуктивности коров молочных пород. Изменения в цифрах помогают животноводам скорректировать те или иные аспекты содержания поголовья.

Факторы, влияющие на молочную продуктивность коров.

Кормление. Для повышения молочной продуктивности коров важно обеспечить поголовье сбалансированным питанием. Рацион просчитывают по питательности, химическому составу. Важно соотношение сухого вещества, протеина, сахара, жира, крахмала, а также энергетическая ценность. Дойные коровы должны получать фосфор, медь, кальций, кобальт, цинк, каротин, комплекс витаминов.

Клетчатка грубых кормов содержится в количестве до 10 % от объема рациона. Жир необходим для повышения уровня жирности молока и должен составлять не менее 60 % от вещества, которое выделяется вместе с надоями.

Условия содержания. Увеличить надой можно путем улучшения условий содержания коров. Например, доказано влияние температуры в коровнике на объемы и качество молока. Когда на ферме чересчур тепло, снижается продуктивность животных. Содержание жира в молоке также уменьшается. При снижении температуры на каждые 10°C жирность повышается на 0,2 %, но и надой падают в среднем на 10 %.

Возраст. При оценке коров по молочной продуктивности лучшие показатели демонстрируют животные после 5-6 отела. Длительное использование скота в продуктивном отношении является экономически выгодным. У первотелок надой ниже. После 6 лактации объемы молока постепенно уменьшаются.

Внешние факторы. На продуктивность влияют частые перегруппировки в стаде. Коровы реагируют на изменения уменьшением надоев. Для сохранения продуктивности лучше держать животных стабильными группами, соблюдая распорядок дня, избегая посторонних резких шумов и любых других внешних непривычных воздействий.

Прочие факторы. На молочную продуктивность коров также влияют: Наследственные породные, индивидуальные, видовые особенности. Строение организма, конституция оказывают как положительное, так и отрицательное влияние на продуктивность; Возраст первого отела. Животное готово к осеменению в 14-18 месяцев; Физиологическое состояние животного: болезни, стельность и т. д. Больные и ослабленные коровы дают меньше молока; Продолжительность периода сухостоя перед лактацией. В это время молочная железа восстанавливается, пополняют запасы витаминов, питательных и минеральных веществ в организме, наращивается живая масса; Живая масса. Крупные коровы поедают больше корма и перерабатывают его в молоко. В среднем на каждые 100 кг живой массы надои составляет 800-950 кг в год; Форма вымени. У высокопродуктивных особей ваннообразная или чашеобразная молочная железа большого размера. Вымя мягкое, расположено не ниже 50 см от земли; Сезон отела. Доказано, что коровы, отелившиеся в декабре, дают в среднем на 300-700 кг больше молока, чем особи с отелом в мае-июне. Рекомендуется подводить периоды рождения телят к ранневесеннему или позднелетнему периоду, чтобы молодняк питался на пастбище; Кратность доения. На большинстве ферм проводится двукратная дойка. Высокопродуктивных коров и новотельных животных рекомендуется доить три раза в сутки для увеличения продуктивности [3].

Для повышения продуктивности животных на фермах разрабатывают комплекс мероприятий.

Увеличить надои молока помогает: составление разнообразного и сбалансированного рациона с включением жмыха, пшеницы, сочных и грубых кормов; обеспечение достаточного количества воды, в среднем 4-6 л на каждый 1 л молока; введение кормовых добавок с витаминами, минералами, микроэлементами; использование пробиотиков, которые улучшают конверсию кормов и снижают уровень заболеваемости в стаде; соблюдение графика доения; планирование сезонов отела; грамотная техника доения с применением машин, которые выдаивают сразу все четверти вымени; гигиена и массаж вымени для предупреждения застоев молока; увеличение светового дня до 16 часов, желательно за счет естественного освещения; выпас на свежем воздухе или вентилирование фермы; поддержание оптимального уровня влажности и температуры воздуха в загоне; наблюдение за состоянием здоровья и правильное лечение; хорошее отношение к корове без громких криков, битья, агрессии.

Литература

1. Теоретические и практические аспекты селекционно-племенной работы: монография / Н.В. Казаровец [и др.]. Минск: БГАТУ, 2005. – 312 с.
2. Шейко И.П. Задачи селекционно-племенной работы по повышению генетического потенциала сельскохозяйственных животных / И.П. Шейко, Н.А. Попков // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – №1. – С 38-42.
3. Племенная работа по формированию массива скота желательного типа: монография / Н.В. Казаровец, Т.В. Павлова, С.Г. Менчукова, С.И. Саскевич [и др.]. – Минск, 2008. – 237 с.

УДК 636.2.083.12

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

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

Демидович К.Д., студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Руководителями хозяйств в республике уделяют огромное значение организации и управления в области производства молока на крупных молочно товарных комплексах. Успех или неудача работы животноводческого комплекса по производству молока обусловлена именно организацией и управлением.

Устанавливая перспективы развития молочного производства, следует учитывать, что переводя животноводство на промышленную основу отчетливо меняются среда содержания животных. Организм коров находится под постоянным влиянием различных факторов внешней среды. Эти факторы оказывают влияние на жизнедеятельность, поведение и продуктивность животных. К ним относятся технология содержания, микроклимат в животноводческих помещениях, рацион и качество кормов, качество питьевой воды, способы и распорядок кормления, плотность размещения и размеры групп. Все перечисленные факторы отрицательно сказываются на здоровье и продуктивности коров. Технологические решения, применяемые на фермах, не должны становиться в противоречие с физиологическими потребностями животных. Все это формирует комфортную среду содержания для крупного рогатого скота. Комфортное условие – это больше, чем современное кормление, тщательный уход и мониторинг здоровья. Комфорт коров – это система менеджмента, задачей которой является сохранение здоровья, увеличение продолжительности жизни и продуктивности животных на современной ферме.

Одним из перспективных направлений повышения производства продукции животноводства является строительство ферм и комплексов с использованием новых технологий содержания и кормления животных, организации труда, учитывающих особенности их физиологического состояния и уровень продуктивности. Влияние различных факторов на продуктивность коров нами были изучены непосредственно на ферме.

Рацион всех коров был одинаковый. Доеение коров осуществлялось в доильном зале на доильной установке УДА-12Е.

Удой, скорость молокоотдачи контролировали ежедневно. Содержание соматических клеток определяли непосредственно в лаборатории.

Целью исследований явилась определение в области физиологичности кормления, поения, доения животных, а также комфортности содержания скота, существенно влияющие на технику – экономические показатели отрасли молочного животноводства.

Экспериментальные исследования проводились на животноводческом комплексе ОАО «Зембинский» Борисовского района.

Объектом исследований были коровы белорусской черно-пестрой породы (n=200). Предметом исследований явились схемы управления кормлением, поением, доением и уборкой навоза, молочная продуктивность коров и содержание соматических клеток.

Первая технологическая схема – контрольная. В течение суток кормление, поение, доение и уборка навоза проводилась в следующей последовательности: утреннее доение коров (7,00-12,00), первая раздача свежего корма после доения (8,00-11,00), удаление навоза между утренним и вечерним доением коров (в период между 12,00 и 14,00), вторая раздача свежего корма (16,00-19,00), вечернее доение коров (18,00-23,00).

Вторая технологическая схема (опытная). В течение суток доение, кормление и удаление навоза осуществлялось в следующей последовательности: утреннее доение коров (7,00-12,00), первая раздача свежего корма и удаление навоза во время нахождения коров в доильном зале, вечернее доение коров (18,00-23,00), вторая раздача свежего корма во время нахождения коров в доильном зале.

Для проведения исследований были сформированы две группы животных. Среднегодовой удой на данном животноводческом комплексе находился на уровне 5400 кг молока на корову.

Удаление навоза производилось бульдозером один раз в сутки. Здоровье вымени оценивается показателем содержания соматических клеток в молоке. В таблице 1 представлена сравнительная оценка двух вариантов технологических схем управления.

Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод, что оптимальная технологическая схема управления производственными процессами на комплексе по производству молока представлена во втором варианте. В связи с тем, что дойное стадо в меньшей степени подвержено дополнительному беспокойству из-за уборки навоза в середине дня между утренним и вечерним доением.

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

Таблица 1 – Сравнительная оценка двух вариантов технологических схем управления

Показатели	Контрольная схема	Опытная схема
Поголовье	100	100
Среднесуточный удой на начало эксперимента, кг	17,8±0,14	17,9±0,15
Среднесуточный удой на конец эксперимента, кг	18,2±0,16	22,3±0,15
Максимальная скорость молокоотдачи на начало эксперимента, кг/мин	2,67±0,01	2,69±0,01
Максимальная скорость молокоотдачи на конец эксперимента, кг/мин	2,84±2	3,26±0,02
Содержание соматических клеток на начало эксперимента, ед./мл	355100±2216	346200±2277
Содержание соматических клеток на конец эксперимента, ед./мл	320700±8210	185100±32100

Меньшая стрессовая нагрузка на животных при второй технологической схеме подтверждается максимальной скоростью молокоотдачи, так же этот показатель является критерием полноценности припуска молока. Скорость молокоотдачи у коров второй схемы составила 3,26 кг/мин.

Разные технологические схемы управления производственными процессами оказывают существенное влияние на качественные показатели молока. В животных при второй технологической схеме в среднем все молоко реализовалось сортом экстра при среднем содержании соматических клеток 1851 тыс./мл, что меньше на 135,6./мл, чем у первой группе.

1. Установлено, что в период проведения эксперимента в опытном варианте технологической схемы управления основными производственными процессами способствует увеличить на 4,1 молока от коровы и соответственно увеличить максимальную скорость на 0,42 кг/мин и снижения соматических клеток на 135,6 тыс./мл.

2. Экономический эффект при внедрении опытного варианта технологической схемы управления составит 556,9 белорусских рублей на корову за период проведения эксперимента.

Литература

1. Ходженс, М. Управление кормами в молочном хозяйстве / М. Ходженс. – США – 2010 – 58 с.
2. Тайны молочных рек: практическое пособие: Корма и кормление / Под общей редакцией кандидата сельскохозяйственных наук А.М. Лопотко. – Орел ООО «Наша молодежь», ООО «Типография» Новое время. Т.1 – 2015 – 526 с.
3. Казакевич, П. П. Технологическая концепция "умной" молочной фермы : монография / П. П. Казакевич, В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка ; отв. ред. М. В. Джумкова ; Национальная академия наук Беларуси, РУП "Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству". - Жодино : Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, 2021. - 244 с.

УДК 628.511.633.85

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРУШИВАНИЯ СЕМЯН КЛЕЩЕВИНЫ

Петряник Е.В., Чебанов А.Б., к.т.н., доцент, Стручаев Н.И., к.т.н., доцент
Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь

Исследования выполнены в соответствии с государственным заданием в сфере научной деятельности в рамках базовой части (фундаментальная наука) по научному проекту № FRRS-2023-0023 «Разработка технологии, экспериментального оборудования технологической линии глубокой переработки семян клещевины в касторовое масло».

Масличные культуры - источник получения ценных технических и продовольственных масел, они имеют важное народно-хозяйственное значение. Одной из высокомасличных технических культур является клещевина. В ее семенах содержится до 52-

57% касторового масла, отличающегося по химическому составу от масел других масличных культур за счет содержания 75-80% рицинолевой кислоты. Касторовое масло обладает такими свойствами, как: высокая вязкость, слабая растворимость в органических растворителях, незначительное увеличение вязкости при снижении температуры, что делает его высококачественным смазывающим материалом. Касторовое масло находит широкое применение в сельском хозяйстве, медицине и косметике, химии, при производстве лаков и красок, в электротехнической и военной промышленности, а в последнее время и при получении биотоплива. Принятая технология при переработке клещевины значительно влияет на количество и качество выпускаемой продукции. Одной из важных операций технологической цепочки переработки клещевины является обрушивание семян. Создание устройства обрушивания семян клещевины и получения безлузгового ядра является актуальной задачей, решение которой позволит увеличить выход касторового масла. При реализации такой задачи важным пунктом является анализ современного состояния научных исследований и литературных источников по этому вопросу.

Устройства обрушивания семян клещевины предназначены для отделения от ядра семени его оболочки. При этом мы получаем смесь, называемую «рушанкой», в которой семена клещевины превращаются в дисперсный продукт, представляющий собой смесь ядра, лузги, недоруша и сечки [1].

В материале, выходящем из рушки (в рушанке) содержатся такие фракции, как: целяк (целые семена), недоруш (частично неразрушенные семена), сечка (разрушенные ядра) и масляная пыль, содержание которых характеризует качество обрушивания семян [2].

Для выполнения технологической операции обрушивания семян клещевины применяют различные устройства и методы.

Выбор устройства для обрушивания семян определяется необходимостью учета таких механических свойств оболочек, как: прочность, пластичность, упругость, а также биохимических свойств семян и их морфологических частей. Прочность оболочки семян клещевины определяет величину нагрузки обрушивающего устройства для гарантированного ее разрушения. Необходимо также учитывать упругость и пластичность оболочек характеризующих соотношение между упругой и пластической деформациями. Так как после снятия нагрузки в устройстве пластическая деформация оболочек семян остается, а упругая исчезает [3].

В устройствах для обрушивания семян клещевины применяют: бичевые обрушивающие машины, выполняющие многократный и однократный удары; дисковые луцильники осуществляющие разрезание; а также ножевые и вальцевые луцильники скалывающего действия. Реже применяют аэролушение - аэродинамический метод. Используют также обрушивание, основанное на создании избыточного давления в семенах: путем мгновенного снятия внешнего избыточного давления водяного пара; путем циклических изменений воздействия давления газовой, паровой или жидкостной среды на оболочку семени; за счет электрогидравлического эффекта, и за счет электромагнитного поля сверхвысоких частот СВЧ.

Проанализировав различные устройства для обрушивания семян клещевины, приходим к выводу, что из-за высокой маслячности семян клещевины достигающей 50-55% и хрупкости ядра эффективность использования большинства из них невысокая [4].

В устройствах для обрушивания семян клещевины оптимальным является вальцевое скалывание, при котором происходит сжатие семян при прохождении их между валками [5]. При создании устройства [6] для обрушивания семян клещевины и получения безлузгового ядра был учтен метод вальцевого скалывания (рис. 1).

Устройство обрушивания для получения безлузгового ядра семян клещевины состоит из: дозатора семян, валцов для разрушения семенной оболочки, классификатора, выполненного в виде колеблющейся поверхности, для отделения лузги от ядра и пневмокласификатора для разделения рушанки воздушным потоком. Валки имеют одинаковый размер, гладкую поверхность и вращаются с одинаковым числом оборотов,

перед разрушением оболочки семени клещевина ориентируют вдоль большей оси [7].



Рисунок 1 - Устройство для обрушивания семян клещевина

Проведенный анализ устройств [8,9] для обрушивания семян клещевина показал, что оптимальным является вальцевое скалывание, при котором происходит сжатие семян при прохождении их между валками. Но этот метод не обеспечивает безопасных условий труда для обслуживающего персонала из-за выделения токсичной пыли и по нашему мнению требует дальнейшей экспериментальной и теоретической проверки.

Литература

1. Дідур В.В. Механіко-технологічні основи глибокої переробки насіння рицини в умовах малотоннажного підприємства: дис... докт. техн. наук: 05.05.11; ТДАТУ. – Мелітополь, 2021. – 513 с
2. Щербаков В. Г. Технология получения растительных масел. Изд. 3-е, перераб. и доп. / В.Г. Щербаков. – М.: Колос, 1992. – 207 с.
3. Дідур В. А. Аналіз дослідження фізико-механічних властивостей насіння рицини / В.А. Дідур, К. В. Зубкова // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2004. – Вип. 19. – С. 22–28.
4. Клещевина / под ред. В. А. Мошкина. – М.: Колос, 1980. – 352 с
5. Подготовительные процессы переработки масличных семян; под ред. В.В. Белобородова. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 337 с.
6. Дідур В.А. Удосконалення способу отримання безлузгового ядра насіння рицини / В.А. Дідур, К. В. Зубкова // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь, 2006. – Вип. 42. – С. 83-91.
7. Дідур В.А., Обоснование конструктивных параметров и технологических режимов оборудования для обрушивания семян клещевина / В. А. Дідур, К. В. Зубкова // Известия международной академии аграрного образования. – Санкт Петербург, 2010. – Вип. 9 – С. 17-25.
8. Современные устройства для обрушивания семян клещевина / Чебанов А.Б., Стручаев Н.И., Петряник Е.В. // Роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции. Мелітополь: МГУ, 2024. – С 64-69.
9. Обоснование геометрических характеристик вороха клещевина / А.Б. Чебанов, С.В. Адамова, Н.И. Стручаев, Ю.В. Чебанова // Вестник аграрной науки Дона. 2023. – Т. 16. № 4 (64). – С. 48–58.

СПОСОБЫ СОКРАЩЕНИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ МЕТАНА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ НАВОЗА НА ФЕРМАХ И КОМПЛЕКСАХ

Швед¹ И.М., Швед² К.И., студент Курмыса¹ М.А., студент

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,

²Белорусский государственный университет, г. Минск

На животноводческих фермах и комплексах в сутки накапливается большое количество навоза (не менее 100 т). Навоз является значительным источником выбросов парниковых газов и представляет угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Он относится к III и IV классу опасности [1, 2], а следовательно необходимо обеспечить соответствующее его хранение, а затем переработку и использование в качестве удобрения, выполняя требования по защите окружающей среды от вредного воздействия на водно-воздушный бассейн.

Навоз и навозные стоки являются продуктом жизнедеятельности животных и представляют собой смесь отходов животноводства, подстилки и других материалов, которые на фермах хранятся в больших объемах перед тем, как будет осуществлено их внесение на поля в качестве органического удобрения.

Хранение навоза в больших объемах приводит к выделению неприятных запахов и вредных газов, таких как аммиак, сероводород и летучих органических соединений, которые могут привести к заболеваниям, как животных, так и человека.

Основными факторами, влияющими на выделение вредных газов, является общее количество убранного из животноводческих помещений навоза и его доля, подвергающаяся анаэробному разложению. Количество убранного из животноводческих помещений навоза зависит от количества животных.

Возможности сокращения выделения газов в атмосферу могут быть различные. При этом они определяются техническими и экономическими возможностями сельскохозяйственных организаций. Так выделяемый при хранении навоза метан можно отнести к числу не только парниковых газов, но и к числу загрязняющих веществ, что в свою очередь приводит к строгому соблюдению зоотехнических требований при переработке и использовании органических удобрений, и соблюдении норм при строительстве накопителей и хранилищ для навоза (в особенности для хранения жидкого и полужидкого навоза). К возможностям сокращения выделения метана в окружающую среду можно отнести следующие мероприятия:

- совершенствование методов использования навоза;
- повышение энергоэффективности, хранящегося на животноводческих фермах и комплексах в больших количествах навоза;
- использование специальных конструкций, оборудования и устройств, снижающих выделение метана в окружающую среду.

Одним из совершенствований методов использования навоза можно назвать переработку его в качестве подстилки. Использование переработанного навоза в качестве подстилки позволяет снизить до минимума риск заболеваний у животных благодаря отсутствию в подстилке патогенной микрофлоры, которая уничтожается благодаря досушиванию твердой фракции навоза при высокой температуре в сушильных барабанах.

Также сократить выделение газов в окружающую среду можно при помощи компостирования навоза. Компостирование – это процесс разложения органических материалов в стабильную, богатую питательными веществами почвенную добавку. При этом компостирование навоза позволяет уменьшить объем отходов на фермах, улучшить состояние почвы, так как после компостирования получается высококачественное органическое удобрение и сократить выбросы парниковых газов за счет улавливания и окисления метана в процессе компостирования.

Повышение энергоэффективности в животноводческой отрасли можно добиться, преобразовывая метан из навоза в биогаз, который может быть использован в качестве

источника энергии или топлива. Основным преимуществом такого использования навоза является то, что сырье для биогазовых установок находится в легкой доступности и практически в неограниченном количестве.

Поскольку потребность в правильном хранении навоза регламентировано требованиями, то снизить загрязнение грунтовых вод и выделение метана в атмосферу возможно использованием специальных хранилищ (рис. 1). Использование специальных хранилищ широко применяется в настоящее время. Они позволяют уменьшить выделение газов в окружающую среду. В настоящее время применяются навозохранилища с использованием жесткой крыши, кровли или навеса. Основным недостатком данного способа хранения навоза является то, что применимость его в современных навозохранилищах ограничена имеющимися возможностями для реконструкции.

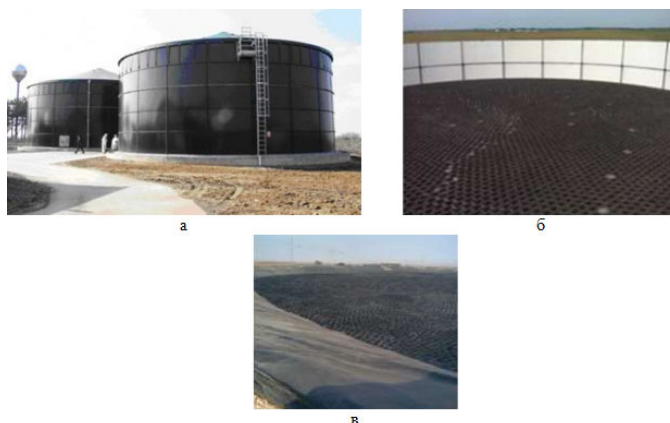


Рисунок 1 – Емкости для хранения навоза:

а – закрытое навозохранилище, б – открытое навозохранилище с плавающим покрытием,
в – заглубленное навозохранилище (лагуна) с плавающим покрытием

Для сельскохозяйственных организаций, которым не требуется частое перемешивание хранящейся навозной массы, может быть пригоден способ образования поверхностной корки, которая будет препятствовать выделению газов в атмосферу. В противном же случае, довести хранящуюся навозную массу до однородного состояния во всем объеме навозохранилища будет практически невозможно.

Поэтому в навозохранилищах с небольшой площадью контакта поверхности с окружающей средой возможно использование различных плавающих покрытий [3]: геотекстиль, пластиковые элементы и другой материал.

Одной из разновидностей такого плавающего покрытия являются плитки (рис. 2), изготовленные из переработанного полипропилена, которые устойчивы к любым климатическим изменениям.



Рисунок 2 – Защитное плавающее покрытие

Основным преимуществом таких покрытий является то, что они легко и быстро устанавливаются как в пустые, так и заполненные навозохранилища любой конструкции (не требует опорожнения резервуара). Оно саморегулируется по уровню наполнения навозной массы при ее повышении и понижении. Данное покрытие способно снизить последствия от выделения, испарения неприятных запахов, а также уменьшить потери тепла в процессе хранения навоза.

Основным недостатком плавающих покрытий является то, что их трудно применить в емкостях, имеющих высокие стенки, из-за постоянных перемещений в вертикальной плоскости, при заполнении или опорожнении навозохранилища.

Таким образом, использование различных способов сокращения выделения вредных газов в окружающую среду может существенно улучшить экологическую обстановку вокруг ферм и комплексов. Способы хранения и переработки навоза будут зависеть от конкретных условий сложившихся на ферме, на основе тщательно проведенной технико-экономической оценки навозохранилищ с учетом сохранения качественных показателей навоза и соблюдения экологической безопасности.

Литература

1. Брюханов, А.Ю. Экологическое состояние животноводства и птицеводства Ленинградской области / А.Ю. Брюханов, Е.В. Шалавина, Е.А. Воробьева, Н.С. Васильева, В.Б. Минин // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства – 2019. – № 3 (100). – С. 122–128.
2. Комарова, Е.В. Современные проблемы применения отходов животноводства в качестве удобрения: анализ правового поля / Е.В. Комарова, А.В. Слабунова // Экология и водное хозяйство – 2021. – Т.3. – № 4. – С. 27–45.
3. Szogi, A.A. Reduction of ammonia emissions from swine lagoons using alternative wastewater treatment technologies / A. A. Szogi, M.B. Vanotti // Workshop on Agricultural Air Quality: workshop materials, Washington DC, 5–8 June 2006. – Washington DC, 2006. – P. 1155–1160.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ К СКАРМЛИВАНИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ЖИВОТНЫМ

Брусенков А.В., к.т.н.

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов

Укрепление кормовой базы – это не только увеличение производства разнообразных кормов, но и применение новейших технологических способов их заготовки и приготовления, способствующих главным образом усвояемости животными питательных веществ и обеспечивающих этим их рациональное использование. При небрежной заготовке и неправильном хранении кормов потери питательных веществ в них достигает 30%, а в отдельных случаях и 50% к первоначальному содержанию [1].

Из всех корнеплодов в нашей стране наибольшие посевы приходятся на сахарную свеклу. Сахарная свекла – это ценный высокоэнергетический компонент рациона, позволяющий при правильной технологии ее подготовки к скармливанию в соответствии с зоотехническими требованиями повысить продуктивность сельскохозяйственных животных. Однако избыточное ее потребление может вызвать депрессию пищеварения, а содержание в ботве щавелевой кислоты и в корнях – сапонина, нитратов и других специфических веществ, отрицательно влияет на физиологическое состояние животных. Как правило, корни сахарной свеклы сельскохозяйственным животным скармливают сырыми как целыми, так и резанными, вареными, пропаренными. Перед любым способом подготовки сахарную свеклу обязательно моют или подвергают сухой очистке.

Значительный резерв повышения эффективности использования корнеплодов, особенно сахарной свеклы и моркови, ликвидации их сезонного скармливания, а также снижения потерь в процессе хранения – применение новых технологий их переработки (высокотемпературная сушка, химическое консервирование, силосование и другие).

Высокотемпературная сушка свеклы повышает концентрацию в ней питательных веществ по сравнению с исходным сырьем в 4...5 раз, что значительно облегчает складирование, транспортировку, хранение, процесс смешивания этого компонента с другими кормами. Свекольную муку можно хранить с минимальными потерями длительное

время (годами), что позволяет создавать необходимые запасы этого высокоэнергетического углеводистого корма. Влажность свекольной муки при этом должна находиться в пределах 10...12% – при более высокой влажности продукт плохо сохраняется, а пересушивание приводит к чрезмерному расходу горючего и распылению части продукта при измельчении ломтиков.

Мука из сахарной свеклы имеет высокую кормовую ценность, стабильно сохраняет свой химический состав при минимальных потерях питательных веществ. Так, потери сахара за 7-месячное хранение составляют лишь 1...1,5% от его исходного содержания. Поскольку сушеная свекла гигроскопична, то основное условие ее высокой сохранности – предохранение от сырости. При хранении муки в бумажных и хлопчатобумажных мешках в условиях складского помещения влажность ее повышается с 10 до 17 %, в результате она слеживается, образуются комки, а следовательно, часть продукта теряется. Лучше сушеную свеклу упаковывать в мешки из полиэтиленовой пленки и хранить в складе при температуре (в зимний период) от минус 3 до минус 10°C и относительной влажности воздуха 70...75%.

Сушеная свекла в связи с высокой концентрацией в ней энергии служит хорошим заменителем зерна в полнорационных смесях для свиней. Замена 20% комбикорма свекольной мукой в рационе подсвинков па откорме повышает переваримость питательных веществ и использование азота корма в теле на 10% по сравнению с чисто концентратным рационом.

Замена 20% комбикорма сушеной свеклой в рационе телок в возрасте 3...7 месяцев повышает сахаро-протеиновое отношение их рациона с 0,75 до 1,21, а в возрасте 7...11 месяцев – соответственно с 0,60 до 1,50. Такая замена способствует хорошему развитию животных, закладывает потенциальную основу их высокой будущей молочной продуктивности.

Свекольную муку используют при производстве полнорационных гранулированных и брикетированных смесей с высоким содержанием отходов полеводства, в частности соломы (от 30 до 70%). Добавка 6...8% (по массе) муки не только повышает питательные и вкусовые качества корма, но и улучшает технологичность процесса уплотнения кормосмесей.

Химическое консервирование сахарной свеклы является эффективным приемом снижения потерь при силосовании свеклы и уменьшения кислотности полученного корма. В качестве консервантов используют бензойную кислоту и бензонат натрия в дозе 0,2% к массе свеклы, нитрит натрия в этой же дозе, а также органические кислоты – пропионовую, муравьиную и их смеси (1:1) в дозе 1%. Консерванты в указанных дозах вносят в предварительно вымытую и измельченную свеклу с последующей герметизацией хранилища. Поскольку внесение консервантов ускоряет процесс подкисления силосуемой массы и снижает интенсивность кислотообразования, то потери органического вещества в консервируемой свекле снижаются до 8...10%, а содержание молочной кислоты увеличивается до 80...90%.

В связи с тем, что к весне в сахарной свекле, хранившейся в буртах, теряется значительная часть наиболее легкопереваримых питательных веществ, целесообразно часть корнеплодов силосовать. Это позволяет до 8...10 % снизить потери сухого вещества, до 4...5% – протеина, в то время как в буртах эти потери составляют к весне соответственно 25 и 15...20%. Так как свекла представляет собой углеводистый корм высокой влажности, при силосовании в чистом виде бурно сбраживает с образованием большого количества спирта, то это увеличивает потери органического вещества и способствует перекислению корма в результате накопления в нем большого количества уксусной кислоты. Поэтому свеклу силосуют не в чистом виде, а в смеси с сухими и трудносилосующимися кормами – в измельченном виде силосуют для крупного рогатого скота в смеси с соломой, для свиней – с сенной сечкой, мукой или тухлой. Это позволяет получить силос с хорошим запахом, но при этом теряется много питательных веществ. Сок, выделяющийся из сахарной свеклы при ее силосовании, содержит гораздо больше сухого вещества, чем сок кормовой свеклы, кукурузы и других культур. Обычно сок сахарной свеклы содержит 15...16% сухого

вещества, причем это сухое вещество в основном состоит из сахара. Ясно, что утрата такого сока или сбраживание его сахара связано со значительными потерями. Добавление гуменного корма не спасает дела, сок не успевает впитываться.

При силосовании свеклы в виде мезги сокращаются потери от «угара»: в среднем они составляют 10,4%, а при силосовании в виде резки – 14,2% [2]. Преимущество силосованной свеклы заключается в том, что в данном процессе разрушаются содержащиеся в свекле нитриты, которые оказывают отрицательное влияние на физиологическое состояние животных и могут даже вызвать их отравление.

Например, во Всесоюзном НИИ кормов имени В.Р. Вильямса боролись с вытеканием сока не крупным измельчением или силосованием целых корней, а, наоборот, путем наиболее тонкого измельчения [2]. При превращении сахарной свеклы в пасту или мезгу она укладывалась гораздо плотнее, через такую массу сок протекал хуже. Главное же было в том, что корни сахарной свеклы содержат большое количество пектиновых веществ и благодаря им и сахару в начале подкисления сок превращался в нетекучее желе. Это позволяло извлекать массу лопатой, совершенно не теряя сока. Однако такой силос хорошо поедался и усваивался только свиньями.

Делались попытки силосовать сахарную свеклу без измельчения. Корни закладывали в силосные ямы, сверху укрывали хорошо уплотненной ботвой слоем 40...50 см, а затем слоем глины. В таких условиях кислород воздуха, оставшийся между корнями, быстро расходуется на дыхание, корни успешно заквашиваются и сохраняются. При указанном способе силосования стекание сока хотя и уменьшается, но все же происходит.

Каждая из представленных технологий подготовки корней сахарной свеклы к скармливанию животным имеет свои как положительные, так и отрицательные моменты. Совершенствование существующих технологий путем модернизации, по сравнению с созданием новых машин, является более экономичным мероприятием, позволяющим повысить их технический уровень с минимальными финансовыми затратами.

Литература

1. Сечкин, В.С. Технология приготовления кормов на молочных фермах и комплексах / В.С. Сечкин, В.П. Белов, Л.Г. Тарасов. – Лениздат, 1977. – 181с.
2. Зафрен, С.Я. Технология приготовления кормов. – М.: Колос, 1977. – 239с.

УДК 631.3.072.32: 631.3-1/-9

РАСЧЕТ ДЛИНЫ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО КАРДАННОГО ВАЛА ДЛЯ ПРИВОДА НАВЕСНОЙ УСТАНОВКИ

Петрашев А.И., д.т.н., доцент

Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов

Привод рабочих механизмов на прицепных сельскохозяйственных машинах осуществляется от вала отбора мощности (ВОМ) трактора с помощью достаточно длинного телескопического карданного вала (КВ). При работе его вертикальный и боковой углы отклонения от оси ВОМ меняются не существенно. В навесных машинах применяют более короткий телескопический КВ для соединения ВОМ трактора с валом приема мощности (ВПМ) машины. При подъеме машины величина вертикального угла отклонения КВ меняется значительно, а боковой угол отклонения остается практически постоянным. Взаимосвязь между рабочим, боковым и вертикальным углами отклонения КВ от оси ВОМ представлена формулой:

$$\alpha \approx \sqrt{\beta^2 + \gamma^2}, \quad (1)$$

где α – рабочий угол отклонения КВ, рад (градус); β – вертикальный угол отклонения КВ, рад (градус); γ – угол бокового отклонения КВ, рад (градус).

Формула (1) действительна для рабочего угла α в диапазоне от 0° до 22° с точностью до 5 % [1]. Рассмотрим взаимосвязь длины телескопического КВ с параметрами навески трактора и параметрами навесной машины на примере навесной компрессорной установки (рисунок 1).

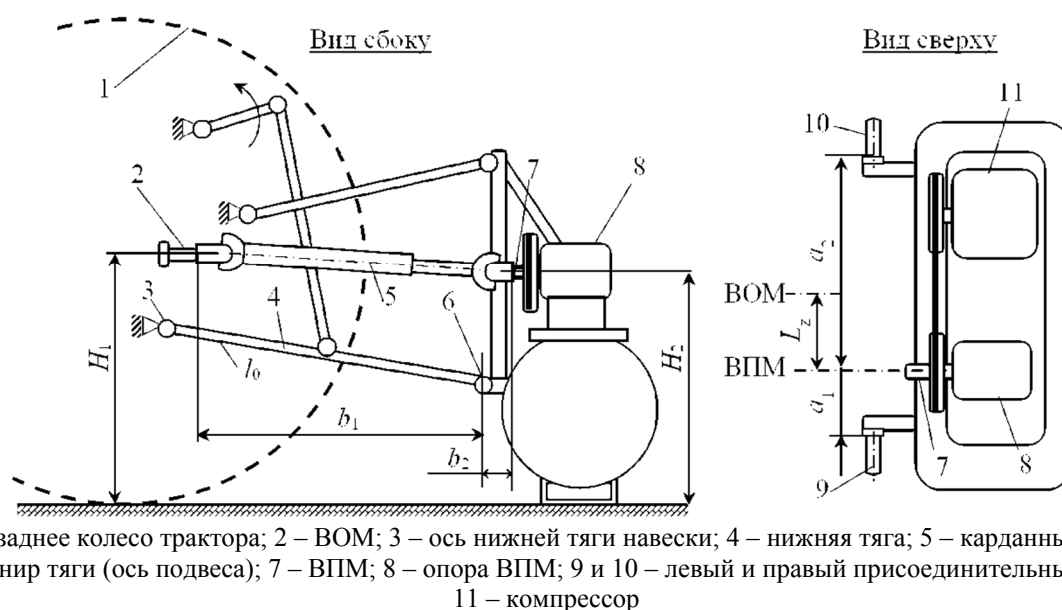


Рисунок 1 – Схема навески трактора с навесной компрессорной установкой

При размещении трактора и навесной установки на площадке, расчетная длина L_p телескопического КВ (по центрам шарниров) составит:

$$L_p = \sqrt{L_x^2 + L_y^2 + L_z^2}. \quad (2)$$

где L_x – длина горизонтальной проекции КВ; L_y и L_z – соответственно, вертикальное и боковое смещение ВПМ относительно ВОМ.

Значения длин проекции и смещений КВ рассчитываются по формулам:

$$L_x = b_1 + b_2 - l_b, \quad L_y = H_2 - H_1, \quad L_z = 0,5(a_2 - a_1). \quad (3)$$

где b_1 – расстояние от торца ВОМ до шарнира 6 тяги навески; b_2 – расстояние от торца ВПМ до оси 6 подвеса; l_b – длина посадочной вилки карданного шарнира; H_1 , H_2 – высота осей ВОМ и ВПМ относительно площадки; a_1 и a_2 – длины горизонтальных проекций, измеренных от оси ВПМ до заплечиков, соответственно, левого 9 и правого 10 присоединительных пальцев.

Введем параметры из формул (3) в выражение (2) для расчета рабочей длины КВ по центрам шарниров:

$$L_p = \sqrt{(b_1 + b_2 - l_b)^2 + (H_2 - H_1)^2 + 0,25(a_2 - a_1)^2}. \quad (4)$$

Минимальная расчетная длина КВ, при которой им можно соединить ВПМ установки с ВОМ трактора, должна быть меньше рабочей длины, рассчитанной по формуле (4), на длину l_b посадочной вилки:

$$L_{p.min} = L_p - l_b.$$

Фактическая минимальная длина $L_{ф.min}$ КВ по центрам шарниров может быть меньше расчетной $L_{p.min}$:

$$L_{ф.min} \leq L_p - l_b. \quad (5)$$

Если минимальная длина имеющегося КВ больше величины, которую дает расчет по формуле (5), то следует продолжить поиск подходящего КВ меньшей длины или путем ремонтных воздействий уменьшить его до нужного размера. В противном случае соединение ВОМ с ВПМ не осуществимо.

Расчетная максимальная длина $L_{p.max}$ по центрам шарниров раздвинутого КВ с учетом перекрытия телескопического соединения:

$$L_{p.max} = L_p + \Delta L_n,$$

где ΔL_n – гарантированная величина перекрытия телескопического соединения КВ, $\Delta L_n \cong 100$ мм.

Фактическая максимальная длина КВ может быть больше расчетной:

$$L_{ф.max} \geq L_p + \Delta L_n. \quad (6)$$

Таким образом, выбор длины телескопического КВ определяется параметрами, приведенными в формуле (4) с учетом условий (5) и (8).

Для трактора МТЗ-80 высота расположения оси хвостовика ВОМ относительно опорной поверхности: $H_1 = 670$ мм. Расстояние от торца хвостовика ВОМ до оси шарнира: $b_1 = 661$ мм [2, 3]. Длина нижней тяги задней навески: $l_0 = 885$ мм. При проектировании навесной компрессорной установки НКУ-50 [4, 5] получены численные значения параметров: высота оси ВПМ: $H_2 = 530$ мм; расстояние от торца ВПМ до оси подвеса: $b_2 = 80$ мм; длины горизонтальных проекций $a_1 = 305$ мм, $a_2 = 525$ мм. Для привода компрессора выбран телескопический КВ типа К-016 с номинальным крутящим моментом 160 Н·м. Длина посадочной вилки карданного шарнира $l_b = 110$ мм.

Указанные значения параметров трактора и навесной установки использованы в расчетах длины КВ по центрам шарниров. По формуле (4) рассчитана рабочая длина КВ: $L_p = 656$ мм; по формуле (5) – минимальная длина вала: $L_{p.min} = 546$ мм; по формуле (6) – максимальная длина вала: $L_{p.max} = 756$ мм.

Из каталога продукции завода АО «Аксайкардандеталь» [6] выбран телескопический КВ типа 01.016.6000-07.04 с шарниром КШ-160. Длина вала по центрам шарниров может изменяться от 510 до 760 мм и соответствует искомой длине вала для привода навесного компрессора. Вал обеспечивают передачу крутящего момента на 160 Н·м с частотой вращения до 1000 об/мин и рабочими углами отклонения до 22°. При транспортировке машин в поднятом положении без вращения КВ, его рабочий угол отклонения может быть увеличен до 55°.

На рисунке 2 показано использование выбранного КВ в приводе компрессорной установки НКУ-50, навешенной на трактор МТЗ-80. Измеренная рабочая длина КВ по центрам шарниров ($L_{из.} = 664$ мм), оказалась близка к расчётной длине ($L_p = 656$ мм).



Рисунок 2 – Карданный вал в приводе навесной компрессорной установки

Сходимость расчетных и фактических результатов подтверждена практическая ценность предложенного метода расчета длины карданного вала на стадии проектирования навесных машин.

Литература

1. Петрашев А.И. Карданный вал в приводе навесного оборудования с боковым смещением вала приема мощности // Техника и оборудование для села. 2023. № 5 (311). С. 10-15.
2. Ксенович И.П., Амелеченко П.А., Степанюк П.Н. Тракторы МТЗ-80 и их модификации. М.: Агропромиздат, 1991. 397 с.
3. Беларусь 80.1/82.1/820 Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. URL: <https://mtz.ru/novosti/13-rukovodstva/48-belarus-80-1-82-1-820-rukovodstvo-po-ekspluatatsii> (дата обращения 24.09.2024).
4. Навесной агрегат для консервации аграрной техники при пониженных температурах / А.М. Губашева, А.И. Петрашев, Л.Г. Князева, А.Н. Зазуля // Наука в центральной России. 2017. № 1 (25). С. 43-54.
5. Навесной консервационный агрегат: патент 2792553 РФ / Петрашев А.И. Заявка № 2022118132 от 01.07.2022; опубл. 22.03.2023. Бюл. № 9.
6. АО «Аксайкарддеталь». Карданные валы. [Электронный ресурс]. URL: <http://new.kardandetal.ru/> (дата обращения 24.09.2024).

УДК 631.358:633.521

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА С ДЕЛИТЕЛЕМ

Радишевский Г.А., к.т.н., доцент, **Гурнович Н.П.**, к.т.н., доцент
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Лен-долгунец является одной из важнейших технических культур, используемых в Республике Беларусь. В настоящее время значения льна как возобновляемого источника натурального текстильного сырья возросло из-за снижения поставок хлопка и первую очередь диктуется необходимостью удовлетворения текстильных предприятий конкурентоспособным отечественным сырьем.

Лен-долгунец, как техническая культура, дает три вида ценнейшего сырья; волокно, семена и костра. В последние годы посевные площади льна-долгунца составляют в среднем 41,16...48,77 тыс. га при средней урожайности волокна 8,6...10,2 ц/га 3,2...4,3 ц/га семян [1].

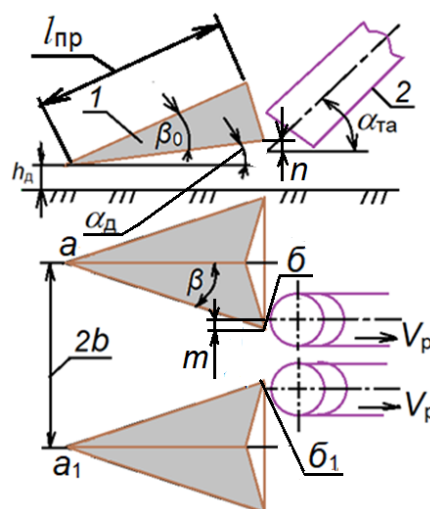
Наиболее трудоемким и затратным процессом в производстве льна является уборка, на долю которой в зависимости от принятой технологии приходится 65...80 % затрат труда, 55...75 % денежных средств и до 40 % затрат энергии [2]. На качество получения льноволокна в технологии возделывания льна влияет очес (отделение коробочек) льна от стеблей. Используемые в настоящее время очесывающие устройства согласно

агротехническим требованиям должны обеспечивать отход в путанину стеблей не более 3% и повреждения стеблей в виде изломов не более 5 % [3].

И одним из рабочих органов, влияющих на качество и надежность выполнения технологического процесса последующими рабочими органами являются делители, которые предназначены для отделения стеблей льна от массы, разделения стеблей на более узкие полосы и также подведения в зону захвата их ремнями теребильного аппарата.

Кроме того, делители при подводе к теребильному аппарату должны обеспечить предварительное нарушение механических связей, возникающих в верхушечной части растений в процессе вегетации, что способствует уменьшению излома стеблей льна при отделении коробочек.

В настоящее время используются пассивные, полуактивные и активные делители. На льноуборочных машинах наиболее широкое распространение получили пассивные делители (рисунок 1, а), которые носками a и a_1 (рисунок 1, б), входят в стеблестой и рабочими кромками $a-b$ и a_1-b_1 отклоняют стебли к средней части подавая их в теребильный аппарат. При скольжении стеблей льна вдоль прутков возникает сила трения и с целью обеспечения перемещения стеблей к теребильному аппарату без сгруживания необходимо чтобы угол установки прутка (β) был меньше угла трения стеблей по делителю. Тогда при $\alpha_d > \alpha_{кр}$ стебель будет скользить по кромке делителя AB в направлении теребильного аппарата (рисунок 1, б). В существующих льноуборочных машинах угол установки прутка $\beta = 9,0 \dots 11,5^\circ$ [4].



а

б

Рисунок 1- Делители льноуборочных машин:

а – вид общий; б – схема к определению параметров; 1 – делитель; 2 – аппарат теребильный

С целью снижения взаимодействия стеблей льна с прутком делителя и нарушение механических связей, возникающих в верхушечной части растений в процессе вегетации ряд авторов, рекомендуют использовать делители, у которых прутки совершают колебательное движение с помощью вибраторов [5]. Воздействие активных прутков наиболее эффективно на верхушечные части стеблей. Однако применение виброактивных прутков делителя сложно выполнимо конструктивно и будет вызывать вибрации машины.

Наиболее эффективным способом нарушения связей между стеблями является применение делителей, у которых поверхность делителей выполнена ступенчато (рисунок 2).

При использовании предлагаемой формы рабочей грани делителя стебли льна будут совершать гармонические колебания в двух плоскостях: по нормали к поверхности выступа и по касательной вдоль прутка делителя. Это будет способствовать нарушению связей в верхушечной части подводимых растений льна.

При этом при перемещении стеблей льна по делителю повреждение стеблей будет минимальным, что не будет существенно влиять на выход качество льноволокна.

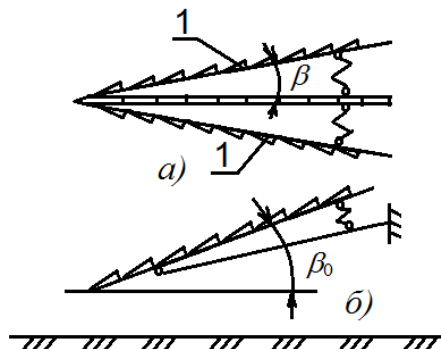


Рисунок 2 – Предлагаемая форма делителя:
а – вид сверху; б – вид сбоку; 1 делители; β и β_0 – углы установки делителей

Литература

1. Ростовцев Р.А. Теоретическое обоснование и расчет рабочих органов машин для уборки льна-долгунца и приготовление тресты: монография / Р.А. Ростовцев. Тверь: Агросфера, 2009. – 157 с.
2. ГОСТ 33734-2016. Техника сельскохозяйственная. Комбайны и машины для уборки льна. Методы испытаний. Москва: Стандартинформ, 2009. – 50 с.
3. Хайліс Г.А. Основи теорії і розрахунку сільськогосподарських машин: Навч. Посібник. – Київ: Вид-во УСГА, 1992.-240 с.
4. Хайлис Г.А. Анализ работы делителей уборочных машин. – Тр. ЛСХА, вып. 156. – Елгава, 1978. – С. 8-19.

УДК 663.31.031.32-027.33 (043.3)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЯБЛОЧНЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ

Балбуцкая Е.П., к.т.н.

НПЦ НАН Беларуси по продовольствию, г. Минск

Проблема переработки отходов производства является одной из важных и актуальных для всего современного мира. На предприятиях первичного виноделия образуется довольно большое количество отходов, которые имеют промышленно-хозяйственное значение и могут быть использованы в качестве вторичных сырьевых ресурсов, позволяя в полном объеме задействовать потенциал исходного фруктового сырья.

Приоритетным направлением развития винодельческой отрасли в Республике Беларусь является производство фруктовых дистилятов, которое основывается на максимально полном использовании белорусского фруктового сырья с минимальным образованием отходов, а также с применением современных ресурсосберегающих технологий.

Была разработана технология производства яблочных дистилятов с использованием в качестве вторичных сырьевых ресурсов яблочных выжимок и спиртосодержащих фракций фруктовой дистиляции, что является перспективным инновационным решением, ориентированным на повышение выхода конечной продукции с одновременным снижением количества образующихся отходов виноделия [1].

Технологическую эффективность разработанной технологии оценивали в пересчете на 1 т яблочного сырья путем сравнительного анализа разработанной комплексной технологии производства яблочных дистиллятов с применением вторичных сырьевых ресурсов с действующей технологией производства яблочных (молодых кальвадосных) дистиллятов на УП «Иловское» по результатам опытно-промышленных испытаний.

При оценке технологической эффективности учитывали:

- фактические предельно допустимые потери сырья при переработке, технологических операциях, переливках и перемещениях, образованные с учетом имеющегося производственного оборудования;

– 71,4 – объемная доля этилового спирта промежуточной фракции яблочного дистиллята для изготовления яблочного сусла, %;

– 10,0 – объемная доля этилового спирта яблочных виноматериалов, %;

– 75,6 – массовая концентрация сахаров яблочного сока прямого отжима, г/дм³;

– 42,6 – массовая концентрация сахаров сока диффузионного сока, г/дм³;

На основании полученных данных проведена оценка технологической эффективности производства яблочного дистиллята по разработанной технологии по сравнению с действующей технологией производства яблочного (молодого кальвадосного) дистиллята на УП «Иловское»:

– сокращено количество головной фракции, используемой на технические цели, на 77 %;

– увеличен выход яблочного дистиллята на 26 %;

– увеличен выход яблочного дистиллята совместно с промежуточной фракцией яблочного дистиллята из 1 т яблок на 30 %;

– отношение суммарных (нецелевых) потерь безводного этилового спирта к выходу безводного спирта в виде яблочного дистиллята и промежуточной фракции яблочного дистиллята сократилось с 14,74 % до 11,01 % или на 34 %.

Разработанные технологические режимы по использованию вторичных сырьевых ресурсов и сокращению потерь безводного спирта в рамках разработанной технологии обеспечили повышение выхода яблочного дистиллята в количестве с 65 % до 85 % и снижение потерь безводного спирта при перегонке с 5,1 % до 4,8 % от количества безводного спирта виноматериалов, поступивших на перегонку.

Литература

1. Кулагова, Е.П., Технология производства яблочных дистиллятов с использованием вторичных сырьевых ресурсов виноделия : автореф. дис. канд. техн. наук : 07.07.22 / Е.П. Кулагова ; РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию». – Минск, 2022. – 21 с.

УДК 514.182.7

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ С РАЗРАБОТКОЙ СФЕРИЧЕСКОГО ВЫРЕЗНОГО ДИСКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПРОГРАММЫ

Пыхтеева И.В., к.т.н.

Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь

Принятые в настоящее время технологии обработки сельскохозяйственных культур основаны на многократных проходах все более тяжелых машинно-тракторных агрегатов. Это приводит к тому, что наблюдается все большее распыление верхнего и нижнего уплотнения слоев почвы. Вследствие этого расширяются зоны ветровой, водной и механической эрозии, снижается эффективность внесенных удобрений и урожайность культур. Поэтому современные тенденции [1, 2] развития почвообрабатывающих и посевных машин определяются главным образом экологическими требованиями по защите почвы от чрезмерной техногенной нагрузки.

Многообещающие альтернативы сельскому хозяйству включают модели агрегатов, основанные на глубоком понимании процессов, происходящих в природе, направленные на улучшение структуры почвы, воспроизводство ее естественного плодородия и создание устойчивых агроландшафтов. Каждая из моделей бороны бесспорно далека от абсолютизации, имеет свои преимущества и недостатки, эффективна в конкретных почвенно-климатических условиях и нуждается в соответствующем техническом обеспечении новыми сельскохозяйственными орудиями, которых в недалеком прошлом отечественные машиностроительные заводы сельскохозяйственного профиля не производили. Сферический вырезной диск тип БДТ-7 направлен обрабатывать землю на глубину 8 см, что очень эффективно влияет на плодородие почвы.

К входным данным относятся: диаметр диска D ; k -коэффициент пропорциональности; a -глубина обработки; α -угол установки дисков, образующийся плоскостью вращения дисков с направлением движения орудия; толщина дисков; радиус кривизны рабочей поверхности диска; расстояние между смежными дисками b [1]. Следует отметить, что диаметр диска рассчитывается исходя из заданной глубины обработки и коэффициента пропорциональности, а между диаметром диска d , расстоянием между смежными дисками b , углом установки α и высотой гребня c существует зависимость для вертикальных дисков[3].

Фрагмент блока программы, отвечающий за построение трехмерной модели[4]:

```
Variant(swdoc).ShowNamedView2('*Триметрия', 8);
Variant(swdoc).Extension.SelectByID2('Line5@Эскиз1', 'EXTSKETCHSEGMENT',
0.269602525164891, -0.100128442902746, 0, True, 0, N, 0);
Variant(swdoc).ClearSelection2(True);
Variant(swdoc).Extension.SelectByID2('Эскиз1', 'SKETCH', 0, 0, 0, False, 0, N, 0);
Variant(swdoc).Extension.SelectByID2('Line5@Эскиз1', 'EXTSKETCHSEGMENT',
0.269602525164891, -0.100128442902746, 0, True, 16, N, 0);
Variant(swdoc).FeatureManager.FeatureRevolve2(True, True, False, False, False, False, 0,
0, 6.2831853071796, 0, False, False, 0.01, 0.01, 0, 0, 0, True, True, True);
Variant(swdoc).SelectionManager.EnableContourSelection := False;
```

...

1 Запускаем SolidWorks.

2 Запускаем программное приложение.

3 В рабочее окно программы вводим параметры диска, что необходимо построить (рис. 1)

4 Нажимаем кнопку «выполнить построение».

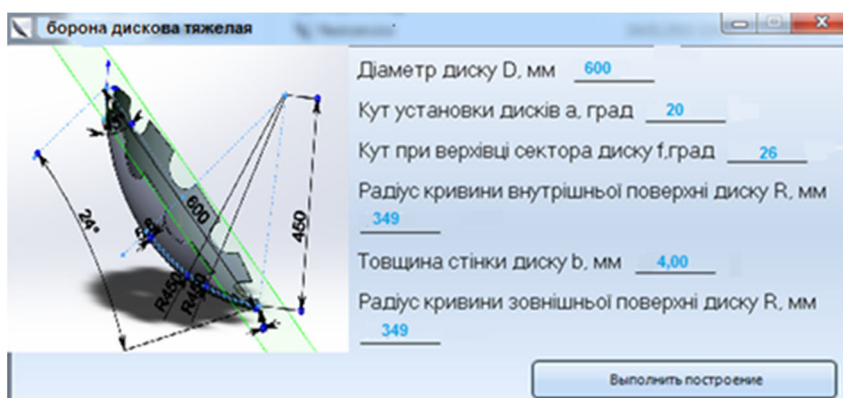


Рисунок 1 – Рабочее окно приложения.

5 После нажатия кнопки "выполнить построение", в графической области начинается построение рабочей поверхности диска:

- считываются из формы исходные данные и определяется версия SolidWorks (английский или русский);

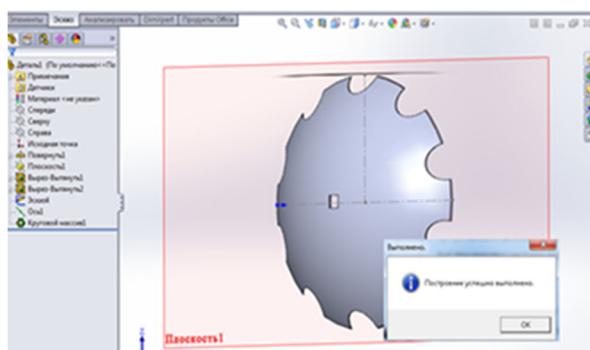


Рисунок 2 – Трехмерная модель.

- создается новый файл и подключаются необходимые модули;
- выполняется построение профиля вращения и вспомогательных элементов;
- выполняется построение трехмерной модели;
- выполняется построение вспомогательных плоскостей и отверстий.

6 В графическую часть выводится трехмерная модель, являющаяся результатом работы программы;

7 Выводится окно с сообщением об успешной сборке (рис. 2);

8 Выводятся данные относительно типа почвы, которую можно обрабатывать именно построенным диском, а также характеристики обработки почвы (рис. 3).

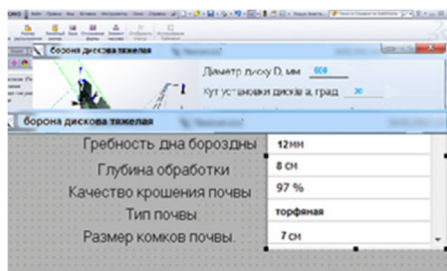


Рисунок 3– Вывод справочной информации.

Была поставлена задача разработать специализированную программу автоматизированного проектирования сферического вырезного диска. Для решения поставленной задачи и уменьшения затрат на моделирование детали была создана программа и разработан интерфейс программы, а также дополнительный модуль программы для вывода информации о смоделированном диске с помощью программы «Delphi7». Данный модуль программы интегрирован в систему проектирования «Solid Works», что позволяет визуально наблюдать изменения в структуре детали при ее перестройке и вносить необходимые при корректировке параметров изменения.

Литература

1. Бойко А. И. Новые конструкции почвообрабатывающих машин и посевных машин/ А.И. Бойко, М. А. Свиреш, С. И. Шмат – К., 2003 – 203с.
2. Быков А. Зачем конструктору интегрированный CAD/CAM - САПР и Графика, № 5, 2005, 52-55 с.
3. Гаврилюк М.М. Техничко-технологическое обеспечение минимизации обработки почвы / М.М. Гаврилюк, В.В. Адамчук, М.И. Грицишин // Вестник аграрной науки. – К., 2008. – №1. 12с.

4. Пыхтеева, И. В. Разработка специализированной управляющей программы при автоматизированном проектировании / И. В. Пыхтеева, В. Н. Журба // Энергосбережение - важнейшее условие инновационного развития АПК : материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 65-летию агроэнергетического факультета и 100-летию И. Ф. Кудрявцева, Минск, 21-22 декабря 2022 г. - Минск: БГАТУ, 2023. - С. 318-321.

УДК 631.358.02:636.085.52

ИЗМЕЛЬЧАЮЩИЕ АППАРАТЫ КОРМОУБОРОЧНЫХ МАШИН

Радишевский Г.А., к.т.н., доцент, **Гурнович Н.П.**, к.т.н., доцент, **Лапо А.А.**, магистрант
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В народно-хозяйственном комплексе Республики Беларусь сельское хозяйство и его важнейшая отрасль – животноводство – занимают особое место, оказывая влияние на развитие отраслей народного хозяйства. В полной мере эти положения относятся и к животноводству – одной из жизненно важных отраслей общественного производства, от уровня и развития которого во многом зависит удовлетворение первоочередных материальных потребностей общества.

В повышении эффективности производства животноводческой продукции ведущая роль принадлежит производству кормов. В структуре себестоимости продукции доля кормов при производстве молока составляет 50–55 %, говядины – 65-70 %, свинины и птицы – 70-80 %. Важная роль в структуре производства сочных кормов отводится сенажу и силосу. Сочные корма содержат питательные легкоусвояемые вещества необходимые для организма жвачных животных и являются своеобразными стимуляторами производства молока коровой. В республике Беларусь для производства силоса и сенажа является кукуруза, производство которого составляет около 20 млн. тонн в год.

Кукуруза является основным растением для получения сенажа и силоса, из-за питательной ценности благодаря изменению морфологических частей растения и увеличению доли початков и массы зерна, растет практически до конца вегетации. Так, в период цветения в 1 кг зеленой массы содержится 1,69 МДж, в фазе молочной спелости зерна — 2,05, молочно-восковой — 2,34, восковой — 2,96 МДж., а стадии молочной спелости 1 кг початков содержит 2,34 МДж, молочно-восковой — 3,65, восковой — 5,64. Кроме того следует отметить, что листостебельная масса кукурузы без початков в фазе восковой спелости состоит в основном из клетчатки с низкой переваримостью которая необходима при кормлении крупного рогатого скота.

Однако качество кормов из измельченных растений зависит от качества измельчения, которое обеспечивается измельчающим аппаратом кормоуборочных машин.

В настоящее время применяются различные по конструктивному исполнению измельчающие аппараты кормоуборочных машин. По конструктивному исполнению измельчающие аппарата можно подразделить на три группы: роторный, дисковый и барабанный (цилиндрический).

Роторный аппарат одновременно измельчением осуществляет и срезание растений. Срезание растений осуществляется с инерционным подпором (рисунок 1, а). Конструкция этого аппарата использовалась в косилке-измельчитель «ПОЛЕСЬЕ 1500» производства ПО «Гомсельмаш» который одновременно с скашиванием обеспечивал измельчение с погрузкой в транспортное средство измельченной массы. Ножи на валу устанавливались шарнирно и благодаря такой конструкции обеспечивали высокую надежность выполнения технологического процесса. Основным недостатком конструкции является низкое качество измельчения (не обеспечивалось постоянство длины резки) и загрязнение корма почвой из-за захвата почвы ножами.

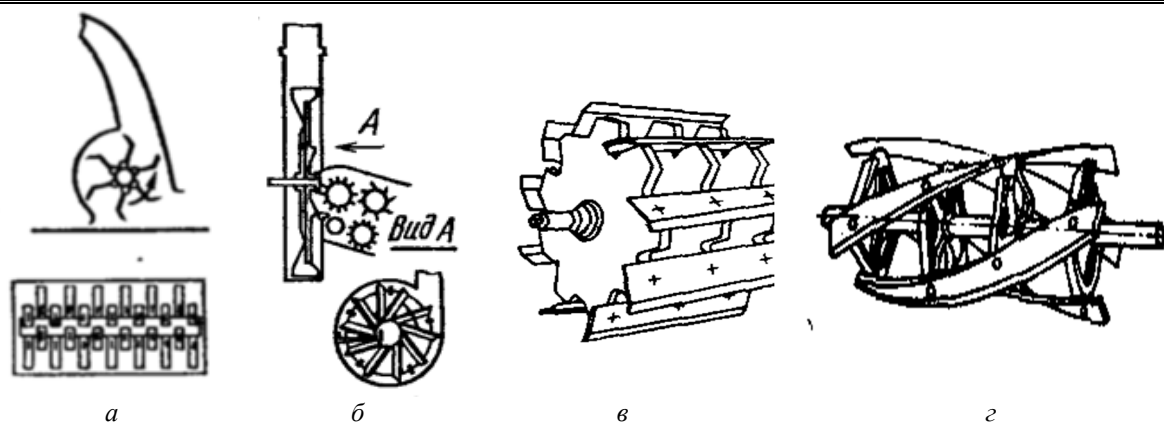


Рисунок 1 – Конструктивные схемы измельчающих аппаратов:

a – роторный; *б* - дисковый; *в* – плоско-ножевой барабанный; *г* – барабанный с винтообразными ножами

Дисковый измельчающий аппарат (рисунок 1, б) обеспечивает подпорное резания с регулируемой длиной резки. Конструкция аппарата используется в полунавесном кормоуборочном КПК-3000» производства ПО «ГОМСЕЛЬМАШ».

В дисковом аппарате ножи, имеют прямолинейную форму, поэтому их несложно изготавливать, регулировать и затачивать. Достоинством измельчающего аппарата является простота конструкции, а недостатком является непостоянство угла защемления зеленой массы между ножом и противорежущей пластиной, что способствует сгуживанию массы у края окна и непостоянство нагрузки в приводе. Для обеспечения транспортирования измельченной массы на диске режущего аппарата установлены швыряющие лопасти.

Наиболее широкое применение получили барабанные (цилиндрические) измельчающие аппараты: плосконожевой (рисунок 1, в) и с винтообразными ножами (рисунок 1, г).

По назначению барабанные аппараты выпускаются в двух вариантах: измельчающе-швыряющие (рисунок 1, в) и измельчающие. Измельчающе-швыряющий аппарат обеспечивает одновременно с измельчением транспортирование массы в транспортное средство. При использовании измельчающего аппарата для транспортирования измельченной массы дополнительно используют доизмельчающее устройство с ускорителем выброса.

Достоинством плосконожевого барабанного измельчающего аппарата по сравнению с дисковым является то, ножи устанавливаются в несколько рядов с перекрытием и углом защемления растений меньше угла трения по лезвию ножа (режим резания с продольным перемещением без скольжения). Недостатком плосконожевого аппарата является неравномерность резания.

Барабанные измельчающие аппараты с винтообразными ножами более эффективны в сравнении с плосконожевыми измельчающими аппаратами, так как в них постоянный угол наклона лезвий, что обеспечивает равномерное резание и энергоемкость процесса измельчения меньшая. Недостатком измельчающих аппаратов с винтообразными ножами является сложность изготовления и заточки и регулировки.

Для обеспечения транспортирования измельченной массы от измельчающего аппарата в транспортное средство в отличие от дисковых необходимо применение швырялки. Применение швырялки усложняет конструкцию, однако дает и ряд преимуществ. Во-первых, упрощается конструкция измельчающего рабочего органа и уменьшается масса барабана, что способствует снижению динамических нагрузок в приводе. Во-вторых, разделение двух процессов, – резания и транспортирования – позволит повысить качество их выполнения. В – третьих, расширяется универсальность за счет использования сменных перфорированных рекаторов применяемых для измельчения зерен кукурузы и также более мелкого измельчения трав при использовании их в качестве добавок при приготовлении кормов для птиц и свиней.

На основании вышеизложенного с учетом тенденций развития конструкций измельчающих аппаратов в кормоуборочных комбайнах целесообразно использовать барабанные с прямолинейными ножами, установленными в несколько рядов ножей в сочетании с швырялкой и с доизмельчающим устройством и ускорителем выброса.

УДК 636.2.082

ВЛИЯНИЕ СОМАТИЧЕСКИХ КЛЕТОК НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ И КАЧЕСТВО МОЛОКА

Костюкевич С.А., к.с.-х. н., доцент, **Кольга Д.Ф.**, к.т.н., доцент, **Чумак Т.М.**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Введение. Для Беларуси высокоразвитое животноводство является основой обеспечения продовольственной безопасности страны, так как в этой отрасли производится более 60% стоимости валовой продукции сельского хозяйства и от ее эффективной работы во многом зависит экономическое благополучие большинства сельскохозяйственных организаций республики. На период до 2025 г. в животноводстве Беларуси основное внимание должно быть уделено использованию ресурсосберегающих технологий и новейших научных разработок, оптимизации ресурсного потенциала отрасли [1, 3].

Соматические клетки – это клетки различных тканей и органов. В частности, из них состоят ткани молочных проходов и альвеол, участвующих в секреции молока. Это клетки цилиндрического, плоского и кубического эпителия молочной железы, лейкоциты, эритроциты. Поэтому соматические клетки, отторгшиеся из секреторной части вымени, постоянно присутствуют в молоке, даже от здоровой коровы.

Установить оптимальное количество соматических клеток в молоке, по которому можно судить о его качестве, очень сложно. Поэтому и не существует точного определенного нормативного количества. Международная молочная федерация рекомендует считать молоко хорошим, если оно содержит не более 500 тыс. единиц в см^3 молока. В странах Европы этот показатель в среднем составляет 300 тыс. единиц в 1 см^3 молока [2].

Основная часть. Целью наших исследований являлось изучение взаимосвязей концентрации соматических клеток на продуктивность коров и качество молока.

Для достижения поставленной цели исследований необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать динамику содержания соматических клеток в молоке коров по периодам лактации;
- определить взаимосвязь концентрации соматических клеток в молоке с удоем, содержанием жира и белка в молоке;
- изучить качество молока в зависимости от содержания в нем соматических клеток.

Для выполнения поставленных задач в СПК «Тишь» Минской области обследовано на заболевание маститом и содержания соматических клеток в молоке 280 коров черно-пестрой породы. Материалы исследований были проанализированы по группам коров в зависимости от стадии лактации, сезона года, заболеваемости маститом по следующим показателям: число соматических клеток в индивидуальных пробах молока на приборе «Somatos-M» – ежемесячно. Содержание белка, жира в молоке на приборе «Лактан» – ежемесячно. Суточный удой определяли по ежемесячным контрольным измерениям. Заболеваемость вымени маститом – ежемесячно. Полученный цифровой материал обрабатывали при помощи компьютерной программы Excel.

Анализ результатов исследований показывает, что с увеличением количества соматических клеток в молоке изменяется его химический состав, меняется и продуктивность животных (таблица 1).

С увеличением числа соматических клеток в молоке до 500 тыс./см³ происходит уменьшение содержания жира и снижение продуктивности соответственно на 0,11 % и 5,26 %, а также увеличение содержания белка на 0,09 %.

При высоком содержании в молоке соматических клеток (1,5 млн./см³ и выше) у коров отмечается значительное снижение среднего суточного удоя на 10,53 %, содержание жира – на 0,39 % и увеличение белка – 0,12 %.

Таблица 1 – Продуктивность коров и состав молока

Показатель	Количество соматических клеток в 1 см ³ , тыс.					
	100	101–200	201–300	301–400	401–500	больше 500
Суточный удой, кг	17,1±1,31	17,1±1,22	17,0±1,51	16,7±1,52	16,2±1,36	15,3±2,10
Содержание жира, %	3,83±0,03	3,85±0,05	3,82±0,10	3,74±0,04	3,72±0,11	3,44±0,13
Содержание белка, %	3,03±0,05	2,99±0,04	2,99±0,07	3,01±0,10	3,11±0,08	3,15±0,08

Примечание: **P < 0,01, ***P < 0,001.

Исследования показали, что состав молока изменяется в зависимости от периода лактации. Так, в начале и середине лактации содержание соматических клеток в молоке имеет равные величины (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание соматических клеток в молоке

Месяц лактации	Число соматических клеток, тыс./см ³	Суточный удой, кг	Содержание жира, %	Содержание белка, %
Второй	218,5±22,4	20,3±2,6	3,98±0,09	2,95±0,04
Пятый	220,3±26,4	17,2±10,8	4,02±0,07	3,01±0,06
Восьмой	551,3±30,6	14,1±1,8	4,31±0,08	3,09±0,05

Однако на восьмом месяце лактации (предзапускной период) в молоке коров отмечается значительное увеличение содержания соматических клеток (более 500 тыс./см³). При естественном снижении суточного удоя к концу лактации в молоке увеличивается содержание жира и белка соответственно на 0,33 и 0,14 %.

Исследования, проведенные на животных разного возраста, показали, что наименьшее количество соматических клеток отмечено у коров-первотелок (93,9 тыс./см³). У коров второго-третьего отела и старше этот показатель увеличивается в 1,5–2 раза соответственно. При этом содержание жира, белка, СОМО и плотность молока практически остаются на одном уровне (таблица 3).

Таблица 3 – Качественные показатели молока

Показатель	Лактация		
	первая	вторая	третья и старше
Суточный удой, кг	17,2±1,32	18,1±1,52	18,0±1,37
Число соматических клеток, тыс./см ³	93,9±17,72	142,5±27,90***	210,2±23,50**
Число соматических клеток, %	100	152	224
Содержание жира, %	3,79±0,46	3,78±0,54	4,03±0,27
Содержание белка, %	2,80±0,04	2,82±0,03	2,8±0,028
СОМО	8,13±0,16	8,17±0,17	8,16±0,10
Плотность, кг/м ³	1,028±0,008	1,028±0,009	1,28±0,003

Помимо ухудшения качественных показателей молока наблюдается снижение продуктивности коров. В молоке значительно уменьшается общее количество сухих веществ, содержание молочного жира, казеина, лактозы, солей кальция, калия, фосфора, витаминов.

Повышенное содержание соматических клеток (640 тыс./см^3) способствует снижению бактерицидной фазы молока с 11,3 часа до 6,5 часа. По окончании бактерицидной фазы начинается быстрое развитие микроорганизмов. Следовательно, с увеличением количества соматических клеток происходит значительное снижение качества молока.

Заключение. Количество соматических клеток в молоке изменяется по месяцам лактации и сезонам года. Отмечена взаимосвязь содержания соматических клеток с продуктивностью коров и заболеванием вымени маститами. С повышением количества соматических клеток до 500 тыс./см^3 удой снижается на 5,26 %, содержание жира в молоке – на 0,11 %. С увеличением возраста коров в лактациях число соматических клеток в молоке достоверно возрастает. Наименьшее количество соматических клеток отмечено у коров первотелок ($93,9 \text{ тыс./см}^3$). У коров второго, третьего отела и старше этот показатель увеличивается до $143\text{--}210 \text{ тыс./см}^3$ соответственно. При повышенном содержании соматических клеток ухудшаются качественные и технологические свойства молока.

Литературы

1. Беларусь в 2022 году нарастила производство молочной продукции [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.dairynews.by>. – Дата доступа: 20.09.2024.
2. Современное состояние и перспективы развития производства молока в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.naviny.by. – Дата доступа: 22.09.2024.
3. Шейко, И. П. Перспективы научной и инновационной деятельности в животноводстве Беларуси / И. П. Шейко // Известия НАН Беларуси, 2018. – № 2. – Т. 56. – С. 188–199.

UDC 631.17

AEROFARMS VERTICAL FARMING TECHNOLOGY

Rylo T.V.

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk

Nowadays agritech start-ups not only attract billions of dollars of investments, but also actively penetrate into the daily life of one of the most conservative sectors of the economy. Farmers are increasingly using drones, mobile applications, robots and special satellite maps for their activities. In recent years, the introduction of innovative technologies in agriculture has led to adjustments in the way farmers cultivate crops and cultivate fields. Technology has changed the way farming is done, making it more profitable, efficient, safer and easier.

Modern farms are benefiting greatly from digital farming technologies that are constantly evolving. Crop production has a wide range of effects on the environment and can impact the quality of soil, water, and air resources directly and indirectly. The ecology of agribusiness lies in the fact that human activity affects the environment, just as the industry itself affects natural processes and the life of the people themselves. Since the productivity of agriculture depends on the fertility of the soil, it is cultivated by all means, using all kinds of agricultural technologies.

In New Jersey, USA, one of the most high-tech farms is located. It has no analogues throughout the world. The fact is that arugula, cabbage, lettuce and other greens are grown here using artificial intelligence, drones and hydroponics. This farm is vertical – plants are placed on multi-tiered towers that rise several meters above the floor.

AeroFarms was founded in 2004, and its products are sold in 200 grocery stores across the Northeast including Whole Foods. It operates one vertical farm in New Jersey, with more on the way. AeroFarms is breaking ground on a facility in Abu Dhabi, pitched as the world's largest vertical farm, as well as one in Danville, Virginia.

AeroFarms uses aeroponics, a soilless way of growing produce that uses mist to cut down on water usage by 95 percent. Plants are sown in cloth made from recycled plastic bottles. Using LED lights, the vertical farms draw on specific wavelengths to maximize efficiency of the plants' photosynthesis.

The advantage of this method of growing greens is the versatility of the farm. It can be placed wherever there is electricity and water. At the same time, a hydroponic vertical farm requires less water, energy, workers and, of course, pesticides. Drones equipped with high-resolution cameras fly over all this farming. Their task is to identify problems, including pests, plant diseases and other troubles. Drones help the operator track the most remote corners of the farm without missing a single square meter. Moreover, the drones are connected to the AI system, which provides the operator with great assistance. Nokia Bell Labs and AeroFarms are behind it all. Nokia provides technologies for analyzing and processing huge amounts of data, while AeroFarms provides technologies for growing plants. With the help of unmanned technologies in agriculture (drones), farmers have the ability to accurately determine the biomass of crops, plant height, weeds and water saturation in certain areas of the field. They provide better and more accurate data with higher resolution than satellites. Although drones are easy to use and capable of collecting large amounts of data in a short time, there are still challenges in their continued use as the technology is not cheap. Drones are almost helpless where mapping or monitoring of large areas is required, and it is better to complement this technology with satellite monitoring of already mapped areas where specific areas need to be rechecked.

So, this tandem uses real-time analytics, which makes it possible to immediately identify problems and track negative trends at the very beginning. Drones are watching millions of plants – the area of a hydroponic vertical farm is very rather big. A bunch of parameters are monitored, including leaf and stem color, spotting, size, curvature, and so on. An ordinary person, even a plant specialist, cannot simultaneously capture and process as much information as the AI of this farm processes. The analysis system is hosted in the cloud, which allows you to get information about the state of the farm from anywhere in the world. Many systems, including irrigation, lighting, etc. are automated, so that here the role of a person is minimal. Drones are controlled not by a person, but also by an AI system. As far as one can understand, a person is needed when this or that plant ripens. Harvesting is difficult to automate, so people are needed. At the same time, thanks to monitoring, farm employees always know where and what needs to be collected.

Unlike hydroponic farming, a technique that replaces soil with nutrient-rich water, AeroFarms uses aeroponic technology. This process involves using a cloth made from recycled plastic to mist the roots with water, oxygen and nutrients. Combined with efficient LED lights designed to have a specific intensity and spectrum, the stable indoor conditions disrupt the cycle of indoor pests, eliminating the need for pesticides, fungicides and herbicides. The sustainable indoor agriculture company could be a progressive solution to agricultural industry, especially as climate change continues to affect the stability of weather patterns and therefore crop growth.

The sustainability of farming and food are huge social issues as much as they are environmental ones. Automation is a way to decrease costs. The company automates the seeding process, but the seedlings are placed in trays manually. The loading, unloading, harvesting and packaging is automated but pockets of manual work are needed as well.

To provide employees with the opportunity for upward mobility, AeroFarms offers computer literacy programs and financial literacy workshops. Vertical farms are often a collision of education levels, highly educated engineers working alongside farm labor.

Overall, it's obvious that vertical farming is right in the middle of many of the largest issues facing our economy and our planet. AeroFarms is trying to tackle everything from food insecurity to energy usage and job sustainability. Succeeding could create a path leading others towards a sustainable and equitable economy of the future for others to follow.

References

1. AeroFarms is trying to cultivate the future of vertical farming [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.greenbiz.com/article/aerofarms-trying-cultivate-future-vertical-farming> – Date of access: 26.09.2024.

2. Cultivate: how high technology helps to grow food on the example of three unusual projects [Electronic resource]. – Mode of access: <https://habr.com/ru/company/selectel/blog/579082/> – Date of access: 26.09.2024.

УДК 638.11

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОЕНИЯ НА ПИЩЕВУЮ ЦЕННОСТЬ И КАЧЕСТВО МОЛОКА

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

Чумак Т.М., **Ковель П.Ю.**, студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В Республике Беларусь производство молока имеет первостепенное значение для удовлетворения потребностей населения в питании, поэтому развитию молочного животноводства и качеству молока уделяется пристальное внимание. Рынок молочной продукции является важным звеном в обеспечении продовольственной безопасности страны и является одним из приоритетных направлений развития белорусской экономики [1].

Ускоренное развитие отрасли молочного скотоводства в ближайшие годы является одним из перспективных стратегических направлений по увеличению отечественного производства молочной продукции. Основными направлениями дальнейшего развития молочного скотоводства является увеличение производства молока и повышение его качества. Необходимо, чтобы потребитель в течение всего года получал полноценное по химическому составу и биологическим свойствам молоко [2].

Цель исследования заключалась в изучении влияния различных технологий производства молока на молочную продуктивность животных, состав, свойства и качество молока.

Для достижения поставленной цели изучали молочную продуктивность коров при различных технологиях производства молока; исследовали физико-химические показатели молока; изучали технологические свойства молока и определяли влияние технологии производства на качество и безопасность молока.

Для проведения исследования были сформированы 2 группы животных (по 13 голов в каждой) с учетом возраста, происхождения, времени отела и продуктивности. В этом хозяйстве применяют такие технологии производства, как беспривязный способ содержания с доением в доильном зале; и привязный способ содержания с доением в коровнике.

Животные 1-ой группы содержались беспривязно (доение на автоматизированной доильной установке отечественного производства УДА–12Е – в доильном зале). Коровы 2-ой группы содержались на привязи (доение линейной доильной установкой АДМ–8).

Молочную продуктивность животных оценивали по удою за 305 дней лактации; контрольное доение коров проводили 3 раза в месяц в течение лактации. Физико-химические показатели молока изучали раз в месяц от каждой коровы.

Материалы исследований обработаны статистически с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Молочная продуктивность животных представлена в таблице 1.

Установлено, что от коров, находящихся на беспривязном содержании и доении в доильном зале получено больше молока за 305 дней лактации на 690 кг ($P < 0,05$), чем от коров при привязном содержании.

За 100 дней лактации от них было получено молока больше на 626 кг (31,4 %) соответственно. Разница достоверна по удою за 305 дней лактации и по удою за 100 дней лактации при $P < 0,05$ в пользу животных из 1-ой группы. Эти коровы отличались более высокими показателями коэффициента молочности, БЭК и КБП, а так же от них было получено больше молочного жира и белка ($P < 0,001$).

Таблица 1 – Молочная продуктивность коров

Показатель	Группа 1 (УДА–12Е)	Группа 2 (АДМ–8)
Удой за 305 дней лактации, кг	5793 ± 87,18	5103 ± 99,81*
Удой за 100 дней лактации, кг	2618 ± 63,15	1992 ± 59,21**
Среднесуточный удой	19,2 ± 0,13	16,9 ± 0,25**
Количество молочного жира, кг	230,0 ± 0,98	200,5 ± 0,54**
Количество молочного белка, кг	198,1 ± 0,12	171,5 ± 0,46**
Живая масса, кг	549 ± 2,13	539 ± 3,28
Коэффициент молочности	1055 ± 19,1	946 ± 32,4*
Биологическая оценка коров, БЭК	135,8 ± 10,3	121,5 ± 14,7
Коэффициент биологической полноценности, КБП	93,2 ± 3,4	83,2 ± 6,1

Примечание: **P < 0,01, ***P < 0,001.

Качество молочной продукции оценивается по пищевой, биологической ценности и санитарно-гигиеническим показателям молока. Весь комплекс показателей обеспечивает безопасность молока и молочных продуктов [3].

По содержанию сухого вещества и его компонентам судят о пищевой ценности молока. Лучшим по этому показателю было молоко от коров на беспривязном содержании (таблица 2).

В ходе исследований было установлено, что молоко коров при беспривязном содержании имеет более высокую калорийность, что объясняется повышенным содержанием в нем жира и белка. Разница достоверна по содержанию жира по сравнению с молоком, полученным при доении в ведра ($P < 0,05$), по содержанию белка в сравнении с доением в молокопровод ($P < 0,01$) и доением в ведра ($P < 0,05$) в пользу молока, полученного при доении в доильном зале. По содержанию сухого вещества и СОМО лучшие показатели были в молоке коров, которых доили в доильные ведра на 0,04–0,08 % и на 0,01–0,05 % соответственно ($P > 0,05$).

Соотношение жира и белка в молоке коров при всех технологиях доения было оптимальным: 0,86; 0,85 и 0,87 соответственно по группам.

На 100 мг кальция в молоке коров приходилось 78–80 мг фосфора, что также является оптимальным для питания человека, особенно новорожденных и растущих детей.

Таблица 2 – Физико-химические показатели молока коров

Показатель	Группа 1 (УДА–12Е)	Группа 2 (АДМ–8)
Сухое вещество, %	12,87 ± 0,53	12,83 ± 0,48
в т. ч. СОМО, %	8,83 ± 0,12	8,79 ± 0,13
жир, %	3,97 ± 0,02*	3,93 ± 0,01
белок, %	3,42 ± 0,01**	3,36 ± 0,02**
в том числе казеин, %	2,69 ± 0,003	2,64 ± 0,005
сывороточные белки, %	0,73 ± 0,001	0,72 ± 0,001
лактоза, %	4,68 ± 0,032	4,72 ± 0,021
зола, %	0,87 ± 0,003	0,89 ± 0,002*
в т. ч. Са, мг %	127 ± 0,121	129 ± 0,110
Р, мг %	99 ± 0,130	103 ± 0,093
Плотность, г/см ³	1,029	1,030
Кислотность, °Т	16,2 ± 0,12	16,3 ± 0,08
Калорийность, ккал	69,16	68,87

Таким образом, молочная продуктивность животных, физико-химические показатели, пищевая ценность и качество молока изменяются в зависимости от способа содержания животных и технологии производства молока.

Беспривязный способ содержания коров с доением на доильной установке УДА-12Е является наиболее эффективным. Позволяет снизить затраты труда на доение

коров, максимально реализовать генетический потенциал стада, автоматизировать зоотехнический учет, механизировать производственные процессы и улучшить пищевую ценность и качество молока.

Литература

1. Технологические рекомендации по организации производства молока на новых и реконструируемых молочно-товарных фермах/ Н. А. Попков [и др.]; рец.: Н. А. Яцко, Н.С. Яковчик; НАН Беларуси, науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2018.
2. Стрельцов В.А. Влияние продолжительности межотельного периода на молочную продуктивность коров // Актуальные проблемы инновационного развития животноводства: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2021. С. 260-264.
3. Показатели безопасности молока [Электронный ресурс]. – Режим доступа: studopedia.ru/13_46294_pokazateli-bezopasnosti-moloka.html. – Дата доступа: 24.09.2024.

УДК 631. 362

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ ЗЕРНОВЫХ СМЕСЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗДЕЛЕНИЯ И ПОТЕРЬ ЗЕРНА

Чеботарев В.П., д.т.н., профессор, **Бондаренко Д.Н.,** **Зенов А.А.,** **Яновский Д.А.**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Реальный процесс разделения зерновых смесей находится под воздействием значительного количества факторов, но одним из основных является удельная нагрузка на разделительный элемент, например, толщина подаваемого слоя материала. Большая пропускная способность означает большую высоту слоя материала, низкая пропускная способность означает соответственно малую высоту слоя. С уменьшением пропускной способности во всех диапазонах качества зерна увеличивается вероятность разделения. При снижении пропускной способности уменьшаются потери зерна, а при увеличении пропускной способности вероятность разделения можно сохранить на том же уровне только при условии увеличения потерь зерна. Очистка и сортирование зернового материала для повышения его качества не осуществляется на практике в ходе одной операции. В зависимости от вида культуры и степени очистки, которую должен иметь готовый зерновой материал, предъявляются различные требования к соответствующему процессу разделения, а особенно производительности [1-2].

Производительность зерноочистительной машины характеризуется ее пропускной способностью и качеством работы, которое можно при этом достичь. Эти данные вынужденно ограничиваются определенным набором параметров из-за множества задач по очистке. Причиной этого является множество видов семян, которые необходимо очищать на практике, колебания качества и состава этих семян, зависящих от почв, климата, сорта, условий прорастания, ухода и уборки урожая.

Производительность зерноочистительной машины определяется на основе ее номинальной пропускной способности Q_n . Эта номинальная пропускная способность изменяется в зависимости от различных условий, в результате чего, на основе номинальной пропускной способности, устанавливается соответствующая откорректированная пропускная способность Q_k для обработки конкретной партии материала.

Помимо показателя производительности процесса сепарации его качество работы описывается также с помощью показателей эффективности разделения и потерь зерна (рисунок 1). Эти показатели воспроизводимы только в установленных аналогичных условиях. В сельскохозяйственной практике в соответствии с теми же закономерностями для выполнения более высоких требований к процессу разделения используют реализованный (осуществимый) эффект разделения (E_r) и абсолютный эффект разделения (E_a).

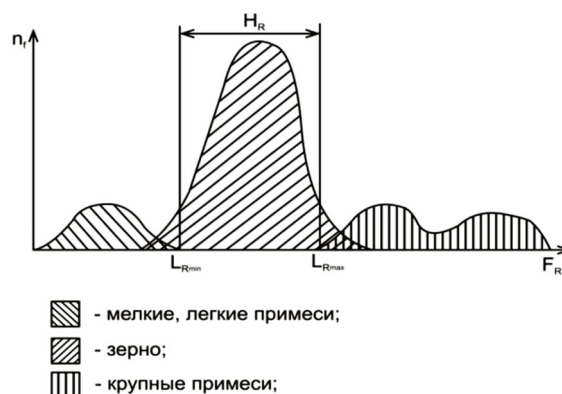


Рисунок 1—Графическое изображение сепарирования исходного зерно – соломистого материала на составляющие компоненты в соответствии с заданными верхней и нижней линиями разделения

Реализованный эффект разделения представляет собой процентное соотношение между отдельными и всеми подлежащими отделению компонентами одной той же линии раздела, который позволяет определять качество разделения, пригодное для экспериментальной оценки. Необходимое условие для этого – воздействия на материал остаются постоянными, а при анализе подготавливаемого материала используют те же линии раздела, что и в машине.

Реализованный эффект разделения сильно зависит от делимости подлежащих отделению компонентов и их чистоты. Обе величины не учитываются в этом показателе. Этот показатель можно относительно легко определить, поэтому он является объективной величиной для контроля в достаточной мере постоянного процесса. Интегральная или дифференциальная кривые распределения для разделения, полученная в ходе экспериментального разделения, является необходимым условием для определения абсолютного эффекта разделения (E_a). Определение производится на основе площадей, которые ограничиваются линией раздела и ее 0,5-кратной величиной для мелких и легких компонентов. Что касается крупных компонентов, то площадь для них находится между линией раздела и ее 1,5-кратной величиной [3].

Отделяемая доля примесей – это доля площади, расположенная над соответствующей кривой коэффициентов разделения. Соотношение этой выделенной доли площади и общей площади и есть абсолютный эффект разделения в процентах. Абсолютный эффект разделения, несмотря на использование различных взаимосвязанных партий, позволяет довольно объективно характеризовать качество разделения, так как оно зависит от распределения компонентов. Абсолютный эффект разделения при предварительной очистке находится в диапазоне порядка величин реализованного (осуществимого) эффекта разделения. Чем ближе подходит линия разделения к основному материалу, тем существеннее увеличивается ее величина по сравнению с реализованным (осуществимым) эффектом разделения. Из этого следует, что в ходе проделанных этапов очистки тяжелые подлежащие отделению составляющие остаются вблизи от линии раздела.

Абсолютный эффект разделения устанавливается для отдельных разделительных элементов. Расчет абсолютного эффекта разделения для машины или установки производится путем образования среднего значения из абсолютных эффектов разделения для отдельных разделительных элементов. При этом можно производить оценку как только одного разделительного элемента так и нескольких разделительных элементов по одинаковым параметрам зерна.

Таким образом, можно сделать вывод: для каждого процесса разделения действительна закономерность – высокие эффекты разделения при постоянной пропускной способности достигаются только при более высоких потерях зерна. В случае обеспечения протекания процесса на меньших потерях зерна необходимо выполнять работу с более низким разделением компонентов в материале. Высокие эффекты разделения без

существенных потерь зерна, которые позволяют сблизить получаемые кривые коэффициентов распределения с идеальными характеристиками линий раздела, возможны только при очень низкой пропускной способности. И, наконец, те допустимые в ходе очистки потери зерна, которые имеются на практике, вынуждают всегда принимать экономическое решение с учетом выхода годных семян и продолжительности очистки.

Литература

1. Тищенко, Л.Н. Интенсификация сепарирования зерна / Л.Н. Тищенко. – Харьков: Основа, 2004. – 222 с.
2. Зюлин, А.Н. Теоретические проблемы развития технологий сепарирования зерна / А.Н. Зюлин. – М. : ВИМ, 1992. – 188 с.
3. Дринча, В.М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / В.М. Дринча. – Воронеж : Изд-во НПО «Модэк», 2006. – 384 с.

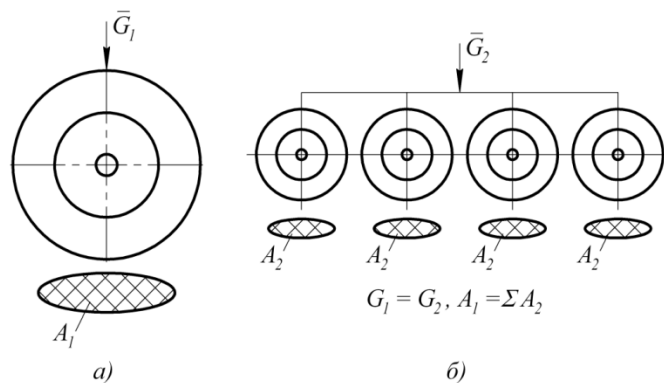
УДК 631.431

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ МТА НА УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВЫ

Орда А.Н., д.т.н., профессор, Шкляревич В.А., Пантелеева Ж.И.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Рассмотрим, какое воздействие на один и тот же почвенный агрофон, допустим стерню, оказывают различные типы колесных ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, оснащенные многоосной ходовой системой и одинарными колесными движителями. Конструктивные параметры сравниваемых типов колесных ходовых систем выберем таким образом, чтобы сумма площадей пятен контакта с почвой движителей многоосной ходовой системы равнялась площади пятна контакта одинарного движителя, то есть $A_{кп1} = \sum A_{кп2}$. Среднее давление обоих типов колесных ходовых систем на почву одинаково, а сами колеса геометрически подобны (рисунок 1).



а – одинарный колесный движитель; *б* – многоосный колесный ход

Рисунок 1 – Схема нагружения и расположения колес альтернативных ходовых систем

Так как сравниваются ходовые системы с различными конструктивными параметрами, то необходимо заметить, что некоторые показатели, характеризующие физико-механические свойства почвы зависят от размеров колесных движителей. На основании исследований [1, 2] коэффициент распределения напряжений в почве под воздействием колесного движителя:

$$\beta_1 = \beta_n \sqrt{\frac{b_{шн} d_{шнн}}{b_{ш1} d_{шн1}}}, \quad (1)$$

где β – коэффициент распределения напряжений в почве, м^{-1} ; $b_{\text{ш}}$ – ширина протектора шины колеса, м; $d_{\text{шн}}$ – наружный диаметр шины колеса, м.

В качестве показателя оценки агроэкологической совместимости колесной ходовой системы машинно-тракторного агрегата с почвой можно принять величину распространения нормальных напряжений в почве и глубину проникновения вертикальных деформаций в подпахотный слой почвы. Накопление деформаций в подпахотном слое почвы, вызванное его регулярным уплотнением, приводит к целому ряду негативных агроэкологических и экономических последствий [3].

Покажем, что при одинаковом давлении, оказываемом колесной ходовой системой на почву с одинаковыми по глубине физико-механическими свойствами, нормальные напряжения в глубине почвенного массива зависят от геометрических размеров колес. Для рассматриваемого почвенного агрофона распределение нормальных напряжений в почве по глубине можно описать следующим уравнением [1]:

$$\sigma_y = \sigma_0 e^{-\beta y'}, \quad (2)$$

где σ_0 – напряжение в почве в пятне контакта под движителем, Па; y' – расстояние от пятна контакта колесного движителя с почвой до точки в почвенном массиве с нормальным напряжением σ_y , м.

Графики $\sigma_y = \sigma_y(y')$, построенные согласно зависимости (2) с учетом закономерности (1), для двух колес: большого ($b_{\text{ш1}} = 0,2$ м; $d_{\text{шн1}} = 1,2$ м) и малого ($b_{\text{ш2}} = 0,1$ м; $d_{\text{шн2}} = 0,6$ м) при $\sigma_0 = 100$ кПа, $\beta_1 = 1,8$ м^{-1} , $\beta_2 = 3,6$ м^{-1} , так как $\sqrt{b_{\text{ш2}} d_{\text{шн2}} / b_{\text{ш1}} d_{\text{шн1}}} = 1/2$, имеют вид, показанный на рисунке 2.

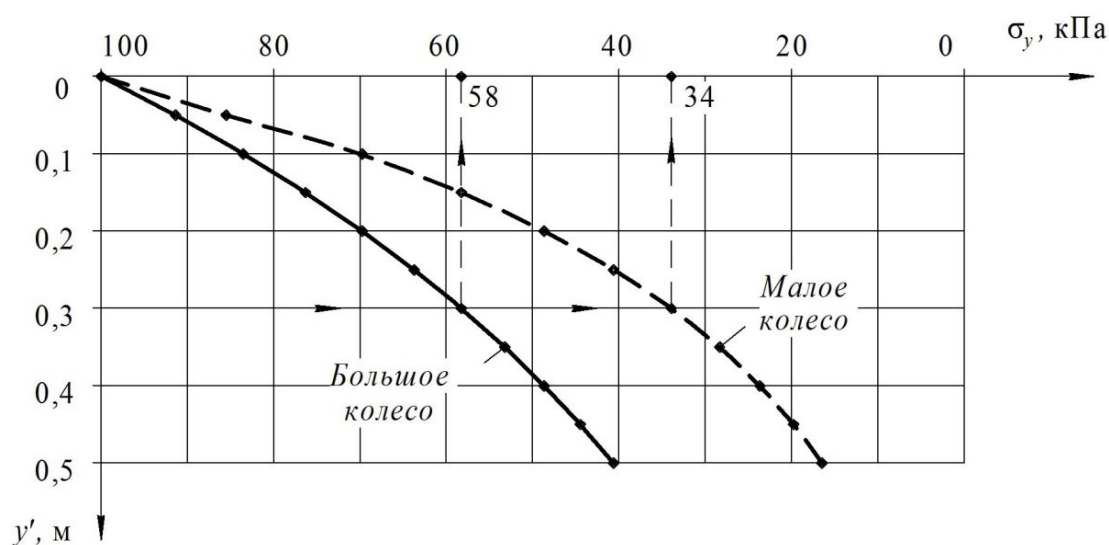


Рисунок 2 – Распространение нормальных напряжений в почве по глубине под колесными движителями с различными конструктивными параметрами

Как видно из рисунка 2 в почве с одинаковыми по глубине физико-механическими свойствами, например, на глубине 0,3 м под колесом больших размеров при $\sigma_0 = 100$ кПа возникает нормальное напряжение на 24 кПа превышающее нормальное напряжение под колесом альтернативной (с меньшими размерами) ходовой системы, т. е. очевидно, что колесо меньших размеров оказывает меньшее уплотняющее воздействие на подпахотные почвенные горизонты.

В отличие от рассмотренного примера с одинарными колесными движителями в многоосных колесных ходовых системах по одному и тому же следу идут несколько колес. При этом уплотняющие воздействия и деформации не исчерпываются после первого

нагружения, а продолжают нарастать и накапливаться при последующих приложениях вертикальной нагрузки. Оценить уровень воздействия многоосных колесных ходовых систем на почву с одинаковыми по глубине физико-механическими свойствами можно путем определения глубины проникновения вертикальных деформаций y_{hn} в подпахотный слой почвы при повторных проходах (рисунок 3). Для определения данной величины для связных почв с одинаковыми по глубине физико-механическими свойствами можно использовать формулу [1]:

$$y_{hn} = \frac{1}{\beta} \ln \left[\frac{p_0}{\sigma_{упр}} \operatorname{th} \left(\operatorname{arch} \frac{n^{B_1}}{\sqrt{1 - \sigma_0^2 / p_0^2}} \right) \right]. \quad (3)$$

где p_0 – предел несущей способности почвы, Па; $\sigma_{упр}$ – напряжение в почве, при котором в ней возникают только упругие деформации, Па; n – число проходов движителей по одному следу.

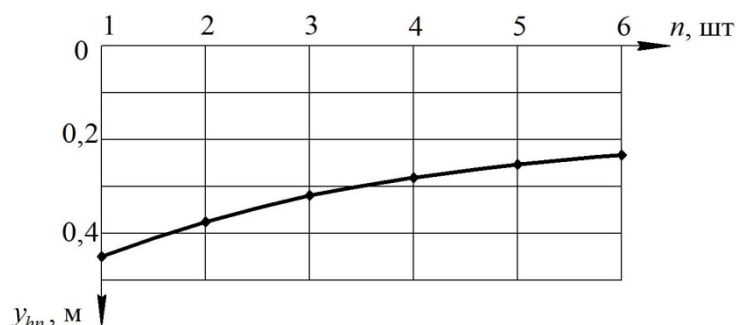


Рисунок 3 – Зависимость глубины проникновения деформаций в почве от количества осей ходовой системы

Расчеты по формуле (3) с учетом (1) показали, что на почвах с одинаковыми по глубине физико-механическими свойствами для снижения давления ходовых систем на почву целесообразнее увеличивать площадь опоры не путем увеличения размеров колес, а путем увеличения количества осей. В этом случае, кроме снижения давления на поверхность почвы, уменьшается глубина проникновения пластических деформаций вглубь почвенного массива, а значит, уменьшается интенсивность уплотнения подпахотного слоя почвы.

Литература

1. Орда, А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов : дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / А.Н. Орда ; Бел. агр. техн. ун-т. – Минск, 1997. – 269 с.
2. Орда, А.Н. Определение показателей уплотняющего воздействия на почву ходовых систем колесных тракторов / А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, А.С. Воробей // Агропанорама. – 2016. – № 3. – С. 6–12.
3. Романюк, Н.Н. Влияние ходовых систем тракторов на уплотнение почвы / Н.Н. Романюк, И.С. Крук, А.Н. Орда, В.А.Шкляревич, Н.Л. Ракова, А.С. Воробей // Агропанорама. – 2024. – № 1. – С. 2–7.

УДК 631.362.3

АНАЛИЗ ВОПРОСА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

Чеботарев В.П., д.т.н., профессор, Бондаренко Д.Н., Зенов А.А., Яновский Д.А.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Одной из основных задач при производстве зерна является своевременная и качественная послеуборочная обработка. Основными технологическими процессами послеуборочной обработки являются предварительная очистка, сушка, первичная и вторичная очистки. Каждый из этих приемов улучшает определенные показатели качества зерновой массы, а в совокупности доводят ее показатели до состояния базисных кондиций.

Послеуборочная обработка зерна в Республике Беларусь сопряжена с трудностями, вызванными природно-климатическими условиями, характерными для нашего региона. Поступивший с полей зерновой материал неоднороден по ряду таких признаков, как крупность зерна основной культуры, засоренность разного рода примесями и влажность. Это приводит к тому, что выделение зерновой и сорной примесей, ухудшающих качество зерна, невозможно без потери части зерна основной культуры. Чтобы улучшить процесс очистки и свести потери к минимуму, необходим точный подбор рабочих органов зерноочистительных машин и их режимов работы.

Существующие в хозяйствах республики технологические линии на базе и зерноочистительно-сушильные комплексы на основе КЗС и ЗСК с зерносушилками шахтного, барабанного и бункерного типов не отвечают требованиям поточной послеуборочной обработки зерна по следующим параметрам [1]:

- малопроизводительны, энергоемки, производят семена низкого качества из-за нарушений теплового режима сушилок;
- завальные ямы и приямки для норий и транспортеров заполняются грунтовыми водами;
- отсутствуют оперативные и компенсирующие емкости, что снижает суточную производительность самого комплекса;
- неполная механизация процессов сушки и сортирования обуславливает использование ручного труда;
- зерноочистительные машины не обеспечивают качественной воздушной и решетной обработки материала, а также имеют низкую пропускную способность.

Из выше перечисленных недостатков послеуборочной обработки зерна необходимо уделить наибольшее внимание повышению качества очистки и увеличению производительности зерноочистительных машин. Несвоевременная очистка зерна приводит к созданию благоприятной среды для обитания и размножения микроорганизмов, оказывающих негативное воздействие на посевные качества семян и качество получаемой продукции. Поэтому недостаточный технологический и технический уровень механизации производства семян приводит к их низкому качеству.

В нашей стране и за рубежом основным средством очистки семенного и продовольственного зерна являются зерноочистительные машины, в конструкциях которых в качестве рабочих органов используются плоские решета, установленные в решетных станах. Такие рабочие органы являются в настоящее время наиболее универсальными и получили широкое применение.

Проведя анализ литературных источников [2-4] выделено направление совершенствования решетных сепараторов представлена на рисунке 1

Таким образом, вопрос совершенствования рабочих органов машин для послеуборочной обработки зерна является актуальным для сельского хозяйства Республики Беларусь, решение которого позволит сохранить собранный урожай, снизить потери при его обработке, а значит обеспечить продовольственную безопасность страны.

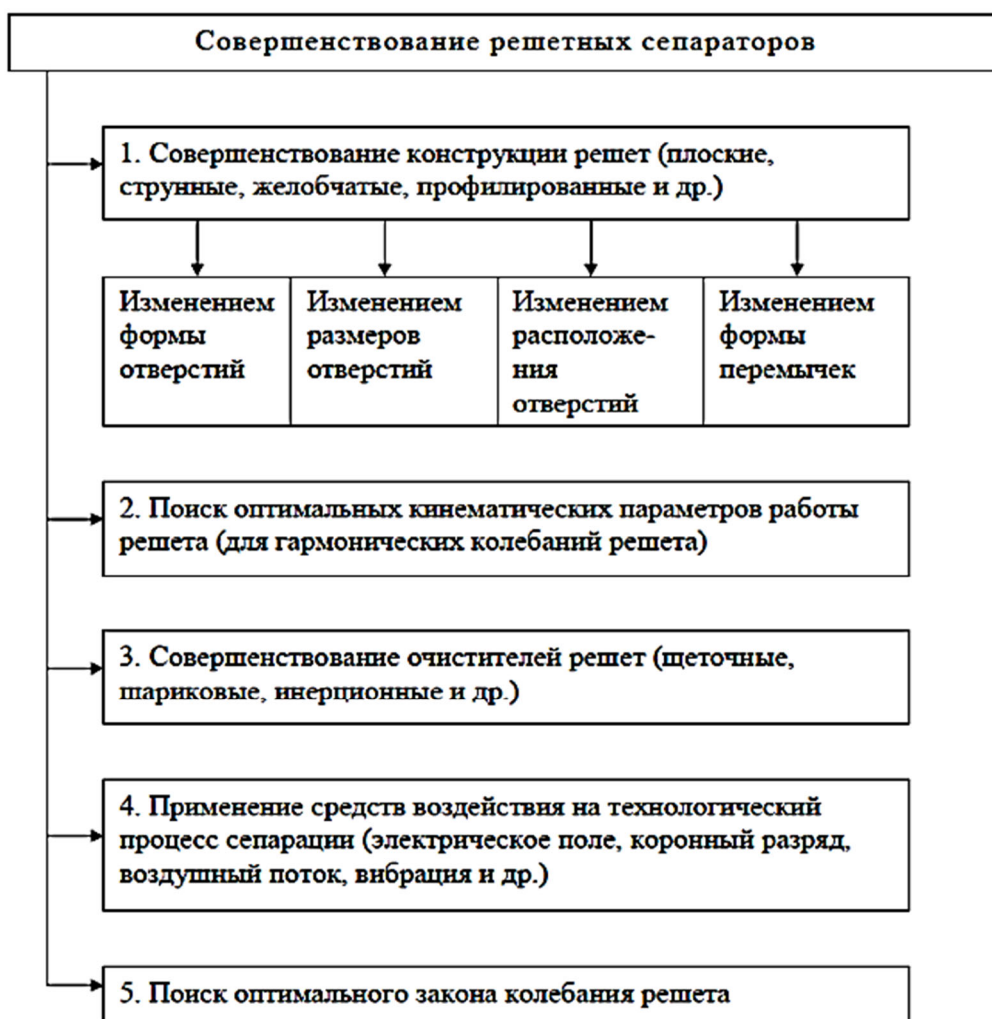


Рисунок 1 - Пути улучшения технологического процесса очистки зерна на плоских решетках

Литература

1. Чеботарев, В. П. Низкотемпературная сушка и режимное хранение зерна / В. П. Чеботарев; Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск : РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2010. – 202 с.
2. Ларюшин, Н.П., Социнев, С.И. Машины для послеуборочной доработки зерна / Н.П. Ларюшин, С.И. Социнев. Пенза. 2007. –247 с.
3. Савиных П.А., Сычугов Ю.В., Казаков В.А. Перспективные технологии и технические средства для обработки зерна / П.А. Савиных, Ю.В. Сычугов, В.А. Казаков В.А. // Техника и оборудование для села. -2020. -№ 3. – С. 22-26.
4. Пути улучшения технологического процесса очистки зерна / В. П. Чеботарев [и др.] // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 24-25 ноября 2022 г. - Минск : БГАТУ, 2022. - С. 93-96.

УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ ТРАКТОРОВ

Орда¹ А.Н., д.т.н., профессор, Шкляревич¹ В.А.,

Ракова¹ Н.Л., к.т.н., доцент, Воробей² А.С., к.т.н., доцент

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,

²НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, г. Минск

Из-за вредного воздействия ходовых систем (двигателей) машинно-тракторных агрегатов (МТА) на почву снижается урожайность сельскохозяйственных культур. Так, урожайность зерновых в следах тракторов снижается на 10...15 %, а корнеклубнеплодов – на 20...30 %. Суммарная площадь следов двигателей МТА почти в 2 раза превышает площадь обрабатываемой поверхности.

На основании исследований Русанова В.А., Кушнарева А.С., Мацепуро В.М. установлено, что повышение плотности почвы, вызванное воздействием двигателей тракторов и сельскохозяйственных машин, приводит к увеличению твердости почвы в 2...3 раза. Удельное сопротивление при обработке пахотного слоя после прохода тракторов повышается на 15...65 %, а транспортных средств и комбайнов – на 60...90 % [1, 2].

Были проведены исследования по изучению агрофизических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при воздействии тракторов. Главным критерием исследований являлось изменение урожайности различных сельскохозяйственных культур [3].

В таблице 1 приведены данные по водно-физическим свойствам исследуемой почвы.

Таблица 1 – Водно-физические свойства дерново-подзолистой почвы, подстилаемой моренным суглинком

Горизонт	Глубина, см	Плотность, г/см ³		Полевая влагоемкость, %	Общая пористость, %	Молекулярная гигроскопичность, %	Удельная поверхность, м ² /г
		твердой фазы	почвы				
А _п	0-20	2,60	1,39	25,3	42,2	2,64	36,14
А ₁ А ₂	20-31	2,63	1,63	20,5	38,0	2,47	32,34
А ₂ В ₁	31-53	2,67	1,73	16,8	35,2	1,57	16,80
В ₂	53-85	2,69	1,87	15,5	30,5	2,79	29,81
С	85	2,73	1,96	11,9	28,2	3,22	32,14

Уплотнение почвы, вспаханной осенью, проводили при влажности 26 %. Во время опытов три раза за сезон определяли плотность почвы (после посева, в середине уборки и при уборке). С целью определения влияния промерзания и оттаивания почвы на изменение ее свойств плотность почвы определяли также весной следующего сезона.

При сплошном уплотнении наименьшая существенная разность частных различий составила 40 кг/м³ (НСР₀₅ = 40 кг/м³). Из результатов опытов видно, что различия плотности почвы в следе всех тракторов значимы на 5 %-ном уровне по сравнению с контролем.

Однократные проходы тракторов увеличили плотность на 110...120 кг/м³ при сплошном уплотнении (таблица 2) и на 90...100 кг/м³ при местном уплотнении (таблица 3). При увеличении кратности проходов уплотнение возрастало. Плотность почвы после пяти проходов трактора возросла до 1430... 1500 кг/м³ в зависимости от типа двигателя трактора.

Наименьшая существенная разность для фактора, учитывающего тип двигателя трактора составила 20 кг/м³, а для фактора, учитывающего кратность уплотнения - 24 кг/м³. Значимыми на 5 %-ном уровне являются различия плотности почвы при 3- и 5- кратном уплотнении между тракторами [3].

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производстваТаблица 2 – Изменение плотности почвы (слой 0-10 см) в течение сезона роста овса и после перезимовки (кг/м³) (сплошное уплотнение)

(сплошное уплотнение)					
Трактор	Кратность уплотнения	Сроки определения			
		май	июль	август	май
Без уплотнения		1260	1290	1330	1280
Колесный трактор класса 30 кН	1	1440	1470	1550	1390
	3	1490	1540	1550	1530
	5	1510	1550	1540	1450
Колесный трактор класса 50 кН	1	1420	1460	1470	1380
	3	1460	1460	1480	1470
	5	1490	1470	1530	1500
Гусеничный трактор класса 30 кН	1	1440	1380	1380	-
	3	1440	1410	1460	-
	5	1470	1470	1500	-

Из таблицы 3 видно, что существенного снижения плотности почвы к концу вегетации не произошло. Лишь после перезимовки под воздействием промерзания и оттаивания плотность почвы уплотненных участков несколько уменьшилась, однако она была все же выше, чем на контроле.

Однократные проходы тракторов увеличили плотность на 110...120 кг/м³ при сплошном уплотнении (таблица 2) и на 90...100 кг/м³ при местном уплотнении (таблица 3). При увеличении кратности проходов уплотнение возрастало. Плотность почвы после пяти проходов трактора возросла до 1430...1500 кг/м³ в зависимости от типа движителя трактора.

Таблица 3 – Изменение плотности почвы (слой 0-10 см) в течение сезона роста овса (кг/м³) (местное уплотнение)

Трактор	Кратность уплотнения	Сроки определения		
		май	июль	август
Без уплотнения		1260	1290	1330
Колесный трактор класса 30 кН	1	1400	1360	1420
	3	1420	1400	1460
	5	1470	1420	1510
Колесный трактор класса 50 кН	1	1410	1350	1400
	3	1480	1470	1460
	5	1490	1490	1500
Гусеничный трактор класса 30 кН	1	1440	1350	1440
	3	1430	1430	1470
	5	1450	-	10

Обеспечить допустимую величину плотности почвы (1200...1350 кг/м³) можно при давлении колес на почву 70...110 кПа. Предпочтительным средством снижения воздействия на почву является увеличение числа осей ходовой системы при сохранении общей массы, так как происходящее при этом уменьшение размеров колес способствует снижению глубины распространения уплотнения.

Литература

1. Русанов, В. А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В. А. Русанов. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.
2. Кушнарв, А. С. Уменьшение вредного воздействия на почву рабочих органов и ходовых систем машинных агрегатов при внедрении индустриальных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / А. С. Кушнарв, В. М. Мацепуро // . – М.: Всесоюзн. ордена «Знак Почета» сельскохозяйств. институт заочного образования, 1986. – 56 с.
3. 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.
4. Орда, А. Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / А. Н. Орда. – Минск: БГАТУ, 1997. – 269 л.

УДК 636.4.084

ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СМЕСИТЕЛЯ С АКТИВНЫМ КАНАЛОМ ОБРАТНОГО ХОДА

Выгузов М.Е., аспирант, Мищенко Е.С., д.э.н, профессор, Ведищев С.М., д.т.н., профессор,
Ложкина Е.Б., аспирант, Ковалева Т.М., аспирант
Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов

Для определения рациональных параметров режима работы двухвинтового смесителя с активным каналом обратного хода необходимо провести лабораторные эксперименты, отражающие влияние основных конструктивных, режимных и технологических параметров на его энергетические и качественные показатели.

Для достижения цели экспериментальных исследований были предложены следующие этапы проведения работ (рис. 1) [1-4]:

- разработка методики и изготовление лабораторной установки двухвинтового смесителя с активным каналом обратного хода;



Рисунок 1 – Последовательность выполнения экспериментов

- определение технологических, конструктивных и режимных параметров экспериментальной установки двухвинтового смесителя с активным каналом обратного хода, которые будут подвержены изменению и контролю во время проведения исследований;
- определение показателей, характеризующих эффективность процесса перемешивания в лабораторной установке;
- выбор плана проведения эксперимента;
- подбор контрольно-измерительного оборудования и методики измерения параметров;
- проведение экспериментальных исследований, наблюдение за процессом;
- регистрация показателей, характеризующих эффективность работы двухвинтового смесителя периодического действия с активным каналом обратного хода;
- анализ полученных результатов экспериментальных исследований и их сравнение с теоретическими.

Литература

1. Кажияхметова, А.А. Моделирование процесса смешивания в шнековом смесителе с активным каналом обратного хода для получения экологически безопасных смесей / А.А. Кажияхметова, А.И. Завражнов, С.М. Ведищев, А.В. Прохоров, М.Е. Выгузов // II Международная научно-практическая конференция «Цифровизация агропромышленного комплекса». В 2-х томах. Том II. Сборник научных статей. Тамбов, 21 – 23 октября 2020 г. - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. - С. 320-324.
2. Эффективность смесителя кормов с комбинированными рабочими органами / А. Ю. Глазков, А. В. Китун, М. Е. Выгузов, С. М. Ведищев, А. В. Прохоров // Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии : Материалы III Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии», посвященной памяти профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ В.И. Вигдоровича, Тамбов, 18–20 октября 2023 года. – Тамбов: Издательство ИП Чеснокова А.В., 2023. – С. 381-385. – EDN LESXDA.
3. Ли, Р.И. Основы научных исследований: учебное пособие [текст] / Р.И. Ли. – Липецк: Издательство ЛГТУ, 2013 - 188 с.
4. Ведищев, С.М., Хольшев Н.В., Прохоров А.В., Глазков А.Ю., Выгузов М.Е. Отбор проб при оценке качества смешивания / Наука в центральной России. - №3 (65). - 2023. - С.48-56.

УДК 631.33.022.1

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ

Микульский В.В., к.т.н., доцент, Бегун П.П., к.т.н.

НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, г. Минск

В технологии возделывания сельскохозяйственных культур одной из важнейших операций является посев, от качества и своевременного выполнения которого в значительной степени зависит судьба урожая. По данным НИИ земледелия НАН Беларуси оптимальным агротехническим сроком посева в условиях Республики Беларусь является период 10 дней. Для соблюдения такого ограниченного срока зернопроизводящие предприятия должны иметь высокопроизводительные сеялки. Одним из главных показателей, характеризующих производительность сеялок, является их рабочая ширина захвата. Поэтому во всем мире конструкторами ведется работа над созданием сеялок с максимально возможной шириной захвата. Данный показатель обуславливает необходимость иметь в сеялке централизованную емкость большой вместимости как для семян, так и для стартовой дозы внесения минеральных удобрений. А это, в свою очередь, создает определенные трудности по доставке семян из бункера к сошникам.

В последние годы все большее применение в сельском хозяйстве находят пневматические централизованные высевающие системы (ПЦВС). Применение ПЦВС диктует возросшие требования к снижению металлоемкости агрегатов и повышению их производительности. И, как результат, в настоящее время мировой парк посевных машин составляют в основном пневматические сеялки.

Однако, известно, что неравномерность распределения семян по сошникам при высевах зерновых и зернобобовых культур в пневматических высевающих системах и особенно на склоновых землях, превышает значения, регламентированные агропотребностями, и составляет в среднем от 9,6 до 15,5 % для зерновых культур, при допустимых 5 % [1]. Установлено, что при неравномерности высева между сошниками выше 10% наблюдается устойчивое снижение урожайности на 1 – 2 ц/га [2], [3]. Это обусловлено несовершенством технологического процесса распределения семян пневматической высевающей системой.

Кроме того, из-за высоких скоростей транспортирования семян и туков по зерно- и тукопроводам, особенно при изменениях направления движения их потоков, а также в результате их соударения, в зернах возникают трещины вплоть до отбивания зародышей. По этой причине нормы высева семян в таких сеялках увеличивают на 5-15%, так как всхожесть травмированных семян снижается.

Пневматическая система высева семян сложна по устройству и энергоемка, так как включает большое количество элементов: энергоемкий вентилятор, дозаторы, делительные головки, большое количество пневмопроводов.

Данных недостатков лишены механические сеялки. Механические варианты являются самыми традиционными сельскохозяйственными орудиями, эффективность которых проверена временем. Они просты по устройству, а поэтому и имеют высокую надежность и работоспособность, способны работать в условиях запыленности и повышенной влажности соблюдая при этом все заданные параметры по количеству и глубине размещения семян. Простота устройства делает механические сеялки прочными, не склонными к поломкам, но даже если такое и произойдет, то множество вопросов можно решить силами механизатора непосредственно в поле, или в крайнем случае сельскохозяйственной мастерской, что сокращает потери рабочего времени в условиях сжатых агротехнических сроков посева.

Неоспоримым преимуществом механических сеялок перед пневматическими – это устойчивость высева и равномерность распределения семян по ширине захвата, а также минимальное дробление семян. Все эти параметры у механической высевающей системы практически всегда находятся в заданных агротехнических пределах [2].

Принципиальная разница между пневматической и механической сеялкой заключается в способе доставки семян и удобрений к сошнику. Механическая сеялка предусматривает подачу семенного материала самотеком из бункера в сошник через отдельный дозирующий модуль, а это значит, что ширина бункера такой сеялки всегда соответствует рабочей ширине захвата сеялки. Это в свою очередь создает определенные сложности при его заправке семенами или удобрениями, тем самым снижая эффективность использования сменного времени, негативно отражаясь на их производительности. Создание централизованной системы заправки бункера в механических сеялках значительно облегчило и ускорило процесс загрузки материала, уменьшило материалоемкость при увеличении ширины захвата а, значит и создало бы предпосылки к увеличению производительности последних.

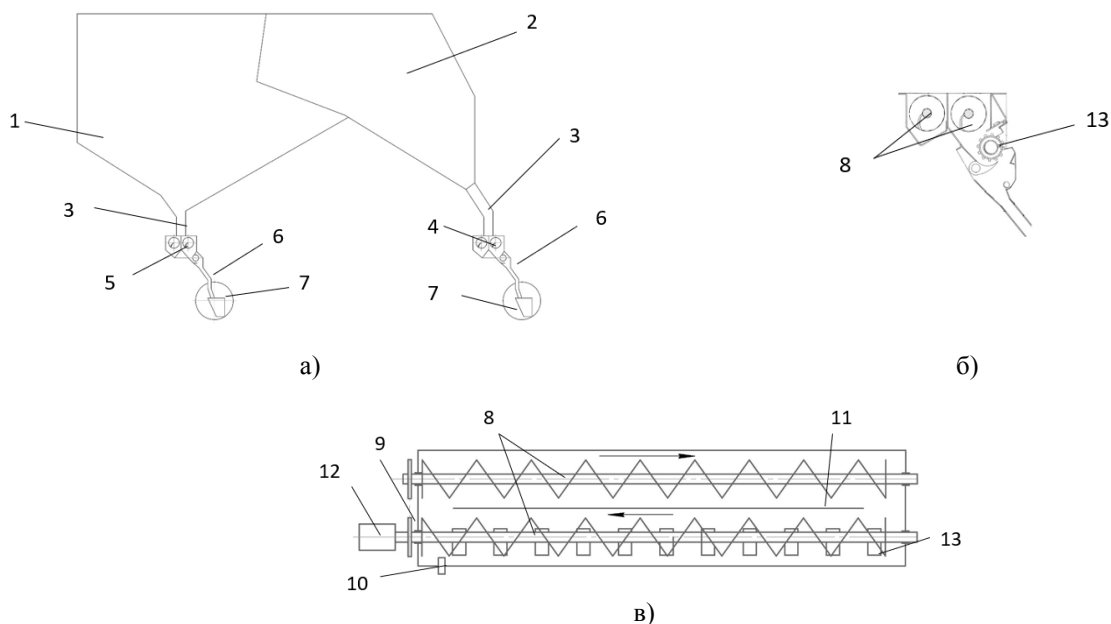
Для обоснования новой конструктивной схемы механической широкозахватной зерновой сеялки были проведены патентные исследования [4], на основании которых был выявлен ряд оригинальных конструктивных решений механических сеялок с централизованной двухступенчатой подачей посевного материала.

Данные исследования послужили выбором новой конструктивной схемы широкозахватной механической сеялки с централизованной двухступенчатой подачей семян и удобрений к сошникам, представленной на рисунке 1.

Широкозахватная механическая сеялка состоит из центрального бункера, разделенного на две ёмкости, одна ёмкость для удобрений 1, другая ёмкость для семян 2. В нижней части ёмкости

для удобрений расположен патрубок 3, по которому под они своим весом поступают в ящик для удобрений 5. Семена из ёмкости 2 по патрубку 3 самотеком поступают в семенной ящик 4. Семена и удобрения в ящиках 4, 5 по их ширине распределяются посредством шнеков 8. Шнеки 8 приводятся в работу гидромотором 12 и цепной передачей 9. В начале заполнения ящиков 4 и 5, шнеки 8 работают от гидромотора 12, после достижения семян и удобрений датчика заполнения 10, происходит остановка работы гидромотора 12. Далее привод шнеков 8 осуществляется от транспортного колеса (не показано) через цепную передачу 9. Использование шнеков 8 разнонаправленного вращения позволяет равномерно распределить семена и удобрения по ширине ящиков 4, 5, а также исключить создание подпора в них. За счет того, что шнеки 8 практически служат «ворошилкой» и между ними и стенками ящиков 4, 5 имеются зазоры, исключается возможность дробления семян и минеральных удобрений.

Ящики 4, 5 разделены на две половины перегородкой 11. В одной из половин ящиков 4, 5 в их нижней части находится дозирующее устройство 13, которое осуществляет высев семян и минеральных удобрений. После дозирующего устройства по семяпроводам 6, семена и удобрения поступают в сошник 7, который осуществляет их посев и заделку, при этом удобрения заделываются на 2 – 3 см ниже семян и в стороне от них.



а) общий вид; б) посевной ящик в разрезе; в) посевной ящик вид сверху;

1 – ёмкость для удобрений; 2 – ёмкость для семян; 3 – патрубок; 4 – семенной ящик; 5 – ящик для удобрений;
6 – семяпровод; 7 – сошник; 8 – шнек; 9 – цепная передача; 10 – датчик заполнения; 11 – перегородка;
12 – гидромотор; 13 – дозирующее устройство

Рисунок 1 – Схема широкозахватной механической сеялки

В данной конструктивной схеме предлагается использовать стандартные дозирующие устройства катушечного типа, которые получили наибольшее распространение на механических сеялках, эксплуатируемых в хозяйствах республики.

Предложенная конструктивная схема широкозахватной механической зерновой сеялки с централизованной системой высева семян и удобрений, значительно повысит производительность посева и обеспечит равномерное распределение семян по сошникам зерновой сеялки, в соответствии с предъявляемыми агротребованиями.

Литература

1. Машины посевные и посадочные. Правила установления показателей назначения: ТКП 078 – 2007. – Введ. 06.08.2007 – Минск: Белорус. научн. ин-т внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2007. – 40 с.

2. Бахмутов, В.А. Влияние равномерности размещения растений по площади на урожайность / В.А. Бахмутов, В.А. Любич // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 1981. – № 5. – С. 9 – 11.
3. Кузнецов, М.К. Неравномерность высева семян зерновыми сеялками / М.К. Кузнецов [и др.]; под общ. ред. М.К. Кузнецова // Тракторы и сельхозмашины. – М., 1980. – № 7. – С. 17-18.
4. Выполнить обзор и анализ распределительно-транспортирующих устройств высевающих систем известных широкозахватных зерновых сеялок: отчет о патентных исследованиях (промежуточный этап 01.1) / РУП "НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства"; рук. темы В.В. Микульский. – Минск, 2024. – 80 с. – № НИОКТР 20240251.

УДК 636.4.084

СМЕСИТЕЛЬ СЫПУЧИХ КОРМОСМЕСЕЙ

Ковалева¹ Т.М., аспирант, Ведищев¹ С. М., д.т.н., профессор,

Коновалов² В.В., д.т.н., профессор, Ложкина¹ Е.Б., аспирант

¹Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов,

²Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза

Для приготовления сухих рассыпных кормосмесей в условиях небольших животноводческих ферм предлагается смеситель (рисунок 1), позволяющий получать смесь в соответствии с зоотехническими требованиями при небольших удельных затратах энергии [1].

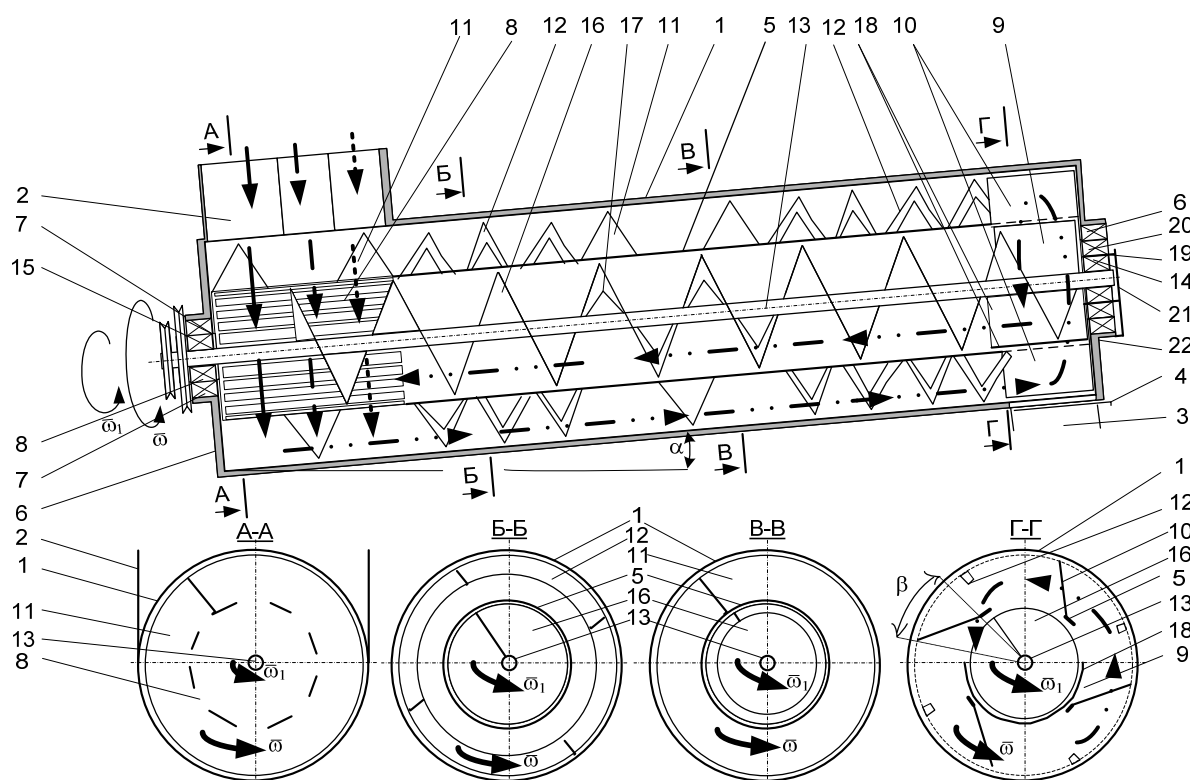


Рисунок 1 – Схема шнеково-ленточного смесителя сухих рассыпных кормосмесей

Смеситель сыпучих кормосмесей включает наклонный корпус 1 (рис. 1) с углом наклона α от 0 до 45°, многосекционный бункер 2 для наполнителя и добавок, выгрузное отверстие 3, перекрываемый заслонкой 4 и комбинированный шнеково-ленточный рабочий орган, который имеет трубчатый вал 5 установленный в подшипниковых опорах 6 и 7, у которого в зоне многосекционного бункера 2 имеются продольные прорезы 8 длиной равные длине многосекционного бункера 2, а на противоположном конце трубчатого вала 5 также имеются продольные прорезы 9, причем их длина соответствует размеру выгрузного

отверстия 3, причем между прорезями 9 крепятся лопасти 10 отогнутые от радиального направления на угол $\beta=25-40^\circ$, причем ширина прорези 9 соответствует расстоянию между крепящимися лопастями 10, число которых составляет от 2 до 8 штук, на наружной части трубчатого вала 5, от начала многосекционного бункера 2 до лопастей 10 крепятся чередующиеся шнековые спирали 11 и многозаходные ленточные спирали 12, причем длина указанных спиралей 11 и 12 соответствует от 1 до 4 их виткам, причем край ленточных многозаходных спиралей 12 заходит в межлопастное пространство от 1/4 до 1/8 длины лопастей 10 и располагается между лопастями 10, причем внутри трубчатого вала 5 установлен вал 13, вращающийся в подшипниковых опорах 14 и 15, причем на валу 13 крепятся чередующиеся шнековые спирали 16 и ленточные спирали 17, причем длина данных спиралей соответствует от 1/4 до 1/8 их виткам, причем в зоне лопастей 10 имеется неподвижный лоток 18 крепящийся к втулке 19 установленный между подшипниковых опор 14 и 20 и фиксируемой кронштейном 21 к фланцу 22 корпуса 1 [2-4].

Предложенная конструкция смесителя позволяет за счет интенсификации процесса взаимопроникновения компонентов сократить время приготовления порции кормовой качественной кормосмеси в условиях небольших животноводческих ферм [2-4].

Литература

1. Приготовление комбикормов в условиях КФХ / С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, А. В. Прохоров [и др.] // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию П. В. Сенина, Саранск, 22–23 ноября 2023 года. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2024. – С. 13-22. – EDN FWAHYG.
2. Моделирование критической частоты вращения лопастного ротора с отогнутыми лопастями в циркуляционном смесителе кормосмесей / Т. М. Ковалева, С. М. Ведищев, В. Ю. Зайцев, В. В. Коновалов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – Т. 25, № 4. – С. 700-711. – DOI 10.30766/2072-9081.2024.25.4.700-711. – EDN BARICJ.
3. Теоретическое обоснование частоты вращения лопастного погрузчика в циркуляционном смесителе / М. Е. Выгузов, С. М. Ведищев, В. Ю. Зайцев, В. В. Коновалов // Наука в центральной России. – 2024. – № 2(68). – С. 15-25. – DOI 10.35887/2305-2538-2024-2-15-25. – EDN MTXYXE.
4. Патент № 2804750 С1 Российская Федерация, МПК В01F 27/72. Смеситель сыпучих кормов : № 2022129557 : заявл. 15.11.2022 : опубл. 04.10.2023 / С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, Н. В. Хольшев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет». – EDN CWZOTW.

УДК 621.565

ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК ХЛАДАГЕНТА

Орешников Д.М., магистрант, **Угляница Г.А.**, магистрант,

Назаров Ф.И., к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Утечки хладагента вредят любой системе, которая перестает нормально работать и представляет угрозу для окружающей среды: так как давление в системе холодильной установки выше атмосферного, хладагент диффундирует в окружающий воздух. Компрессор при наличии утечки будет гораздо реже останавливаться, а в некоторых случаях может даже работать непрерывно (при меньшем количестве хладагента заданную холодопроизводительность можно обеспечить только за счет повышения длительности

работы компрессора). Такая ситуация может привести к повреждению компрессора вследствие его перегрева.

Для обнаружения утечки применяют различные методы определения местонахождения повреждений герметичных холодильных систем.

Визуальные методы. Появление масляных подтеков на изношенных сальниковых уплотнениях компрессоров свидетельствует о возможных утечках хладагента, поскольку вязкость масла значительно выше вязкости хладагента.

Для поиска утечек хладагента применяют сильно концентрированный мыльный раствор или специальная жидкость типа Prestobul (компания Dehon), которые наносят на трубопровод или любую другую часть установки тонким слоем. Появление пузырей позволяет установить место утечки. Такой метод обнаружения утечек пригоден для любых хладагентов, содержащихся в установках под давлением выше атмосферного.

Еще одним способом обнаружения утечек является использование добавляемого в хладагент индикатора утечек типа Dytel (компания Primagaz), который приобретает красную окраску в смеси с хладагентом. При наличии утечек на поверхности трубопроводов, агрегатов или узлов появляются красные пятна, что позволяет очень легко локализовать место ремонта. После ремонта красные следы удаляются тряпкой. Важно получить согласие изготовителей компрессора и поставщиков масла и хладагента на применение способа обнаружение утечек с помощью индикатора утечек.

Обнаружение утечек хладагента может также осуществляться путем визуализации процесса флуоресценции специальных добавок к хладагенту в ультрафиолетовом свете. Такой метод основан на использовании комбинации лампы (рисунок 1), излучающей ультрафиолетовый свет, со специальными добавками к хладагенту. Лампа излучает ультрафиолетовый пучок света высокой интенсивности, который возбуждает свечение индикатора газа, введенного в контур и в случае утечек истекающего наружу вместе с хладагентом [1].



Рисунок 1 – Ультрафиолетовая лампа для обнаружения утечек за счет свечения индикаторного газа в ее лучах (модель Spectroline FC 100)

Химическо-термический метод. Цвет пламени галоидной лампы изменяется при химической реакции, которая происходит между хлоридом и фтором, которые содержатся в горящем воздухе, и молекулами меди на горячем диске.

Электронный метод.

Существуют также более сложные приборы, в частности, электронные детекторы утечек (рисунок 2), некоторые модели которых оборудованы микронасосами. Преимущество прибора с микронасосом заключается в том, что при возникновении утечки насос успевает всосать хладагент, вытекающий из контура, прежде чем он рассеется в окружающей среде, особенно если место утечки обдувается вентилятором конденсатора либо испарителя или если в этой зоне существует мощный естественный поток воздуха.



Рисунок 2 – Электронный течеискатель

Электронные течеискатели измеряют изменение электрического тока в воздушном промежутке между двумя платиновыми электродами, расположенными на конце прибора. Когда хладагент проходит через промежуток, он ионизирует воздух между электродами и изменяет ток. Когда хладагент присутствует, ток между электродами увеличивается, так как воздух становится более благоприятным для прохождения тока. Чувствительный сигнал дает специалисту знать о присутствии хладагента и его количестве, увеличивая частоту звуковых и визуальных сигналов [2].

Данные электронные устройства во много раз более чувствительны, чем мыльные пузыри или галогенные лампы. Они обнаруживают мельчайшие утечки.

Использование изложенных в статье методов позволит своевременно обнаружить утечки хладагента, предотвратить поломку холодильного агрегата и снизить угрозу окружающей среде.

Литература

1. Производственно-техническая эксплуатация холодильного оборудования. Рекомендации / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; подгот.: Карпович С.К. [и др.]; под общ. ред. Карповича С.К. – Минск: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 2020. – 138 с.
2. Сапожников, Ф. Д. Охлаждение молока и техническое обслуживание установок : практикум для слушателей системы дополнительного образования / Ф.Д. Сапожников, В.М. Колончук, Ф.И. Назаров. – Минск : БГАТУ, 2016. – 88 с.

УДК 664.692.5

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В УЗЛАХ ПРЕССОВАНИЯ С УПРАВЛЯЕМЫМ ПОТОКОМ ТЕСТА

Торган А.Б., к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Макаронные изделия являются одним из самых распространенных продуктов питания. Ежегодно в мире спрос и уровень потребления данного продукта увеличивается в среднем на 2,5 %. При производстве макаронных изделий традиционным сырьем является твердая пшеница. В Республике Беларусь большая часть макаронных изделий вырабатывается из зерна мягкой пшеницы. Это приводит к снижению их питательных и вкусовых качеств.

Для повышения качественных показателей макаронных изделий, а так же оптимизации процесса формования в учреждении образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» на кафедре «Технологии и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции» была разработана специальная конфузорно-диффузорная вставка.

Для оптимизации предматричного пространства макаронного пресса и колодцев матрицы, а также для управления потоком теста, в предматричный канал и колодцы матрицы целесообразно установить конфузорно-диффузорные вставки специальной конструкции.

На рисунке 1 представлена принципиально-конструктивная схема узла прессования с управляемым потоком теста в предматричном пространстве и в колодцах матрицы.

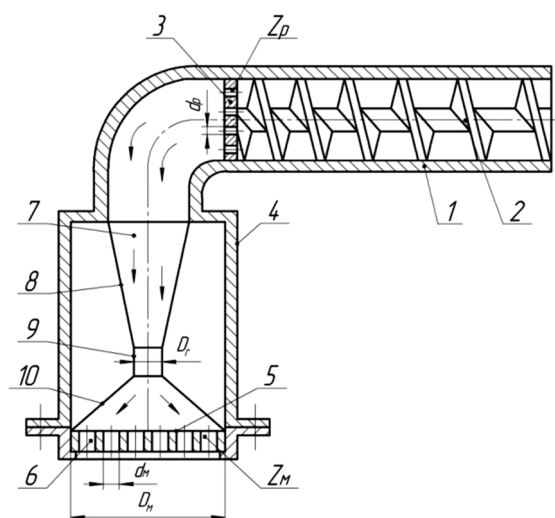


Рисунок 1 – Принципиально-конструктивная схема узла прессования с управлением потока теста в предматричном пространстве

Согласно патенту на изобретение РБ № 23082 узел прессования макаронного пресса состоит из шнековой камеры 1, внутри которой расположен шнек нагнетающего типа 2 и перфорированная направляющая решетка 3 для выравнивания скоростей окончательного перемещения теста с диаметром отверстий d_p и количеством отверстий Z_p . К камере крепится прессовая головка 4, выполненная с внутренней камерой в виде цилиндрического потрубка, в нижней части которого расположена матрица 5 с формирующими отверстиями 6 с диаметром d_m и количеством отверстий Z_m .

Внутри прессовой головки 4 на матрице 5 установлена вставка 7, состоящая из конфузора 8, горловины 9 и диффузора 10, при этом диаметр диффузора равен диаметру матрицы D_m . Конфузором вставка направлена в сторону шнека, а диффузором она опирается на матрицу 5, т.е. вставка 7 выполнена в виде трубы Вентури. Горловина 9 имеет диаметр D_r . Важно отметить, что поперечное сечение горловины 9 равно суммарной площади поперечных сечений формирующих отверстий 6 – формирующих механизмов. Стрелками на рисунке 1 показано направление движения теста. Внутри колодцев матрицы также установлены конфузорно-диффузорные вставки.

Узел прессования работает следующим образом. Макароны тесто с помощью шнека нагнетающего типа 2, расположенного в шнековой камере 1, преодолевая сопротивление перфорированной направляющей решетки 3 для выравнивания скоростей окончательного перемещения теста, поступает в прессовую головку 4, где попадает в конфузор 8, в котором происходит стабилизация теста и его пластификации. Из горловины 9 тесто направляется в диффузор 10, в котором имеет место расширение потока, снижение скорости движения теста, при этом часть кинетической энергии потока переходит в потенциальную, необходимую для преодоления гидравлического сопротивления последующих отверстий 6, а теплота трения из механической энергии движения повышает температуру теста и уменьшает его динамическую вязкость.

Так как тесто предварительно уплотнено, дополнительно пластифицировано и частично подогрето, оно плавно проходит через формирующие отверстия 6 при минимально возможном гидравлическом сопротивлении (без гидравлического удара).

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

Для экспериментального подтверждения теоретических предпосылок на кафедре проведены исследования качественных показателей макаронных изделий на стенде. По итогам эксперимента составлена таблица 1 со сравнительным анализом макаронных изделий, полученных с использованием специальных вставок и без них. Для проведения эксперимента была использована мука хлебопекарная высшего сорта М-54 -28 (СТБ 1666-2006 «Мука пшеничная» ТУ). Данная мука используется на филиале «Боримак» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» ОАО «Минскхлебпродукт», ОАО «Минский комбинат хлебопродуктов» и ОАО «Лидяхлебопродукт». Вода, соответствующая СТБ 1188-99 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества». Органолептические и физико-химические показатели качества макаронных изделий определяли в соответствии с СТБ 1963-2009.

Таблица 1 – Качественные показатели макаронных изделий (со вставками и без)

Показатели качества	Образцы муки	
	Мука мягкой пшеницы (высший сорт) без вставок	Мука мягкой пшеницы (высший сорт) со вставками
Цвет	однотонный с серо-кремовым оттенком	однотонный, без следов непомеса
Поверхность	гладкая с незначительной шероховатостью	гладкая
Форма	соответствующая заданной	
Запах	свойственный макаронным изделиям, без постороннего запаха	
Вкус	свойственный макаронным изделиям, без постороннего привкуса	
Состояние излома	среднестекловидный	стекловидный
Влажность, %	12,71	12,31
Кислотность, град.	3,1	2,8
Время варки, мин.	7	10
Состояние после варки	сохраняют форму удовлетворительно, немного склеиваются	сохраняют форму хорошо, не склеиваются, не образуют комков
Коэффициент увеличения массы макарон	2,0	2,21
Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, %	6,9	5,4

Анализ таблицы позволяет увидеть, что макаронные изделия, полученные со вставками имеют более высокие качественные показатели, а конфузорно-дифузорная вставка играет основную роль в подготовке тестовой массы и оказывает решающее влияние на полноту процесса формования макаронных изделий в формующих механизмах, а именно;

- осуществляется предварительное и равномерное уплотнение теста в конфузоре и горловине вставки при одновременной его пластификации;

- имеет место предварительный подогрев (разогрев) теста за счет теплоты трения при его движении через конфузор и горловину вставки, вязкость его уменьшается, что обеспечивает более плавный проход теста через формующие отверстия;

- форма вставки имеет минимальное гидравлическое сопротивление, что позволяет не только поддерживать необходимую величину давления, но и не снижать его уровень;

- за счет предварительного уплотнения, дополнительной пластификации и стабилизации потока теста, а также за счет предварительного подогрева тестовой массы и снижения гидравлических потерь в формующих механизмах скорость выпрессовывания увеличивается, а, следовательно, повышается производительность устройства при явном улучшении качества полуфабрикатов.

Литература

1. Изделия макаронные. Общие технические условия: СТБ 1963-2009. – Введ. 29.12.2009. – Минск: Гос. комитет по стандартизации Республики Беларусь: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 30 с.
2. 15. Груданов, В.Я. Узел прессования с процессинговым центром управления потоком макаронного теста в предматричной камере оптимальной конфигурации / В.Я. Груданов, А.Б. Торган, Г.И. Белохвостов // Пищевая промышленность: наука и технологии. –2021.-№ 4 (54), Том 14. - С. 91-96.
3. Груданов, В.Я. Технологические и реологические основы формования макаронных изделий в узлах прессования с предварительным двухступенчатым уплотнением, пластификацией и разогревом теста / В.Я. Груданов, А.Б. Торган, В.Г. Барсуков // Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Сэрыя аграрных навук. – Минск, 2022. - № 1. - С. 105-115.

УДК 664.7

**ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМЯН
ПОДСОЛНЕЧНИКА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Сергеева Л.В.

Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь

Подсолнечник относится к числу значимых культур возделывания в агропромышленном комплексе России. Семена подсолнечника и их производные, являющиеся частью плодов подсолнечника, активно используются в различных направлениях пищевой промышленности: масложировая, хлебобулочная, кондитерская, комбикормовая и др., а также в продуктах лечебно-профилактического, детского и специализированного питания функционального назначения.

Анализ литературных источников и патентной информации указывает на то, что предварительно измельченный шрот, изготавливаемый в виде пищевой подсолнечной крупки, используется в качестве компонента для производства различных видов кондитерских изделий:

- в группе кондитерских изделий, основой которых являются конфетные массы типа пралине: батончики, конфеты прямоугольной формы в шоколадной глазури и конфеты куполообразной формы, обсыпанные какао смесью;
- при выпечке печенья определенных сортов;
- при производстве начинок для карамели и орехозаменителей, имитирующих по своим свойствам ореховые массы;
- как пенообразователь, где в качестве предлагаемой функции белки подсолнечника образуют больше пены, с помощью которой формируется пролонгированный срок хранения в отличие от соевых белков [2].

Как источники продуктов переработки маслосемян – шрота и жмыха – семена подсолнечника выступают как ценный белковый продукт, содержащий незаменимые аминокислоты, необходимые для человека и животных [3]. Жмых получают путем прямого отжима. Шрот является продуктом прессования и последующей экстракции.

В недавнем прошлом их базовой областью применения чаще всего представлялось кормовое направление, где продукты переработки использовались либо в чистом виде, либо в качестве добавки. В настоящее время эти продукты и цельные семена подсолнечника выступают источниками высококачественного белка, которые используются в рационе питания человека. Их аминокислотный состав имеет высокую пищевую ценность и применяется в виде белкового концентрата.

Функциональные свойства белкового концентрата подсолнечника не уступают таковым свойствам концентрата, полученного из семян сои. Белковый концентрат подсолнечника содержит незаменимые аминокислоты (кроме лизина). При этом скор

серосодержащих аминокислот составляет 91% [1]. Все вышеописанные факты в разрезе белкового концентрата позволяют рекомендовать семена подсолнечника в качестве белкового обогатителя и функциональной добавки в продуктах лечебно-профилактического, детского и специализированного питания.

В хлебобулочной промышленности семена подсолнечника принадлежат к числу наиболее популярных семян при выпекании хлеба. Их используют в цельном виде способом смешивания с тестом после его расстойки или посыпать ими хлеб и булочки. В последнее время предложен большой ассортимент хлебцев с использованием семян ровно как для хлеба и булочек в качестве их внутреннего или же внешнего наполнения.

Альтернативным использованием семян подсолнечника является их проращивание и добавление в качестве сырьевого компонента с целью обогащения и повышения пищевой ценности продуктов питания в различных отраслях пищевой промышленности как в свежем, так и в сушеном виде.

В качестве инноваций на предприятиях пищевой промышленности, а именно хлебобулочного назначения можно предложить зерновые хлебцы с пророщенными семенами льна и подсолнечника произведенные способом инфракрасного сушения при использовании температуры в диапазоне 50-60 °С. Основным отличием от имеющихся аналогов на современном рынке в предложенном изделии является использование пророщенных семян льна и подсолнечника в количестве 68-75% от общей доли зерновой смеси, что позволяет в готовом продукте увеличить содержание полезных полиненасыщенных и насыщенных жиров, аминокислот, пищевых волокон, витаминов, минералов и антиоксидантов.

Предложенный способ производства зерновых хлебцев позволяет повысить эффективность технологического процесса и максимально сохранить полезные свойства пророщенных семян льна и подсолнечника в готовом продукте, которые благотворно влияют на поддержание гомеостаза систем организма и иммунитета человека.

Исследования выполнены в рамках государственного задания №75-01613-23-02 на проведение научно-исследовательской работы по теме «Инновации в пищевой индустрии и сфере услуг» (FRRS-2023-0010).

Литература

1. Гапонова, Л.В., Подсолнечник и использование его в безотходной технологии переработки с целью производства продуктов лечебно-профилактического и детского питания / Л.В. Гапонова, В.А. Гаврилова, Т.Ф. Демьяненко, Т.А. Полежаева, Г.А. Матвеева // Вестник ВГУИТ. – 2021. – Т. 83 № 4 – С. 181–189. doi:10.20914/2310-1202-2021-4-181-189
2. Куличенко, А.И. Применение продуктов переработки подсолнечника при производстве кондитерских изделий / А. И. Куличенко, Т.В. Мамченко, С.В. Куличенко // Молодой ученый. – 2014. – № 3(62). – С. 245-248. – URL: <https://moluch.ru/archive/62/9363/> (дата обращения: 27.09.2024)
3. Поморова, Ю.Ю. Характеристика, методы выделения белковой фракции семян основных масличных культур (обзор) / Ю.Ю. Поморова, В.В. Пятовский, Д.В. Бескоровайный, Ю.С. Болховитина // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 4 (180). – С. 161–169.

УДК 633.32

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Сельманович В.Л., к.с.-х.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Введение

Клевер луговой является базовой кормовой культурой Республики Беларусь и основным источником высоким содержанием протеина, минеральных веществ и витаминов. Благодаря возможности фиксировать азот воздуха и накапливать его в почве, эта культура не нуждается в минеральном азоте. Низкий уровень платежеспособности многих белковых

веществ в кормлении животных. По энергетической ценности он имеет высокий коэффициент аккумулированной энергии среди многолетних трав. Зеленая масса клевера лугового характеризуется сельскохозяйственных организаций не позволяет покупать необходимое количество дорогостоящих минеральных удобрений. В этой связи, посевы клевера лугового дают возможность уменьшить дозы внесения минеральных удобрений до 50% [1, 2].

Низкие урожаи зеленой массы клевера лугового обуславливаются невысоким уровнем его технологий. Поэтому увеличение урожайности клевера лугового возможно обеспечить внедрением высокопродуктивных сортов, рациональной системой обработки почвы, применением органических и минеральных удобрений, известкованием кислых почв. [5]

Клевер луговой может улучшить физическое и фитосанитарное состояние почвы, повышая ее аэрацию, накапливая в ней большое количество корневых и послеуборочных остатков. Введение посевов клевера лугового в полевых и кормовых травяных севооборотах дает возможность восстанавливать почвенное плодородие, значительно повышая урожайность всех сельскохозяйственных культур севооборота, и создает прочную кормовую базу для животноводства.[6]

В течение нескольких десятилетий ведется научная дискуссия по поводу минимальной системы обработки почвы. Основная обработка почвы всегда была одним из важнейших, но и наиболее энергоемких земледельческих мероприятий. На обработку почвы приходится 40% энергозатрат и 25% затрат труда от всех полевых работ. [4]

Основным вопросом изучения этой проблемы является обеспечение положительного баланса гумуса в пахотном слое почвы. Поэтому в условиях дальнейшей интенсификации привнесения органического вещества в почву - основы биологизации земледелия, для сокращения трудовых и материально-денежных затрат, большой научный и практический интерес имеет изучение эффективности разных способов основной обработки почвы [5, 6].

Цель и задачи исследований

Основная цель нашего исследования заключалась в изучении продуктивности клевера лугового сорта "Працаунік" в зависимости от систем удобрений и способов основной обработки супесчаной почвы. Экспериментальные исследования проводились в условиях 8-польного полевого севооборота в течение 2017 - 2019 гг. на опытном поле Ляховичского государственного аграрного колледж учреждения образования "Барановичский государственный университет" Брестской области. Почва опытных участков характеризуется низким содержанием гумуса (1,55% - 1,80%), легкогидролизующего азота (86 мг/кг), средним содержанием подвижных форм фосфора (163 мг/кг) и калия (85 мг/кг). Чередование культур в севообороте следующее: 1. Озимая пшеница. 2. Лен-долгунец. 3. Пелюшко-овсяная смесь. 4. Озимая рожь. 5. Рапс яровой. 6. Картофель. 7. Ячмень с подсевом клевера. 8. Клевер луговой.

Схема опыта: Фактор А - способы основной обработки почвы: А-1. Вспашка на 18 - 20 см (контроль); А-2. Обработка чизелем - плоскорезом КЧ-5.1 на глубину 18-20 см; А-3. Обработка тяжелой дисковой бороной БДТ-3 на глубину 10 - 12 см. Фактор В - системы удобрений: В-1. Без удобрений (контроль); В-2. Органо-минеральная традиционная (навоз 6,25 т/га + N50 P48 K55); В-3. Органо-минеральная с умеренными нормами минеральных удобрений (навоз 6,25 т/га + солома + N₁₀ на тонну + сидерат + N31 P32 K36). Непосредственно под клевер луговой удобрений не вносили. Внесение удобрений проводили под покровную культуру - ячмень яровой и предшественники. Расчеты с удобрениями приведены на один гектар севооборотной площади.

Закладка опытов, наблюдения и учета проводились в соответствии с методическими указаниями [3].

Результаты исследований

Исследованиями установлено, что способы основной обработки почвы, а также системы удобрений существенно влияли на рост и развитие клевера лугового. Анализ результатов исследований по динамике нарастания зеленой массы клевера лугового показал, что в среднем за два года эффективность от применения удобрений и способов основной

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

обработки почвы была разной (табл.1). Высокий урожай сформировался в фазу полного цветения на варианте чизельной обработки, где вносили органическую массу растений - солому, зеленые удобрения, навоз, а также умеренные дозы минеральных удобрений (навоз 6,25 т/га + солома + N₁₀ на тонну + сидерат + N31 P32 K36). В сумме за два укоса зеленая масса составила 59,65 т/га, что на 22,92 т больше, чем на не удобренном варианте. Системы удобрений положительно влияли на формирование урожайности. В фазу полного цветения прибавка урожайности зеленой массы - 15,1 т/га получена в первом укосе за счет органо-минеральной системы удобрений с умеренными нормами минеральных удобрений, а на контроле (без удобрений) урожайность составила 21,67 т/га. Урожайность зеленой массы клевера лугового нарастала до фазы полного цветения и становилась в сумме за два укоса независимо от систем удобрений 29,42-59,65 т/га.

Существенно изменялась при этом и динамика роста растений клевера лугового по фенологическим фазам под воздействием обработки почвы и систем удобрений. Максимальная разница в их высоте складывалась в фазе бутонизации первого укоса - 2,25...5,05 см (табл.1) в вариантах с обработками (без удобрений), немного меньше эта разница была в фазе начала цветения -1,4...2,0 см и полного цветения-0,05... 1,85 см.

Таблица 1. Продуктивность клевера лугового в зависимости от обработки почвы и систем удобрений (среднее значение за 2017 - 2019 гг.)

Обработка почвы, А	Удоб- рения, В	Среднее по укосам и фазам вегетации							
		зеленая масса, т/га			высота травостоя, см		сухое вещество, т/га		
		1-й	2-й	сумма	1-й	2-й	1-й	2-й	сумма
Бутонизация									
А-1	В-1	17,95	11,47	29,42	64,55	58,70	3,39	1,92	5,31
	В-2	25,41	14,14	39,55	67,65	61,00	4,75	2,35	7,10
	В-3	23,00	16,79	39,79	67,25	62,90	4,62	2,84	7,46
А-2	В-1	19,65	11,84	31,50	69,60	58,85	3,71	1,93	5,64
	В-2	26,95	15,05	42,00	71,55	63,10	4,77	2,42	7,14
	В-3	29,35	14,54	43,89	70,45	63,60	5,60	2,41	7,85
А-3	В-1	20,21	11,72	31,93	66,80	60,45	3,72	1,91	5,63
	В-2	26,49	14,65	41,14	69,60	62,25	4,68	2,24	6,99
	В-3	28,48	13,58	42,06	70,05	62,30	5,35	2,17	7,52
Начало цветения									
А-1	В-1	19,53	12,09	31,62	79,10	71,15	4,16	2,09	6,25
	В-2	26,74	19,69	46,43	81,95	73,15	5,53	3,40	8,93
	В-3	24,50	21,05	45,55	82,05	74,80	5,10	3,58	8,68
А-2	В-1	20,93	12,33	33,26	80,50	73,65	4,20	2,06	6,26
	В-2	30,16	18,89	49,05	83,10	75,35	6,24	3,15	9,39
	В-3	31,80	19,30	51,10	84,00	75,40	6,67	3,30	9,97
А-3	В-1	21,50	13,16	34,66	81,10	71,95	4,24	2,13	6,37
	В-2	32,18	15,85	48,03	84,10	73,30	6,47	2,66	9,13
	В-3	32,75	18,50	51,25	84,20	74,75	6,81	3,05	9,86
Полное цветение									
А-1	В-1	21,67	12,49	34,16	89,10	76,05	5,50	2,74	8,24
	В-2	29,69	21,98	51,67	92,05	78,45	6,47	4,02	10,49
	В-3	30,14	22,66	52,80	92,45	79,75	6,90	4,30	11,20
А-2	В-1	23,22	13,51	36,73	89,05	77,15	5,62	2,82	8,44
	В-2	33,51	21,77	55,28	93,30	78,90	8,31	4,18	12,49
	В-3	36,77	22,88	59,65	95,80	79,65	8,97	4,55	13,52
А-3	В-1	23,27	13,32	36,59	87,25	77,10	5,37	2,85	8,22
	В-2	33,95	22,25	56,20	92,10	78,30	7,70	4,18	11,88
	В-3	34,54	23,14	57,68	93,75	79,00	8,49	4,44	12,93

Внесение удобрений значительно способствовало росту растений. В фазе полного цветения максимальная разница - 6,75 см была в первом укосе за счет удобрения в варианте В-3 (чизельная обработка), а на контрольном варианте А-1 (вспашка) она составила лишь

3,35 см. Подобная тенденция наблюдалась и во втором укосе. Максимальная высота травостоя в конце вегетации (полное цветение) была на чизельной обработке почвы при органо-минеральной системе удобрений с умеренными нормами минеральных удобрений (навоз 6,25 т/га + солома + N₁₀ на тонну + сидерат + N₃₁P₃₂K₃₆). В первом укосе она составила 95,8 см, что на 16,1 см больше, чем во втором укосе.

Анализ нарастания сухого вещества на протяжении периода вегетации свидетельствует о том, что высокие его показатели в сумме за два укоса -13,52... 12,93 т/га отмечены в фазе полного цветения на вариантах плоскорезной и дисковой обработки почвы, где вносили органические и умеренные нормы минеральных удобрений.

Известно, что интенсивность фотосинтеза определяет чистая продуктивность в виде сухой биомассы, что образуется на 1 м² площади листьев за сутки [1]. Нами определено, что продуктивность растений находится в тесной зависимости с площадью ассимиляционной поверхности, скоростью формирования и продолжительностью ее жизнедеятельности. Для полной характеристики динамики формирования продуктивности зеленой массы клевера лугового был использован показатель чистой продуктивности фотосинтеза. По результатам расчетов (табл.2) высокие показатели чистой продуктивности фотосинтеза травостоя клевера лугового сформировались в фазе полного цветения в вариантах, где вносили органическую массу растений - солому, зеленые удобрения, навоз, а также умеренные дозы минеральных удобрений. В сумме за два укоса они составили соответственно 8,49 - 9,32 г/м² в сутки.

Таблица 2. Динамика формирования чистой продуктивности фотосинтеза растениями клевера лугового в зависимости от обработки почвы и систем удобрений, г/м² в сутки (среднее значение за 2017 - 2019_гг.)

Обработка почвы, А	Удобрения, В	Среднее по укосам и фазам вегетации								
		бутонизация			начало цветения			полное цветение		
		1-й	2-й	сумма	1-й	2-й	сумма	1-й	2-й	сумма
А-1	В-1	2,24	3,79	6,03	2,36	3,16	5,52	2,75	3,50	6,25
	В-2	3,10	4,53	7,63	2,93	4,89	7,82	3,13	4,79	7,92
	В-3	2,92	5,38	8,30	2,71	5,02	7,73	3,35	5,14	8,49
А-2	В-1	2,38	3,78	6,16	2,29	3,16	5,45	2,71	3,66	6,37
	В-2	2,63	4,46	7,09	3,03	4,41	7,44	3,72	4,85	8,57
	В-3	3,02	4,28	7,30	3,16	4,53	7,69	3,99	5,33	9,32
А-3	В-1	2,31	3,68	5,99	2,30	3,26	5,56	2,60	3,65	6,25
	В-2	2,71	4,20	6,91	3,27	3,88	7,15	3,55	5,08	8,63
	В-3	2,97	4,04	7,01	3,37	4,39	7,76	3,82	5,41	9,23

В вариантах с разными обработками почвы без применения удобрений чистая продуктивность фотосинтеза в фазу полного цветения (за два укоса) колебалась от 6,25 до 6,37 г/м² в сутки.

Анализ динамики чистой продуктивности фотосинтеза показал, что увеличение накопления сухого вещества по всем фазам развития растений наблюдалось в вариантах, с внесением удобрения. Большое количество сухого вещества формируется в фазе полного цветения - 9,32 г/м² в сутки в варианте В-3, что на 2,95 г/м² больше по сравнению с контролем, где удобрения не вносили.

Выводы

Выращивать высокие урожаи клевера лугового в условиях западной части Республики Беларусь можно лишь при достаточном обеспечении его необходимыми питательными веществами. В исследованиях установлено, что последствие органо-минеральной системы удобрений с умеренными нормами минеральных удобрений и компенсацией элементов питания за счет навоза, соломы и сидератов оказалось весьма эффективным. А замена вспашки под клевер луговой на продуктивную и энергоэкономную плоскорезную (чизельную) обработку почвы не влияет на уменьшение урожайности зеленой массы клевера лугового.

Литература

1. Ковалевская Л. И. Изменчивость морфологических и хозяйственно полезных признаков у клевера лугового и ее использование в селекции / Л. И. Ковалевская, В. И. Бушуева // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2016 – № 3. – С.74–78.
2. Ковалевская Л. И. Результаты конкурсного испытания сортообразцов клевера лугового разных типов спелости / Л. И. Ковалевская, В. И. Бушуева // Земляробства і ахова раслін. – 2017 – № 6 – С. 7–13.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник / Б.А. Доспехов. 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
4. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007 – 448 с.
5. Лапа В. В. Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006 – 120 с.
6. Сельманович В.Л. Кормопроизводство: учебное пособие / В.Л.Сельманович – Минск: Новое знание, 2008.-256 с.:ил.

УДК 631.461:631.51(571.53/55)

**ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ДЕСТРУКТОРОВ
СТЕРНИ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРОМИЦЕТОВ В ВЫЩЕЛОЧЕННОМ
ЧЕРНОЗЕМЕ И УРОЖАЙНОСТЬ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ**

Разина¹ А.А., к.с.-х.н., доцент, **Крук² И.С.,** к.т.н, доцент,

Замашников¹ Р.В., к.с.-х.н., **Зайцев¹ А.М.,** к.с.-х.н., доцент

¹Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В Иркутской области в интенсивно используемых пахотных угодьях, вследствие резкого снижения уровня применения органических удобрений, на долю почв с низким содержанием гумуса приходится 42,1 % [3]. В процессах образования и минерализации гумуса немаловажное значение имеет количественный и функциональный состав почвенной микрофлоры [5], ресурсосберегающие технологии [1], в том числе системы обработки почвы [6].

В технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, где применяются различные приемы минимализации обработки почвы и прямой посев, происходит накопление растительных остатков, в частности зерновых культур, из-за содержания в них значительного количество целлюлозы, лигнина и незначительного – азота, период их полной деструкции составляет 3-5 лет [4].

В условиях Предбайкалья вопрос влияния способов основной обработки и деструкторов стерни на микробиологическую активность микромицетов почвы и содержание гумуса не изучался.

Цель наших исследований заключалась в оценке влияния приемов основной обработки выщелоченного чернозема Предбайкалья и применение деструктора стерни Эфика Энзим на микробиологическую активность почвенных микромицетов и урожайность зеленой массы суданской травы.

Опыт проводился в лесостепной зоне Предбайкалья в условиях учебно-научного производственного подразделения «Семена» Иркутского ГАУ.

Объектами исследований явились деструкторы стерни Эфика Энзим и ФунгиРА, почва, микромицеты и суданская трава сорта Землячка.

Почва опытного участка среднесуглинистый выщелоченный чернозем, с содержанием гумуса в слое 0-30 см 4,2%; общего азота 0,20%; валового фосфора 0,22%; рН_{сол} 6,2; сумма поглощенных оснований 24-28 мг-экв./100 г; гидролитическая кислотность 7,1-7,2 мг-

экв./100 г; степень насыщенности основаниями 72-74%; обеспеченность доступными формами фосфора и калия средняя.

Повторность опыта трехкратная. Площадь опытной делянки 160 м². Предшественник - яровая пшеница на зерно. Зяблевая обработка почвы не проводилась. Наблюдения за объектами исследований проводили в чистом пару и под посевами суданской травы на силос. Обработка почвы в чистом пару включала вспашку на 23-25 см в 1-ой декаде июня и две послойных культивации на 8-10 и 10-12 см в середине июля и августе. Изучение развития микроорганизмов в чистом пару проводили на фоне применения деструкторов стерни перед вспашкой и без их применения.

Схема опыта под суданскую траву:

Фактор А – приемы предпосевной обработки почвы: 1. Вспашка плугом ПЛН-5-35 на глубину 20-22 см в первой декаде июня; 2. Дискование дискатором БДМ-4 на глубину 10-12 см в эти же сроки.

Фактор Б – использование деструкторов стерни: 1. Без деструктора; 2. Деструктор Эфика Энзим; 3. Деструктор ФунгиРА.

Стерню яровой пшеницы перед посевом суданской травы обрабатывали деструкторами 6 июня 2023 г. путем опрыскивания ранцевым опрыскивателем и сразу же заделывали в почву орудиями согласно схеме опыта. Через один день после заделки стерни, обработанной деструкторами, была посеяна суданская трава. Способ посева рядовой сеялкой СЗМ-400, после посева поле прикатывали.

Почвенные образцы отбирали перед обработкой деструкторами и после уборки урожая суданской травы.

Микробиологическую активность почвы изучали по активности образования колоний почвенных микромицетов. Для их выделения из почвы применяли метод разведения Ваксмана с последующим посевом в питательную среду Чапека [7].

Учет урожая проводили 19 сентября путем скашивания суданской травы на учетных площадках и взвешивания на площадных весах.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа с применением пакета программ Snedecor V5 «Прикладная статистика для исследований» [2, 8].

Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание колоний микромицетов в почве и урожайность зеленой массы суданской травы в зависимости от способов обработки почвы и деструкторов стерни (2023 г.)

зависимости от способов обработки почвы и деструкторов стерни (2023 г.)				
Способы обработки почвы – фактор А	Деструктор стерни – фактор В	Количество колоний микромицетов в 1 г. почвы на питательной среде Чапека, шт.		Урожайность зеленой массы суданской травы, т/га
		6 июня	19 сентября	
Пар	0 контроль	24	57	-
	Эфика Энзим		149	-
	ФунгиРА		70	-
Вспашка	0		30	73,7
	Эфика Энзим		77	79,8
	ФунгиРА		48	77,3
Дискование	0		28	62,5
	Эфика Энзим		73	67,0
	ФунгиРА		120	66,1
НСР ₀₅ по урожайности	Фактор А=2.15; Фактор В=2.63; АВ=3.72			
Степень влияния факторов по урожайности	А=0.85; В=0.08; АВ=0			

Использование деструктора стерни Эфика Энзим в вариантах обработки почвы обеспечило увеличение численности колоний микромицетов на 220,8 % – по вспашке и на 204,2 % и 10,3 % соответственно – по дискованию. В варианте с деструктором ФунгиРА и дискаторной обработкой почвы – количество колоний было больше, чем по вспашке на 64,4%.

Статистическая обработка экспериментальных данных урожайности суданской травы показала, что прибавки, полученные от различных способов обработки почвы и применения деструктора стерни достоверны. Вспашка, по сравнению с обработкой почвы дискатором, способствовала повышению урожайности зеленой массы суданской травы на 15,1 %.

Лучшим вариантом было сочетание применения деструктора стерни Эфика Энзим со вспашкой почвы, обеспечившим повышение микробиологической активности почвенных микромицетов – на 220,8 %, относительно исходного состояния почвы и увеличение урожайности зеленой массы суданской травы – на 12,7 % по сравнению с вариантом дискования почвы. Для эффективного действия деструктора ФунгиРА лучше подходит поверхностная обработка почвы дискованием.

Литература

1. Богомолова Ю.А. Роль ресурсосберегающих технологий и деструкторов соломы в изменении содержания и качественного состава органического вещества светло-серой лесной почвы в условиях Нижегородской области / Ю.А. Богомолова, В.В. Ивенин, А.В. Ивенин, Н.А. Минеева, Л.Г. Шашкаров // Вестник Чувашиского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4. – С. 13-19.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
3. Деградация земли. Ученых беспокоит состояние почв в регионе / текст Ю. Мамонтовой // Общественно-политическая газета «Областная». – 2021. – № 140 (2339). – С 10-11.
4. Емцев В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. – М.: Дрофа. – 2005 – 444 с.
5. Зинченко М.К. Действие приемов основной обработки почвы на микробный потенциал агроландшафтов серой лесной почвы / М.К. Зинченко // Земледелие. – 2016. – № 1. – С. 16-19.
6. Ивенин А.В. Влияние систем обработки светло-серой лесной почвы и различных деструкторов соломы на продуктивность зернового севооборота в условиях юго-востока Волго-Вятского региона / А.В. Ивенин, А.П. Саков, Ю.А. Богомолова, В.В. Ивенин, А.Г. Захорян, А.Н. Фирсов // Вестник Чувашиского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3. – С. 15-21.
7. Методы экспериментальной микологии / под общей ред. чл.-кор. АН УССР В.И. Билай. – Киев: Изд-во Наукова думка. – 1973. – 238 с.
8. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере / О.Д. Сорокин. – Краснообск: Изд-во ГУП РПО СО РАСХН – 2004. – 162 с.

УДК 628.511.633.85

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРУШИВАНИЯ СЕМЯН КЛЕЩЕВИНЫ

Иванов В.С., студент, **Чебанов А.Б.**, к.т.н., доцент, **Чебанова Ю.В.**, к.г.н., доцент
Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь

Основными элементами масличных семян являются семенное ядро и его оболочка.

Обрушивание - один из основных процессов, обеспечивающих отделение оболочки от ядра. Этот процесс главным образом влияет на качество полученного масла, так как при тщательном разделении ядра от оболочки в масле не будет образовываться осадок, не будет видимых помутнений и будут отсутствовать микровкрапления. Смесь, которая образуется в процессе, называется рушанкой.

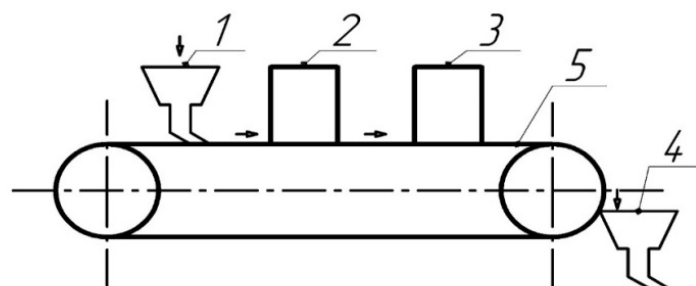
Обрушивание семян клещевины производится несколькими способами [1]:

- 1) путем легкого их сжатия между двумя гладкими валами в специальных шелушильных установках;
- 2) аэрошелушением, основанным на использовании звуковой или сверхзвуковой скорости воздуха или газа;
- 3) разрушением оболочки избыточным давлением, созданным внутри семени;
- 4) методом снятия избыточного давления;
- 5) электрогидравлическим эффектом.

В первом случае семена помещаются на конвейерную ленту, которая подает их в рабочий узел машины – вальцы. За счет того, что расстояние между вальцами меньше, чем толщина семени, происходит незначительное сжатие и, как следствие, растрескивание семенной оболочки. Несмотря на простоту конструкции, семена перед обработкой данным методом следует сортировать по фракциям, чтоб не допускать попадания в рушанку целого семени и избегать чрезмерного давления на ядро, так как произойдет выделение некоторого количества масла, что приведет к замасливанию вращающихся барабанов, налипанию на них шелухи и уменьшению выхода масла.

Во втором способе семена, поступающие в аппарат, подхватываются сжатым воздухом или газом, подаваемым через сопло Лаваля, и выбрасываются в разгрузитель. В процессе движения семян под влиянием фрикционного воздействия потока воздуха на оболочку, инерционной перегрузки семян, возникновения в них некоторого избыточного давления, происходит их обрушивание. Способ с аэрошелушением не нашел свое широкое применение из-за необходимости применения воздушного компрессора высокой производительности.

Третий метод производится в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. В таком случае происходит быстрый и равномерный прогрев семян по всему объему, что приводит к интенсивному испарению влаги из ядра. Образующиеся пары концентрируются в пространстве между ядром и оболочкой, что обуславливает создание определенного давления, способного разрушить оболочку (рис. 1) [2].



1 - дозирующий желоб; 2 - увлажняющий бункер; 3 - нагревающий бункер;
4 - желоб для очищенных семян; 5 - транспортерная лента.

Рисунок 1 – Функциональная схема лущильной установки с применением сверхвысокой частоты нагрева

Метод обрушивания семян с применением сверхвысокой частоты нагрева обладает высокой скоростью обрушивания, за счет повышенной влажности семян не образует пыль, отсутствует механическое давление на ядра, поэтому не происходит предварительного отжима масла, а также лишен недостатков, какие есть у других способов, таких как замасливание узлов и агрегатов, ввиду того, что семена клещевины имеют очень хрупкое высокомасличное ядро [3], которое при соприкосновении с рабочими органами машин рассыпается на мелкие фракции, образование мелкодисперсной пыли, которая является токсичной.

Четвертый метод очистки путем мгновенного снятия избыточного давления водяного пара заключается в том, что вначале в полостях между ядром и оболочкой путем подогрева семян и испарения содержащейся в них воды создается избыточное давление водяного пара, после чего герметичный сосуд, в котором находятся семена, сообщается с атмосферой, в результате чего возникает перепад давлений между внутренними полостями семян и межсеменным пространством и оболочка «взрывается» изнутри. Данный метод обрушивания позволяет получить ядро и лузгу семян без их существенного дробления. Трудность такого решения заключается в создании условий, в которых может быть реализована эта возможность. Однако, с другой стороны, при вводе острого пара в межсеменное пространство наблюдается в течение некоторого промежутка времени деформация сжатия оболочки семян, поскольку проницаемость оболочки ограничена и давление пара направлено внутрь семян. Благодаря этому оболочка как бы прижимается к ядру, а иногда и ядро испытывает сжимающее усилие. Для такого высокомасличного ядра, как ядро семян клещевины, такой метод не подходит, так как происходит небольшой процесс отжима масла, в следствии чего замасливается шелуха, что влияет на весь процесс шелушения и увеличивает потери производства. Кроме этого, этот метод сопровождается постоянными хлопками.

Пятый метод основан на электрогидравлическом эффекте. Подразумевает под собой то, что при протекании электрического разряда высокого напряжения в жидкости вокруг зоны разряда возникают импульсы высокого гидравлического давления, способные производить работу разрушения семенной оболочки. Электрический разряд между двумя электродами, погруженными в жидкость, создает высокоионизированный проводящий электрический канал из газа и плазмы. При расширении плазменного канала за счет соударения его частиц с холодной стенкой жидкости формируется ударная волна с давлением в несколько тысяч атмосфер, движущаяся с постоянной скоростью и сопровождаемая пульсацией и кавитационными явлениями. Весь этот комплекс явлений и способен вызвать разрушения материала, помещенного в жидкость [4]. Недостатком электрогидравлического метода является то, что семена погружены в рабочую жидкость, которая после разрушения оболочки впитывает часть масла и повышает уровень влажности семян.

Проведенным анализом установлено, что метод обрушивания семян клещевины с применением сверхвысокой частоты их нагрева в сравнении с иными методами обеспечит наилучшую эффективность обрушивания за счёт отсутствия соприкосновения семян с рабочими органами машин, и, как следствие, последующего снижения потерь масла в процессе их переработки.

Литература

1. Журавель Д. П., Чебанов А. Б., Верещага О. Л. Вимоги до підготовчих операцій при пресуванні мезги насіння рицини. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Мелітополь, 2-27 листопада 2020 р.) / ТДАТУ. Мелітополь, 2020. С. 673-678.
2. «Технология производства растительных масел» / под редакцией В. М. Копейковского и С. И. Данильчук. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1982, 120-132 с.
3. Дідур В. А. Зубкова К. В. Аналіз дослідження фізико-механічних властивостей насіння рицини. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь, 2004. Вип. 19. С. 22-28.
4. «Подготовительные процессы переработки масличных семян» / под редакцией В.В. Белобородова – М: Пищевая промышленность, 1974, 282-285 с.

УДК 631.82 : 633.2.033 (254)

СБАЛАНСИРОВАННОЕ УДОБРЕНИЕ ТРАВЯНЫХ УГОДИЙ И ПОДБОР БОГАТЫХ САХАРАМИ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ – БЕЗОПАСНЫЙ ПУТЬ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СКОТОВОДСТВА

Головач А.А., к.с.-х.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Травяные корма наиболее гетерогенны из всех сельскохозяйственных продуктов. На их качество в большей мере в сравнение с производством зерна, клубне- и корнеплодов оказывают влияние факторы окружающей среды (плодородие почвы, удобрения, климат и агротехника). Достоинством трав в обеспечении высокого качества зеленой массы является выбор ранних фаз их развития для скармливания скотом, возможности несколько сужаются при заготовке их на силос, сенаж и сено, что практически исключено при производстве зерна, клубне- и корнеплодов.

Для удовлетворения потребностей животных требуется не менее 80 питательных и биологически активных веществ, из которых 15 – минеральные элементы (фосфор, калий, кальций, магний, сера, натрий, хлор, железо, марганец, цинк, медь, кобальт, йод, селен, молибден). Менее требовательно жвачное животное к набору аминокислот и витаминов в рационе. Содержание минеральных элементов в травянистых растениях колеблется в широких пределах и имеют место случаи, когда животное (особенно высокопродуктивное) без специальных добавок в кормовой рацион (примиксов), не обеспечивает свою потребность в определенных минеральных элементах. Организацией удобрения трав следует обеспечивать необходимый баланс элементов питания в траве бобовых и злаковых растений за счет их внесения в виде минеральных макро- и микроэлементов. Это обойдется гораздо дешевле по сравнению с их специальной очисткой и добавлением в рацион в качестве примиксов.

В связи со сложным экономическим положением в ряде сельскохозяйственных организаций из минеральных удобрений, применяемых на сельскохозяйственных угодьях, основное значение придается азотсодержащим. При применении азотных удобрений, без дополнительного внесения других макро- и микроэлементов снижается относительное (на 1 кг зеленой массы) содержание последних в зеленых кормах. Наблюдается процесс "разбавления" – темп увеличения вегетативной массы трав превышает темпы поступления многих элементов из почвенных запасов. Так, если при внесении азотсодержащих минеральных удобрений урожай удваивается, для одновременного сохранения минерального состава растений, почва должна обеспечить двойной расход минеральных элементов, которые не входили в состав удобрения. С внесением "чистых" минеральных концентрированных азотных, фосфорных, калийных удобрений и сокращением применения органических удобрений, с ростом урожайности вероятность недостатка вторичных элементов и микроэлементов возрастает. И если при скармливании минеральный состав трав изменяется в меньшей степени в связи с возвратом части элементов в почву с экскрементами животных, то при интенсивном сенокосном использовании, если не вносятся органические удобрения, это проявляется в наибольшей мере. Высокие дозы калийных удобрений (свыше 150 кг/га K_2O) способствуют высокому содержанию калия и снижению содержания магния на 1 кг зеленой массы. При избытке в корме калия и недостатке магния может возникнуть у молочных коров тетания (гипомагниемия), которая по клиническим признакам напоминает злокачественную анемию – исхудание, снижение удоев, нарушение половой функции, что отрицательно скажется на экономическом состоянии сельскохозяйственной организации. В таких травостоях часто наблюдается ниже допустимого уровня содержание и других микроэлементов, возникает необходимость более строгого контроля углеводно-протеинового питания животных. От "одностороннего" применения повышенных доз азотных удобрений (без фосфорсодержащих и калийных) в траве резко снижается относительное (на 1 кг зеленой массы) содержание сухого вещества и легкорастворимых углеводов, увеличивается

уровень сырого протеина – сахаро-протеиновое соотношение становится несбалансированным (оптимальное сахаро-протеиновое соотношение – 1:0,8-1). Избежать нежелательных последствий нарушения сахаро-протеинового соотношения в некоторой степени помогают корма богатые клетчаткой, однако высокая доля труднорасщепляемой клетчатки снижает суточную продуктивность животного. Для поддержания сахаро-протеинового соотношения на оптимальном уровне большой практический интерес представляют райграсы и межродовые гибриды многолетних райграсов и овсяниц – фестулолиумы, отличающиеся от других злаковых трав более высоким содержанием сахаров. На 2024 год в Государственном реестре сортов сельскохозяйственных растений Республики Беларусь для кормовых целей насчитывается: 26 сортов райграса пастбищного (сорта белорусской селекции Гусяр, Гаспадар, Хуторской); 4 сорта райграса гибридного; 10 сортов райграса многоукосного и 15 сортов райграса однолетнего (белорусский – сорт Луч). Также в Госреестр РБ на 2024 год включены 8 сортов фестулолиума, в том числе белорусские сорта Удзячны, Метеор и Галубоўскі, характеризующиеся повышенным содержанием сахаров и обменной энергии в сухом веществе, что важно для кормления молочного скота. Фестулолиум приспособлен к разной реакции почвенной среды, что делает его универсальной злаковой культурой укосного и пастбищного назначения.

Таким образом, интенсификация производства зеленого корма через сбалансированное удобрение кормовых угодий и подбор злаковых трав богатых сахарами является эффективным и безопасным для здоровья животных способом ведения сельского хозяйства.

УДК 628.511.633.85

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КАСТОРОВОГО МАСЛА В ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Иванов В.С., студент, Чебанов А.Б., к.т.н., доцент, Адамова С.В.

Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь

Клещевина - однолетнее растение, принадлежит к семейству молочайных, цветки которого собраны в соцветии типа «кисть», плод типа «коробочка». Семена клещевины состоят на 40-60% из масла, содержащее триглицериды, в частности рицинолеин.

Касторовое масло применяется в ряде современных отраслей техники. В промышленности касторовое масло широко используется для приготовления защитных покрытий. Вследствие содержания в молекуле рицинолевой кислоты, касторовое масло принадлежит к невысыхающим, что позволяет использовать его при производстве пленкообразователей и олиф.

Касторовое масло или его производные применяют в качестве компонентов в алкидных и эпоксидных смолах, в качестве исходного продукта для приготовления клеенок и выделки кожи, в качестве компонентов для производства пластиков и каучука.

Диэлектрическая постоянная касторового масла выше диэлектрических постоянных других растительных масел, что также обусловлено наличием оксигруппы и рицинолевой кислоты. Диэлектрическая постоянная касторового масла 4,0—4,5, в то время как у остальных масел 3,0—3,2. Это позволяет использовать касторовое масло в качестве жидкого диэлектрика и как сырье в производстве радиотехнической аппаратуры.

Перспективным является использование касторового масла в качестве смазочного материала. Было установлено, что на базе касторового масла можно получать смазочные материалы, удовлетворяющие современным требованиям. Полученные таким образом масла могут иметь заданную вязкость в большом интервале отрицательных и положительных температур. Температура застывания их очень низкая и, кроме того, они не образуют нагаров при эксплуатации в условиях высоких температур, нерастворимы в нефтепродуктах, нетоксичны. Кроме того, касторовое масло безопасно по отношению к пластмассам [1].

В прошлом, широко были распространены жидкости на касторовой основе для гидроприводов тормозов автомобилей. Состояли из смеси равных долей касторового масла и спирта. Жидкость ЭСК — этиловый спирт и касторовое масло, БСК — бутиловый спирт и касторовое масло.

Первая давно не производится, так как имеет низкую температуру кипения и содержит легко отделяемый этиловый спирт [2].

В автомобилестроении касторовое масло используют для смазки двигателя, так как оно имеет высокую вязкость и стабильность на высоких температурах, что делает его идеальным для смазки автомобильных двигателей; для смазки подшипников и шестерен, благодаря своим проникающим свойствам, масло обеспечивает эффективную смазку подвижных деталей автомобиля; для защиты от коррозии за счет антикоррозийных свойств.

В авиационной отрасли масло клещевины также нашло применение для смазки газотурбинных двигателей. Касторовое техническое масло обеспечивает надежную смазку газотурбинных двигателей самолетов, что повышает КПД и увеличивает ресурс.

Масло касторовое техническое может использоваться в составе противогололедных покрытий для обработки поверхностей, предотвращая образование льда в холодные периоды [3].

Инженерами исследуются технологии улучшения биодизеля путем добавления масла касторки, за счет ее богатого содержания на насыщенные и ненасыщенные кислоты. При использовании биодизеля в качестве топлива механические и ресурсные характеристики двигателя не ухудшаются, но выбросы выхлопных газов значительно снижаются. В качестве оптимальной смеси биодизель-касторовое масло была выбрана 15%-ная смесь. Ученые пришли к выводу, что смеси касторового масла и биодизеля являются приемлемой альтернативой топливу для двигателя [4].

В ходе проведения исследовательской работы было изучено большое количество технической и агротехнологической литературы и выяснено, что масло клещевины обладает высокой вязкостью, высокими диэлектрическими свойствами, поэтому нашло свое применение в машиностроении и в авиации в качестве смазочных материалов, в химической промышленности в качестве составляющих при производстве лаков и олиф, а также противогололедных покрытий и как присадка в процессе производства биодизельного топлива.

Литература

1. "Технология производства масла из клещевины" // Издательский дом "Отраслевые Ведомости" [Электронный ресурс] URL: <http://www.oilbranch.com/publ/view/464.html> (дата обращения 20.09.2024)
2. "Касторовое масло" // Кэмикалс Коатинг. Промышленная химия [Электронный ресурс] URL: https://www.exxol.ru/catalog/?ELEMENT_ID=541&ysclid=m16fjmz4fo347659314 (дата обращения 21.09.2024)
3. "Масло касторовое техническое: многоцелевой продукт для промышленности" // Группа компаний КСК [Электронный ресурс] URL: <https://ksk-service.ru/maslo-kastorovoe-tehnicheskoe-mnogocелеvoy-produkt-dlya-promyshlennosti/?ysclid=m16fo4cemb840201595> (дата обращения 21.09.2024)
4. "Exhaust emissions of castor oil biodiesel from a diesel engine" // Environ Technol. 2013 Jul-Aug; [Электронный ресурс] URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24350455/> (дата обращения 21.09.2024)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ В ЭМУЛЬСИТАТОРАХ

Бренч А.А., к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Комплексные исследования структурно-механических и ряда технологических характеристик фарша при измельчении [1,2] не позволяют научно обоснованно подойти к расчету, осуществлению и прогнозированию этого процесса с целью получения готовых продуктов высокого качества при стабилизированных выходах. В результате любого механического воздействия (перемешивания, растирания, измельчения, резания и пр.) на продукт изменяются величины его физических свойств и технологические показатели. Для получения желаемого эффекта необходимо подвести к продукту определенное количество полезной энергии, которая вызывает изменение качества продукта. Другая часть энергии из общей расходуется на преодоление сил сопротивления и трения, преобразуясь в теплоту.

Для проведения экспериментальных исследований процесса тонкого измельчения мясного сырья в эмульситаторах конструктивными и режимными входными регулируемые параметрами выбраны коэффициент проходного сечения ножевой решетки ($K_{пр}$), толщина решетки (σ , мм), частота вращения ножа ($n_{вр}$, об/мин) и коэффициент заполнения загрузочной воронки (K_3).

Коэффициент проходного сечения ножевой решетки, определялся по формуле

$$K_{пр} = \frac{F_p}{\sum F_o} = \frac{\frac{\pi \cdot d_p^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{н.о.}^2}{4}}{\frac{\pi \cdot d_o^2}{4} \cdot z} = \frac{d_p^2 - d_{н.о.}^2}{d_o^2 \cdot z},$$

где F_p – площадь ножевой решетки, м²,

$\sum F_o$ – суммарная площадь отверстий в решетке, м²,

d_p – диаметр решетки, м,

$d_{н.о.}$ – диаметр посадочного отверстия, м,

d_o – диаметр отверстия в ножевой решетке, м,

z – количество отверстий в ножевой решетке.

В результате произведенных расчетов для серийной решетки с диаметром отверстий 10 мм $K_{пр1} = 0,46$; для разработанной решетки с диаметром отверстий 10 мм $K_{пр2} = 0,47$; для серийной решетки с диаметром отверстий 5 мм $K_{пр3} = 0,35$; для разработанной решетки с диаметром отверстий 5 мм $K_{пр2} = 0,45$.

Также, одним из определяющих факторов влияющих на качество и энергоемкость процесса измельчения мясного сырья в эмульситаторах является толщина ножевой решетки, которая варьировалась в пределах от 6 до 12 мм ($\sigma_1 = 6$ мм, $\sigma_2 = 8$ мм, $\sigma_3 = 10$ мм, $\sigma_4 = 12$ мм).

Коэффициент заполнения загрузочной воронки варьировался в пределах от 0,25 до 1 ($K_{31} = 0,25$, $K_{32} = 0,5$, $K_{33} = 0,75$, $K_{34} = 1$).

Для определения рациональных режимных параметров работы эмульситатора, в эксперименте задавали частоту вращения ножа в диапазоне от 1500 до 3000 об/мин ($n_1 = 1500$ об/мин, $n_2 = 2000$ об/мин, $n_3 = 2500$ об/мин, $n_4 = 3000$ об/мин).

В качестве выходных параметров выбраны производительность эмульситатора (Π , кг/ч), приrost температуры сырья во время измельчения (Δt , °C) и удельная энергоемкость процесса ($n_{уд}$, Втч/кг)

Таким образом, для экспериментальных исследований процесса тонкого измельчения в эмульситаторах были выбраны следующие характеристики:

- коэффициент проходного сечения ножевой решетки $K_{пр}$;
- толщина ножевой решетки (σ , мм).
- частота вращения ножа (n , об/мин).

- коэффициент заполнения загрузочной воронки (K_3).
- производительность эмульсатора (Π , кг/ч),
- приrost температуры сырья во время измельчения (Δt , °C)
- удельная энергоёмкость процесса ($n_{уд}$, Втч/кг)

В колбасном цеху ОАО «Ошмянский мясокомбинат» для проведения исследований был разработан и изготовлен экспериментальный стенд, состоящий из промышленного эмульсатора KS F10/031 и контрольно-измерительных приборов.

Для прогнозирования и расчетов основных технологических характеристик обрабатываемого сырья после обработки экспериментальных данных получено уравнение, позволяющее определять приrost температуры во время измельчения.

$$\Delta t = 0,0038 K_{np}^{-1,29} \sigma^{0,63} n^{0,66} K_3^{-0,11},$$

где K_{np} – коэффициент проходного сечения ножевой решетки;

σ – толщина ножевой решетки, мм;

n – частота вращения ножа, об/мин.

K_3 – коэффициент заполнения загрузочной воронки.

При обработке полученных экспериментальных данных получена зависимость производительности конструктивных параметров эмульсатора

$$\Pi = 70,53 K_{np}^{1,05} \sigma^{-0,1} n^{0,51} K_3^{0,09}.$$

Уравнение для определения удельной энергоёмкости процесса измельчения имеет вид

$$n_{уд} = 0,13 K_{np}^{-0,72} \sigma^{0,15} n^{0,44} K_3^{-0,05}.$$

Комплексные исследования структурно-механических и технологических характеристик фарша при тонком измельчении фарша в эмульсаторе позволили научно обоснованно подойти к расчету, осуществлению и прогнозированию этого процесса с целью получения готовых продуктов высокого качества.

Анализ полученных экспериментальных данных:

1. Наибольшее влияние на приrost температуры оказывает коэффициент проходного сечения решетки, ее толщина и частота вращения ножа. Причем, как видно из графиков, при одинаковой степени измельчения ($d_0=10$ мм) использование разработанной конструкции решетки снижает приrost температуры сырья на 18,3% по сравнению с серийной. При $d_0 = 5$ мм применение нового режущего инструмента позволяет снизить приrost температуры на 15,1%.

2. Определяющими параметрами, влияющими на производительность, являются коэффициент проходного сечения решетки и частота вращения ножа. Причем, как видно из графиков, при одинаковой степени измельчения ($d_0=10$ мм) использование разработанной конструкции решетки повышает производительность на 18,1 % по сравнению с серийной. При $d_0 = 5$ мм применение нового режущего инструмента позволяет повысить производительность на 10,3 %.

3. Главными параметрами, влияющими на энергоёмкость процесса тонкого измельчения из исследуемых параметров, являются коэффициент проходного сечения решетки, ее толщина и частота вращения ножа. Как видно из графиков, при одинаковой степени измельчения ($d_0=10$ мм) позволяет уменьшить удельную энергоёмкость на 7,1 %. Использование разработанной нового режущего инструмента с диаметрами отверстий $d_0 = 5$ мм позволяет уменьшить удельную энергоёмкость на 10,8 %.

Литература

1. Косой, В.Д. Совершенствование производства колбас (теоретические основы, процессы, оборудование, технология, рецептура и контроль качества) / В.Д. Косой, В.П. Дорохов. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 766 с.
2. Даурский, А.Н. Резание пищевых материалов. Теория процесса, машины, интенсификация / А.Н. Даурский, Ю.А. Мачихин. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 240 с.

УДК 631.58

**ПРИНЦИПЫ НАУЧНО ОБОСНОВАННОГО ВЫБОРА
СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

Бережнов Н.Н., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова, г. Кемерово

Одним из основных факторов достижения высоких технико-экономических показателей при производстве продукции растениеводства является набор технологических приемов почвообработки, составляющий систему обработки почвы, который должен обеспечивать высокое качество выполнения работ в оптимальные сроки в конкретных природно-производственных условиях.

Согласно классическому определению, система обработки почвы — комплекс научно обоснованных приемов обработки почвы, последовательно выполняемых при возделывании культуры или паровом поле севооборота для обеспечения оптимальных почвенных условий для роста и развития растений [2].

Посредством системы обработки почвы регулируются почвенные режимы и фитосанитарное состояние поля, увеличивается мощность пахотного слоя, предупреждается развитие эрозии. Система обработки почвы определяет, в целом, земледельческую культуру поля и, как следствие, уровень плодородия и урожайность сельскохозяйственных культур [5].

Основные задачи системы обработки почвы в современной земледелии [1]:

- создание для растений благоприятного водно-воздушного, теплового и питательного режимов путем изменения строения и структурного состояния пахотного слоя;
- улучшение общей фитосанитарной обстановки в полях севооборота, за счет уничтожения сорняков, возбудителей болезней и вредителей сельскохозяйственных культур;
- повышение противозерозионной устойчивости почвенных фонов, заделка и равномерное распределение в почве растительных остатков и удобрений;
- создание условий для использования высокопроизводительных машин, за счет обеспечения и поддержания стабильного состояния поверхностного слоя почвы по глубине и микрорельефу.

Системы обработки почвы под конкретные культуры в севообороте взаимосвязаны между собой ввиду существенного влияния предшественников на особенности подготовки почвы под последующие культуры. Поэтому все системы обработки объединены в технологические комплексы или системы обработки почвы, подразумевающих сочетания различных приемов.

В основе построения системы обработки почвы в севооборотах выделяются следующие принципы [2]:

- принцип разноглубинной обработки почвы в севообороте;
- принцип минимизации обработки почвы;
- принцип почвозащитной целесообразности и экологической адаптивности приемов и технологий обработки.

Принцип разноглубинности обработки почвы в севообороте обосновывает необходимость чередования глубокой, мелкой и поверхностной обработок с учетом особенностей агроландшафта, биологических требований культур, их отзывчивости на глубину обработки и мощность пахотного слоя. Разноглубинная обработка позволяет

хорошо разрыхлять «плужную подошву» заделывать семена и вегетативные органы размножения сорных растений.

Принцип минимизации обработки почвы применим прежде всего на хорошо окультуренных высокоплодородных почвах с оптимальными агрофизическими свойствами.

Применение минимизации обработки почвы, позволяет уменьшить число проходов техники по полю, сократить сроки выполнения работ, повысить производительность труда в 1,5-2 раза, снизить энергетические затраты на 30%.

Минимизация обработки почвы имеет также негативные результаты: увеличивается засоренность полей, поражаемость растений вредителями и болезнями, происходит разграничение плодородия верхнего и нижнего слоев, накопление гумуса и питательных веществ только в верхнем 10-сантиметровом обрабатываемом слое почвы и обеднению азотом, чрезмерному уплотнению нижнего необрабатываемого слоя.

Принцип почвозащитной целесообразности и экологической адаптивности приемов и технологий обработки почвы направлен на предупреждение эрозионных процессов и защиту почвы, уменьшение до приемлемых уровней отрицательного влияния эрозии на почву и окружающую среду. В основе принципа заложены экологическая оценка и выбор способа обработки почвы с высокой противоэрозионной эффективностью в зависимости от особенностей почвенно-климатической зоны и агроландшафта.

Федеральная система технологий и машин формируется исходя из перспективной совокупности машинных технологических систем, необходимых для осуществления всего множества технологий производства сельскохозяйственной продукции [3]. Машинные технологические системы, представляющие собой набор технологических операций, выполняемых с помощью комплексов или поточных линий машин и оборудования, включают в себя технологии различных уровней [32].

В работах [1, 3-5], отмечается важность разработки и формирования системы или комплексов машин для конкретных зон земледелия, на основании критериев выбора технологических процессов обработки почвы с учетом современных требований, которые основаны на многофакторной оценке их эффективности с учетом экологических требований.

Критерий энергоэффективности способа, приема и процесса обработки почвы характеризует уровень использования эффективной потенциальной энергетической возможности технических средств, применяемых в растениеводстве.

Критерий экологичности способа, приема и процесса обработки почвы (сохранение и восстановление плодородия почвы) включает в себя минимум уровня уплотняющего воздействия технических средств на почву, буксования движителей энергосредств и количества выбросов вредных веществ в почву.

Критерий обеспечения качества обработки почвы определяется многочисленными факторами, зависящими от зональных условий земледелия, характеристиками применяемых технических средств, свойств почвы и растений и т.д. От качества обработки почвы, рационального выбора способа зависит урожайность возделываемых культур и качество получаемой продукции.

Критерий энергосбережения в технологических процессах обработки почвы выполняется путем оптимального проектирования и освоения новых технических средств, обоснования оптимальных конструктивно-технологических параметров, эксплуатационных показателей и нагрузочно-скоростных режимов их работы, количества операций в технологии.

Интегральный (обобщенный) критерий выбора технологических процессов обработки почвы, совмещающий вышеперечисленные критерии оценки эффективности, необходим в том случае, если все они являются значимыми, хотя теория и практика показывают, что в основном, критерии неравнозначны. Однако, нередко к технологическим процессам и техническим средствам предъявляются многочисленные требования, обязательные для выполнения. В таком случае, в зависимости от значимости критериев эффективности требуется провести их ранжирование.

Предложенная формализация обеспечивает возможность разработки рациональной системы и технологических процессов в конкретных условиях земледелия по критериям эффективности и экологической безопасности.

Литература

1. Джаббаров, Н.И. Научные принципы выбора эффективных технологических процессов обработки почвы / Н.И. Джаббаров. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. - 2016. - № 15 (119). - С. 251-260. - URL: <https://moluch.ru/archive/119/32989/> (дата обращения: 18.03.2024).
2. Евтефеев, Ю.В. Основы агрономии: учебное пособие / Ю.В. Евтефеев, Г.М. Казанцев. - Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2024. - 367 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2094513> (дата обращения: 29.09.2024).
3. Елизаров, В.П. Принципы формирования федеральной системы технологий и машин для растениеводства / В.П. Елизаров, В.М. Бейлис // Тракторы и сельхозмашины, № 1, 2005. - с. 9-11.
4. Машины и орудия для обработки почвы. [Электронный ресурс] Современное производство и техника [сайт] – URL: https://itexn.com/9842_mashiny-i-orudija-dlja-obrabotki-rochvy.html (дата обращения 11.03.2024).
5. Система обработки почвы [Электронный ресурс] Сельское хозяйство [сайт] – URL: <https://universityagro.ru/земледелие/система-обработки-почвы/> (дата обращения 11.03.2024).

УДК 619:618.19-002-073:636.22/28

ОБОСНОВАНИЕ ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ МАСТИТА У КОРОВ ТЕРМОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Гируцкий¹ И.И., д.т.н., доцент, Ракевич² Ю.А.

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,

²НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, г. Минск

Одним из источников экономических потерь при промышленном производстве молока являются воспалительные заболевания вымени у коров, в частности маститы разных форм проявления [1]. Одним из эффективных методов бесконтактной диагностики мастита у коров является термографический анализ изображения вымени коровы. Технологическое обоснование термографического метода будет способствовать быстрому контролю мастита в условиях поточного производства молока и существенно сократить потери продукции и расход противомикробных препаратов [2,3].

Нами разработана методика, учитывающая нормативные требования [4]. диагностики мастита коров термографическим методом в условиях поточной технологии [5].

На действующей молочно-товарной ферме для выявления мастита КРС используется экспресс-тест - СМТtest-Delaval (Калифорнийский маститный тест). Совместно с ветеринарными специалистами исследование проводили с помощью пластинок молочно-контрольных типа ПМК-1 и препарата реагента «Кенотест». Смешивали препарат с молоком в течении 10 секунд стеклянной палочкой. Формирование групп и учет реакции проводили по характеру взаимодействия смеси: 1-я группа (-) отрицательная, жидкость однородная, водянистая, количество соматических клеток меньше 200 тыс./мл; отсутствие мастита; 2-я группа (+) сомнительная, смесь однородная, однако появляется незначительная вязкость, которая исчезает через 30 сек., количество соматических клеток от 200 до 500 тыс./мл; риск наличия мастита необходимо лечение; 3-я группа (++) слабоположительная, четко просматривается образование желе, но без формирования концентрированного сгустка, количество соматических клеток от 400 до 1500 тыс./мл; наличие воспалительного процесса, необходимо лечение; 4-я группа (+++) положительная, образование густого,

малоподвижного комка, отстающего от дна лунки, количество соматических клеток 800-5000 тыс./мл; наличие мастита, необходимо лечение.

В результате были сформированы четыре группы животных в заданных температурных условиях: «здоровая» группа – животные с отрицательным тестом по СМТtest-Delaval (-) в диапазоне температур - $[34,6^{\circ}\text{C} < T_{\text{max}} < 36,8^{\circ}\text{C}]$; «сомнительная группа» с сомнительным тестом по СМТtest-Delaval (+) в диапазоне температур - $[36,8^{\circ}\text{C} < T_{\text{max}} < 38^{\circ}\text{C}]$; «субклиническая» группа с субклинической стадией мастита по СМТtest-Delaval (++) в диапазоне $[38^{\circ}\text{C} < T_{\text{max}} < 39^{\circ}\text{C}]$ и «клиническая» с выраженной стадией мастита по экспресс-тесту (+++) в диапазоне $[39^{\circ}\text{C} < T_{\text{max}} < 40,5^{\circ}\text{C}]$ [5].

Разработан алгоритм идентификации раннего мастита дойных коров по максимальной температуре вымени с использования критерия Байеса, минимизирующий риски принятия неправильных решений. Если полученные значения применить к экспериментальным данным, получим следующие результаты: 1-я группа (здоровая) из 30 коров в группе, отнесены к здоровым – 20, к сомнительным – 10, а вероятность принятия правильного решения – 66,67 %; 2-я группа (сомнительная) из 30 коров в группе, отнесены к сомнительным – 27, к здоровым – 3, вероятность принятия правильного решения – 90 %; 3-я группа (субклиническая) из 30 коров в группе, отнесены к субклинике – 28 к сомнительным – 2, вероятность принятия правильного решения – 93,33 %; 4-я группа (клиническая) из 30 коров в группе, отнесены к клинике 30 к субклинике – 0, вероятность принятия правильного решения – 100 % [6].

Реализация термографического метода диагностики мастита коров в условиях поточного производства молока предполагает установку средства на входе в доильный зал с двух сторон относительно вымени коров после электронной идентификации животного и позволяет осуществить диагностику степени заболевания маститом путем анализа температурных показателей термографического снимка вымени. (рис.).

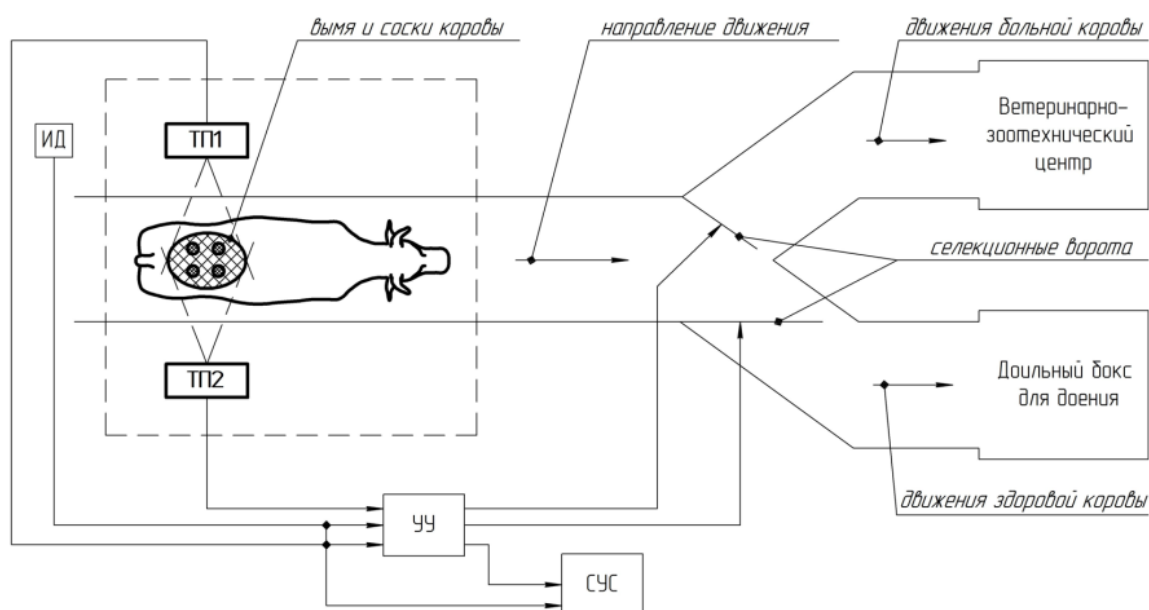


Рисунок – Конструктивно-технологическая схема включения термографического метода диагностики мастита в поточную линию доения коров:

ИД – идентификация коровы; ТП1, ТП2 – тепловизионные установки; УУ – устройство управления; СУС – система управления стадом

После идентификации номера и диагностики маститного заболевания животное направляется на специальные лечебные процедуры, минуя процесс дойки. Наивысшей степенью требований поточного производства молока соответствует термографический метод, с возможностью его комбинированного использования с кенотестом и с датчиками

электропроводности, что показывает наибольшую вероятность определения мастита с наименьшей степенью вероятности смешивания молока больных и здоровых коров.

Теоретически и экспериментально определены технические параметры средства для бесконтактной идентификации мастита коров термографическим методом в условиях поточного производства молока: угол обзора объектива технического средства в горизонтальной плоскости - $\alpha_{гор} = 33$ град, в вертикальной плоскости - $\alpha_{верт} = 24$ град; фокусное расстояние - $f = 0,0075$ м; зона обзора вымени в горизонтальной плоскости - $S_{гор} = 0,57$ м, в вертикальной плоскости $S_{верт} = 0,42$ м; минимальный элемент разрешения вымени в горизонтальной плоскости - $\Delta_{гор} = 0,0037$ м, в вертикальной плоскости - $\Delta_{верт} = 0,0047$ м; рациональное расстояние от объектива технического средства до вымени - $L = 1$ м; рациональное расстояние от объектива технического средства до пола - $H = 1$ м [7].

Литература

1. Лучко, И. Т. Воспаление молочной железы у коров (этиология, патогенез, диагностика, лечение и профилактика): монография / И. Т. Лучко. – Гродно: ГГАУ, 2019. – 184 с.
2. Кирсанов, В. В. Разработка автоматизированного и роботизированного комплекса машин и оборудования с интеллектуальными цифровыми технологиями для развития молочного животноводства / В. В. Кирсанов, Ю. А. Цой, Д. Ю. Павкин // Вестник ВНИИМЖ, № 2(46) – 2022. – с. 24–31.
3. Гируцкий, И. И. Анализ инфракрасного изображения вымени коров / И. И. Гируцкий, В. И. Передня, Ю. А. Ракевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – с. 9–12.
4. https://mshp.gov.by/ru/documents_animals-ru Организационно-технологические требования при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа/ Одобрены постановлением коллегии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 4 июня 2018 г. №16. Дата доступа 09.09. 2024 г.
5. Гируцкий, И. И. Экспериментальные исследования термографического метода диагностики мастита дойных коров / И. И. Гируцкий, Ю. А. Ракевич, А. Г. Сеньков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механиз. сельского хоз-ва». – Минск, 2020. – Вып. 54. – с. 204–211.
6. Гируцкий, И. И. Статистический алгоритм обработки термографических снимков вымени коровы для диагностики мастита с использованием критерия Байеса / И. И. Гируцкий, А. Г. Сеньков, Ю. А. Ракевич // Научно-технический журнал «Системный анализ и прикладная информатика». – 2023. – № 1. – с. 42–46.
7. Ракевич, Ю.А. Выбор конструктивно – технологической схемы термографирования вымени коров / Ю.А. Ракевич, И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков // Агропанорама. – 2023. – № 5. – с. 7-13.

УДК 631.171 : 681.518.3

КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ЖИВОЙ МАССЫ КОРОВ В УСЛОВИЯХ МТФ

Немирович С.И.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Животноводство – перспективное и доходное мероприятие при условии соблюдения правильного содержания, развития животного и оптимального расхода кормов. На всех этапах развития животного необходимо осуществлять контроль за живой массой и состоянием животного. Живую массу можно определить весами, параметрическими способами (зоотехнические таблицы) и оптико электронной системой.

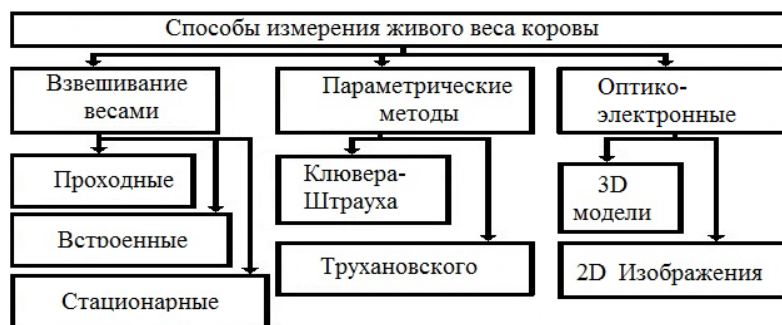


Рисунок 1 – Картинка с разветвлением

Взвешивание с использованием весов считается самый точный и достоверный способ, но он не лишен недостатков, таких как вызывает стресс у животного при каждом замере, трудоемкий и небезопасный для работников, которые проводят измерения. Проходные весы более безопасны, но обладают сложностью измерения массы в динамике и перед заходом скапливаются коровы, которые боятся заходить на платформу для взвешивания.

Параметрические методы или по-другому измерение веса с помощью параметрических значений (обмеров) основывается на том, что масса тела пропорциональна его объему. Точность измерения у таких способов зависит от безошибочности проведения обмеров. Недостаток расчётного метода заключается в погрешности, которая может достигать 20-30кг. В сравнении с взвешиванием коров на весах, в процентном же соотношении разность составляет 3-7%. [1]

Основные методики параметрических способов измерения это методу Клювер-Штрауха и способ Трухановского. Метод Клювер-Штрауха заключающийся в том, что по результатам измерения обхвата груди за лопатками и косой длины туловища по специальной таблице высчитывают живую массу животных.[2] По способу Трухановского измеряется вершками длина туловища от холки до корня хвоста и обхват груди кругом позади лопатки и полученные цифры вершков перемножаются.[3] Недостатками данных методов являются трудоемкость и погрешность измерения.

На смену параметрическим и стационарным весам происходят оптико-электронные системы, большинство данных методов заключается в измерение параметров коровы через изображение или создается 3D модель животного с которых получают объем и коррелируют ее с массой по данной породе. Данные системы еще недостаточно точные для полноценного измерения массы, но дают возможность контролировать динамику изменения живой массы у животного в течении короткого промежутка времени. Данные системы не вызывают стрессового состояния у животного, полностью безопасны в применении и позволяют создать базу данных с ежесуточным контролем массы. На рисунке 2 предоставлен пример работы определения размеров животного по 2D изображению.



Рисунок 2 – Методика получения размеров животного по 2D изображению

Литература

1. Взвешивание крупного рогатого скота: цели и способы [Электронный ресурс]. / Невские весы – Режим доступа: Vesservice.com/company/blog/vzveshivanie-krs/ – Дата доступа: 26.09.2024.
2. Основы разведения сельскохозяйственных животных: учебно-методическое пособие для подготовки студентов 2 курса факультета ветеринарной медицины к лабораторно-практическим занятиям / В.П. Колесень, С.В. Юрачик, И.А. Дешко, М.И. Дюба. – Гродно: ГГАУ, 2008 – 111 с.
3. Как определить живой и убойный вес скота без весов, с помощью измерений? [Электронный ресурс]. / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстана – Режим доступа: <https://agro.tatarstan.ru/> – Дата доступа: 26.09.2024.
4. Немирович С.И. Оценка массы коровы по оптическому изображению с использованием нейросети. / С.И. Немирович, А.Г. Сеньков // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: Сборник научных статей IX международная научно-практическая конференция, 7 апреля 2021 года / Белорусский национальный технологический университет. - Минск: БНТУ, 2021. - С. 31-32.

УДК 636.52/58.082.474

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ И ВЫРАЩИВАНИЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Плаксин¹ И.Е., к.т.н., Трифанов¹ А.В., к.т.н., доцент, Гутман² В.Н., к.т.н., доцент

¹Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург,

²Барановичский государственный университет, г. Барановичи

Введение

Птицеводство – отрасль сельского хозяйства, специализирующаяся на производстве мяса птицы, пищевых яиц, а также пуха и пера в качестве побочной продукции.

Данная отрасль играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации ввиду того что в структуре производства мяса, мясо птицы находится на первом месте (рис.1).

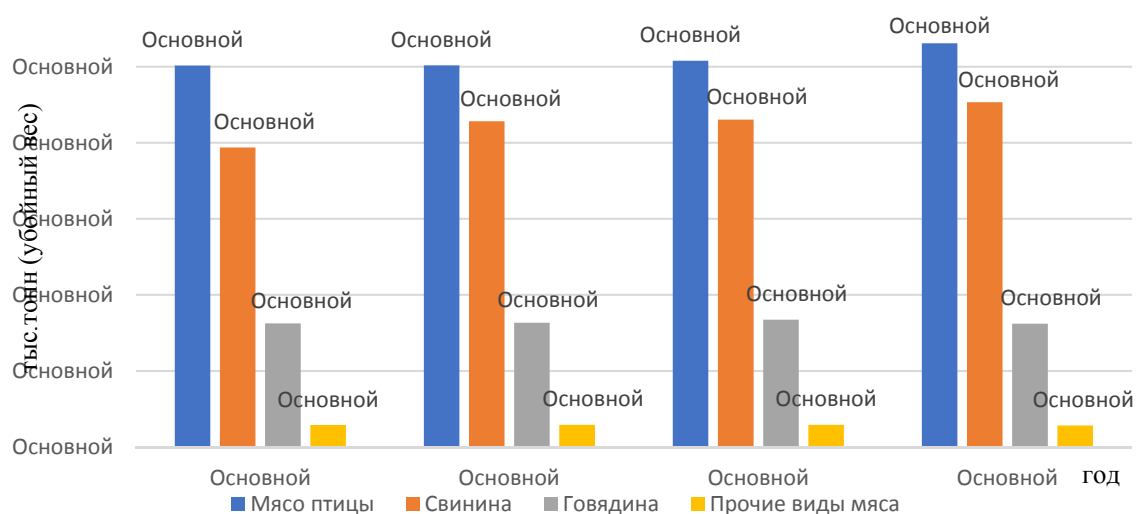


Рисунок 1 - Производство скота и птицы в России, тыс. тонн (убойный вес)

По видам в общем объеме производства мяса птицы на первом месте находится мясо цыплят-бройлеров (88,3%), второе место занимает мясо индеек (7,5%), далее следует мясо, полученное в результате технологической выбраковки кур яичных кроссов (3,3%), и на остальные виды мяса птиц (гуси, утки, перепела и т.д.) приходится не более 0,9% [1].

Птицеводческая отрасль Беларуси сосредоточена на 19 птицефабриках яичного направления и 17 птицефабриках мясного направления.

В республике достигнуты высокие результаты яйценоскости кур-несушек. Так на пяти крупнейших птицефабриках с поголовьем от 500 тысяч кур-несушек до 1 миллиона кур-несушек в 2022 году получено от 312 до 336 яиц в год на одну курицу-несушку. При этом конверсия корма на 1000 яиц составляет 1,5 ц.

На пяти крупнейших птицефабриках мясного направления в 2022 году произведено за год от 59,8 до 115,0 тысяч тонн. В 2023 году достигнуто производство на всех птицефабриках мясного направления 701 тысяча тонн мяса бройлеров. При этом достигнута высокая продуктивность мясной птицы: среднесуточный прирост бройлеров 55-60 г, конверсия корма составляет 1,7 кг на 1 кг привеса бройлеров [2].

Результаты исследования и обсуждение

На основе проведенного анализа был сделан вывод о том, что наибольшей эффективностью для мелкотоварных производителей будут обладать модульные мобильные здания, собранные на заводе изготовителе и поставляющиеся на место эксплуатации в готовом виде

Исходя из этого был спроектирован и изготовлен опытный образец технологического модуля для откорма цыплят-бройлеров представляющего собой модульное производственное помещение габаритными размерами 6х2,4х3,2 метра, внутри которого размещена клеточная батарея, на каждом ярусе которой установлены групповые бункерные кормушки, линии поения с микро чашечными nipple-поилками. Для обеспечения оптимального температурного режима предусмотрено использование темных инфракрасных обогревателей расположенных на потолке каждого яруса клеточной батареи и оборудованных терморегуляторами с термодатчиками, обеспечивающих поддержание температуры в автоматическом режиме. Для притока свежего и удаления отработанного воздуха в модуле реализована приточно-вытяжная система вентиляции тоннельного типа с механическим побуждением. Для обеспечения оптимального светового режима предусмотрено как естественное, так и искусственное освещение, реализуемое с помощью окон и энергосберегающих диодных светильников. Для сбора и удаления помета используются лотки, расположенные под каждым ярусом клеточной батареи[3].

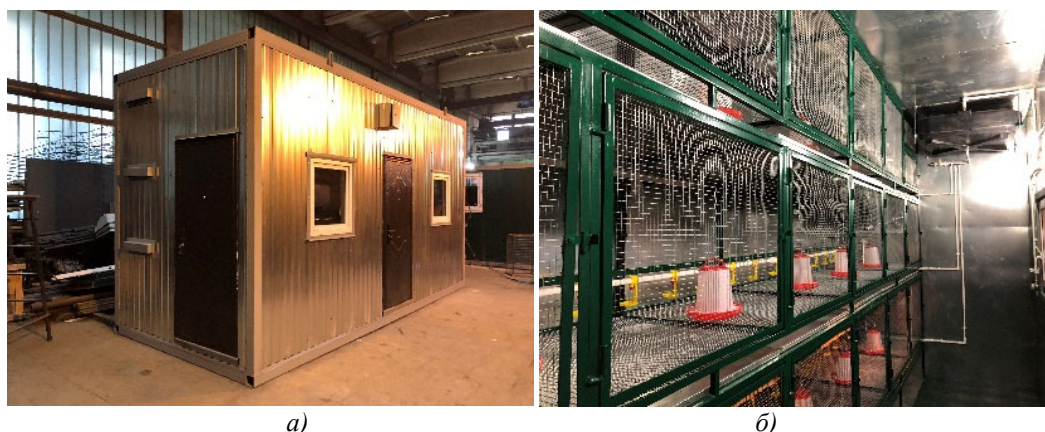


Рисунок 2 - Опытный образец технологического модуля для откорма цыплят-бройлеров:
а)Общий вид модуля, б)Система кормораздачи и поения

В результате проведенных исследований был определен коэффициент конверсии корма, составивший 1,66. Затраты воды, труда и электроэнергии необходимые для набора бройлером килограмма живой массы, соответственно составили 3,4 л/кг, 0,051 чел.-ч и 3,22 кВт/ч. Фактический среднесуточный выход помета от одного бройлера составил 85 грамм, что значительно ниже нормативного показателя – 135 грамм, а при учете полученных данных по потреблению корма и воды, соответствующих нормативным показателям сделан вывод о более эффективном усваивании данных ресурсов птицей при выращивании в технологическом модуле.[4,5].

Заключение

Проведенный анализ показал, что повышение эффективности мелкотоварного выращивания бройлеров возможно за счет использования модульных мобильных зданий, собранных на заводе изготовителе и поставляющихся на место эксплуатации в готовом виде.

Разработан и изготовлен опытный образец технологического модуля для откорма цыплят-бройлеров.

В результате проведения опытно-производственных проверок получены технико-экономические показатели сопоставимые с аналогичными показателями крупных птицеводческих предприятий и значительно превосходящие показатели малых ферм, что позволяет сделать вывод о целесообразности применения технологических модулей.

Литература

1. Птицеводство. Термины и определения. [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/1200022980> (дата обращения 26.09.2024 г.)
2. Гутман В.Н., Цуран В.В. Опыт разработки технических средств для перевозки суточных цыплят инкубационных яиц.//Технические и аграрные науки.Международный научно-практический журнал №3-2023,с.48-57,Азербайджан,г.Лянкаран,Лянкаранский Государственный университет.
3. Плаксин И.Е., Трифанов А.В. МОДУЛЬНАЯ ПТИЦЕФЕРМА // Патент на полезную модель RU 166027 U1, 10.11.2016. Заявка №2016113179/13 от 06.04.2016.
4. Д.А. Сошнев, А.В. Трифанов, В.И. Базыкин, И.Е. Плаксин Результаты опытно-производственной проверки работы технологического модуля для выращивания бройлеров // АгроЭкоИнженерия. – 2022. – №3(112). – С. 121-129. – DOI 10.24412/2713-2641-2022-3112-121-129.
5. И. Е. Плаксин, А. В. Трифанов Модульная ферма для выращивания бройлеров // Сельский механизатор. – 2021. – № 2. – С. 17-19.

УДК 631

ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ АГРЕГАТА КОМБИНИРОВАННОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО АУ-М2 ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ В ОАО «ВАСИЛИШКИ»

Аутко¹ А.А., д.с.-х.н., профессор, **Филиппов¹ А.И.**, к.т.н., доцент,
Чеботарев² В.П., д.т.н., профессор, **Занемонская¹ Н.Ю.**

¹Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В течение одного поколения человечество пришло с экологического земледелия к химизированным технологиям возделывания сельскохозяйственных культур, при которых вносится большое количество пестицидов. В настоящее время в растениеводстве наблюдается глобальная химизация производства, ведущая к деградации почвы, вследствие чего происходит потеря ее биологической активности. Это приводит к снижению процессов минерализации за счет гибели полезной микрофлоры, нарушаются физиологические функции растений, увеличивается патогенная активность и распространяются болезни,

уменьшается углерод, необходимый для почвенной биоты [1-3]. На экологичность производства значительное влияние оказывают много факторов, одним из которых является уничтожение сорной растительности путем применения гербицидов. При возделывании картофеля для уничтожения сорной растительности расходуется 1,6 кг гербицидов. Следует отметить, что это дорогостоящие препараты. Решение проблемы снижения пестицидной нагрузки при возделывании картофеля, должно быть сосредоточено в направлении максимального механического удаления сорных растений при возделывании культуры и применении экологически безопасных средств защиты растений [4-6].

Определяющим фактором при совершенствовании применяемых технологий, обеспечивающих существенное снижение пестицидной нагрузки, является применение средств механизации. Для освоения технологии возделывания картофеля на основе экологического земледелия в Гродненском государственном аграрном университете создан агрегат универсальный АУ-М2 в двух модификациях, оснащенных сферическими дисками, блоками ротационных боронок, окучивающими сферическими дисками и профилеформователями для выполнения технологических операций механической обработки почвы. Созданы принципиально новые рабочие органы осуществляющие активное рыхление поверхностного слоя почвы в послепосадочный и вегетационные периоды обеспечивающие максимальное или полное уничтожение проростков и всходов сорной растительности механическим способом [7-9].

В настоящее время в технологии возделывания картофеля для внесения рабочих растворов используются опрыскиватели сплошного или ленточного внесения. При таком способе рабочий раствор в основном наносится на верхнюю часть растения. Для увеличения эффективности действия вносимых препаратов было разработано и создано оборудование объемного внесения рабочих растворов на растения картофеля в период вегетации, чтобы обеспечить больший контакт препарата с листьями растений, и тем самым повысить эффективность вносимых препаратов [10-12]. В связи с этим из всех имеющихся технических средств для обработки картофеля в системе экологического земледелия наиболее эффективным является агрегат универсальный АУ-М2.



Рисунок 1. – Агрегат комбинированный универсальный АУ-М2 с набором рабочих органов

В процессе возделывания картофеля агрегатом АУ-М2 в ОАО «Василишки» была осуществлена трехразовая механическая обработка посадок картофеля для уничтожения сорной растительности, сформированы гряды и поверхностное рыхление почвы. Двукратная обработка междурядий картофеля была проведена в довсходовый период и одна обработка в период всходов картофеля. Это обеспечило уничтожение сорной растительности механическим способом в довсходовый и вегетационный периоды. Механическая обработка почвы позволила исключить применение гербицида Мистрал в дозе 1кг/га стоимостью 38,0

дол. США. Отсутствие действия гербицида на растение, особенно в первоначальный период развития картофеля, позволило сохранить его иммунную систему и интенсивность его дальнейшего развития. Это также исключило поступление гербицида в почву и не оказало негативного влияния на развитие микрофлоры почвы. Возделывание картофеля осуществлялось на семенные цели. Урожайность возделываемых сортов составила: Аризона-368 ц/га, Ривнер-308 ц/га, Королева Анна -486 ц/га, Янка (элита)- 427 ц/га, Манифест – 453 ц/га, Янка (1 репродукции) -289 ц/га. Общая урожайность составила 353 ц/га. Остальные технологические операции по защите плантаций картофеля от болезней осуществлялись согласно применяемым технологиям в хозяйстве.

В последующие годы возделывание картофеля целесообразно осуществлять в системе экологизированного земледелия преимущественно при возделывании семенного посадочного материала картофеля а также ранних и среднеранних сортов на производственные цели.

Литература

1. Филиппов, А.И., Усовершенствование профилеформователя узкопрофильных гряд / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, А.А. Аутко, В.П. Чеботарёв // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, 24-25 октября, Минск, БГАТУ, 2019 г – с.54-56.
2. Филиппов, А.И., Разработка узла распыла для объёмного внесения рабочих растворов / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, А.А. Аутко, В.П. Чеботарёв // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, 24-25 октября, Минск, БГАТУ, 2019 г – с.56-59.
3. Чеботарёв, В.П., Обоснование конструктивных параметров устройств для формирования профиля гребня / В.П. Чеботарёв, В.Н. Еднач, А.И. Филиппов, А.А. Зенов, // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, Минск,БГАТУ, 24-25 октября 2019 г – с. 71-73.
4. Чеботарёв, В.П. К вопросу формирования узкопрофильных гряд / В.П. Чеботарёв, В.Н. Еднач, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов // Журнал «Агропанорама» №5. – Минск: УО «БГАТУ», 2019. – С. 22-26.
5. Заяц, Э.В. Профилеформователь узкопрофильных гряд / Э.В. Заяц, А.А. Аутко, А.И. Филиппов, С.В. Стуканов, А.В. Зень // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции, Гродно, 31 мая, 30 марта, 20 марта 2018 г. / УО «ГГАУ». – Гродно, 2018 г. – с.170-172.
6. Филиппов, А.И. Обзор основных конструкций опрыскивателей при разработке объёмного и ленточного внесения рабочих растворов в системе экологического земледелия / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, Н.Д. Лепешкин, В.П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» выпуск 53, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» Минск, 2020 г. – с. 27-33.
7. Филиппов, А.И. Обоснование технических и конструктивных параметров профилеформователя узкопрофильных гряд / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, Н.Д. Лепешкин, В.П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» выпуск 53, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» □ Минск, 2020 г. – с. 23-27.
8. Филиппов, А.И. Разработка оборудования для объёмного внесения рабочих растворов / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, А.А. Аутко, Н.Д. Лепешкин, В.П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского

хозяйства» выпуск 53, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» Минск, 2020 г. – с. 153-157.

9. Чеботарев, В.П. Исследования различных типов распылителей при разработке опрыскивателя для объемного и ленточного внесения рабочих растворов / В.П. Чеботарёв, А.И. Филиппов // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, 26-27 ноября, Минск, БГАТУ, 2020г – с.111-114.

10. Чеботарев, В.П. Усовершенствование дисковых рабочих органов для междурядной обработки картофеля / В.П. Чеботарёв, А.И. Филиппов, С.В. Стуканов // Техническое и кадровое обеспечение инновационных техно-логий в сельском хозяйстве : сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, 26 - 27 ноября, Минск, БГАТУ, 2020 г – с.144 – 148.

11. Филиппов, А.И. Усовершенствование фрезерных дисков для обработки боковых поверхностей узкопрофильных гряд / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, В.П. Чеботарев, К.Л. Пузевич // Сборник научных статей «Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производ-водства», международная научно-практическая конференция, посвященной 90-ю С.И. Назарова д.т.н., профессора, академика ВАСХНИЛ СССР, заслуженного деятеля науки и техники БССР-Горки: УО «БГСХА», 2020. С.348–351.

12. Филиппов, А.И. Схема обоснования фрезерного диска и размещения почвозацепов рыхлителя / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, В.П. Чеботарев, К.Л. Пузевич, С.И. Козлов // Вестник УО «БГСХА» №3/ - Горки: 2020. - с.194–197.

УДК 631.316.22

КОМБИНИРОВАННЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ВВОДА В ОБОРОТ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ

Ружьев¹ В.А., к.т.н., доцент, **Калинин¹ А.Б.**, д.т.н.,

Теплинский¹ И.З., к.т.н., профессор, **Ловкис² В.Б.**, к.т.н., доцент

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет г. Санкт-Петербург,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Исследованиями научного коллектива [1] установлено, что залежные угодья подвержены наибольшему уплотнению (от 6 до 20 раз). Уплотнение снижает скорость фильтрации воды более чем в 3-7 раз, ухудшает газообмен, снижает интенсивность протекания биологических процессов в почве. Оно препятствует проникновению корней в более глубокие слои, более обеспеченные влагой и элементами питания [2, 3]. Обеспечение оптимальных условий в почвенном слое позволит не только сместить агросроки посева с.-х. культур, но и снизить энергоёмкость технологических процессов на последующую подготовку почвы в осенний и весенний периоды [4].

В связи с этим научные исследования направлены на обоснование технологических аспектов при основной (глубокой) обработке почвенного слоя, рекомендации по выбору параметров и режимов работы комбинированного культиватора-глубокорыхлителя, его рабочих органов, оценку качества и энергетических показателей выполнения технологического процесса, что является актуальной, научно обоснованной темой.

Комплексное применение обоснованных научных принципов при проектировании позволяет разработать технологические процессы и соответствующую комбинированную техническую систему с улучшенными технологическими, конструкционными параметрами и динамическими характеристиками рабочих органов, что обеспечит эффективность технологии обработки почвы на заданную глубину, в том числе при вводе в кругооборот залежных земель [5, 6].

Для повышения эффективности рабочего процесса разуплотнения почвенного пласта на глубину 40-50 см нами спроектирована конструктивно-технологическая схема комбинированного культиватора-глубокорыхлителя для основной (глубокой, безотвальной) обработки почвы (рисунок 1).

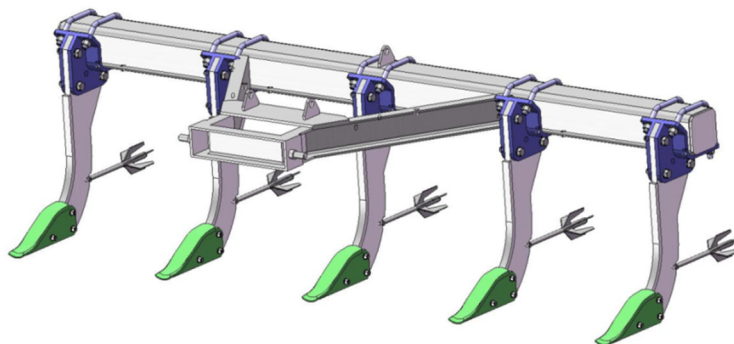


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема разработанного культиватора-глубокорыхлителя (комбинация из почвообрабатывающего катка условно не показана)

Рабочая ширина культиватора-глубокорыхлителя составляет 4,5 м с шагом расстановки рабочих органов 400 мм, что, естественно, регулируется перестановкой по раме в зависимости от глубины обработки и физико-механических свойств обрабатываемого почвенного пласта.

Для рабочего органа – чизеля – специально спроектировано долото (рисунок 2), ширина которого составляет 70 мм. Долото к стойке рыхлителя прикреплено с помощью оси со шплинтом. Такое конструктивное исполнение долота позволяет снизить тяговое сопротивление почвы при работе в полевых условиях.

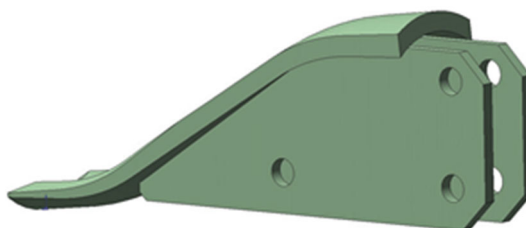


Рисунок 2 – Разработанное долото для рабочего органа – глубокорыхлителя

Форма рабочего органа, заточка режущей контактной части лопастей, а также положение дрена, достигаемое жесткой сцепкой, позволяет работать на любом типе почв по плотности, включая содержащих не крупную фракцию камней.

На основании исследований за эффективностью работы почвообрабатывающих машин [7, 8] и глубокорыхлителей [9] было отмечено, что высота неразрушенного гребня, который остается на дне борозды после прохода рабочего органа на заданной глубине обработки, зависит от рабочей ширины долота, а также расстояния между соседними глубокорыхлителями – междуследия.

Таким образом, глубокое рыхление с помощью представленной конструктивно-технологической схемы – это способ обработки почвы, главная сущность которого заключается в разрыхлении, крошении, частичном перемешивании, но без оборачивания почвенного пласта, вследствие чего происходит разуплотнение почвы, направленное на предотвращение неблагоприятных эрозионных процессов. Стерневые остатки при этом должны оставаться на поверхности обрабатываемого участка для закрепления почвы и предотвращения сдува ее ветром.

Техническим результатом применения комбинированного почвообрабатывающего агрегата является формирование оптимального водно-воздушного режима почвы за счет создания максимального аэрационного дренажа на единицу площади, с одновременным рыхлением

подпахотного горизонта, исключая переуплотнение околоренной зоны в составе почвообразующей системы, и, как следствие, обеспечение лучшей проницаемости и фильтрации стенок внутрипочвенного канала за счет формы, параметров, характеристик и функций звездчатого органа.

Литература

1. Methods and means of digital measurement of soil parameters and conditions of functioning of tillage machines for deep loosening of soil / A.B. Kalinin, I.Z. Teplinsky, V.A. Ruzhev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Zernograd, Rostov Region, 27-28.08.2020. – Zernograd, Rostov Region, 2021. – P. 012015. – DOI 10.1088/1755-1315/659/1/012015. – EDN SONXRJ.
2. Теплинский И.З. Минимизация факторов риска техногенного характера при производстве картофеля по интенсивной технологии / И.З. Теплинский, А.Б. Калинин, В.А. Ружьев // Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке: материалы Национальной научно-практической конференции, Волгоград, 10.11.2020 г. Том 1. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. – С. 29-33. – EDN FZHPSX.
3. Improving the efficiency of the soil uncompaction by the cultivator-subsoiler through the use of digital systems for working depth control / A.B. Kalinin, M.A. Novikov, V.A. Ruzhev, I.Z. Teplinsky // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Ser. 3, Smolensk, 25.01.2021. – Smolensk: IOP PUBLISHING LTD, 2021. – P. 032061. – EDN LMZRXR.
4. Конкурентоспособная модель комбинированного почвообрабатывающего агрегата / Н.М. Ожегов, В.А. Ружьев, Е.А. Криштанов, И.С. Дзибук // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 1(29). – С. 18-22. – EDN XMZQLJ.
5. К обоснованию технологического процесса функционирования комбинированного агрегата для основной обработки почвы за счет управления внутрипочвенными реологическими процессами / В.А. Ружьев, А.Б. Калинин, И.З. Теплинский [и др.] // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летию начала освоения целинных и залежных земель в Оренбургской области, Оренбург, 02 февраля 2024 года. – Москва: ООО "Издательство "Перо", 2024. – С. 10-13. – EDN BNYGHE.
6. Режимы работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата с оптимизированными конструкционными параметрами рабочих органов / В.А. Ружьев, В.Б. Ловкис, Е.А. Криштанов [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 3(31). – С. 4-10. – DOI 10.31279/2222-9345-2018-7-31-4-10. – EDN YLQXIT.
7. Методы и средства автоматизированного управления глубиной хода рабочих органов пропашного культиватора-глубокорыхлителя для дифференцированной обработки почвы при возделывании картофеля / А.Б. Калинин, И.З. Теплинский, В.А. Ружьев, В.Е. Герасимова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 59. – С. 25-29. – EDN FIDUUF.
8. Methods and means of monitoring and controlling of the operation mode of adapter for soil surface consolidation / A.B. Kalinin, V.A. Ruzhev, Yu. I. Smirnova, I.Z. Teplinsky // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 10, No. 5S. – P. 1258-1268. – EDN UZXJFF.
9. Патент на полезную модель № 213662 U1 Российская Федерация, МПК A01B 13/08. Рабочий орган культиватора-глубокорыхлителя с низким тяговым сопротивлением: № 2022113739: заявл. 23.05.2022: опубл. 21.09.2022 / А.Б. Калинин, И.З. Теплинский, В.А. Ружьев, В.Д. Губарев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный аграрный университет". – EDN MAOCFF.

УДК 631.3.012

ИЗМЕНЕНИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ПРИ МАШИННОЙ ОБРАБОТКЕ В ТЕХНОЛОГИЯХ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Янцов Н.Д., к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур предусматривают многократные проходы тракторов и сельскохозяйственных машин по полю. Происходящие при этом процессы взаимодействия движителей с почвой оказывают влияние не только на эксплуатационные свойства машинно-тракторного агрегата (производительность, расход топлива и др.), но и на состояние почвы, которая выступает как объект обработки и как среда произрастания сельскохозяйственных культур. Убытки от уплотнения почвы сельскохозяйственной техникой составляют значительную величину. Из-за избыточного уплотнения повышается удельное сопротивление почвы и, как следствие, снижается производительность агрегатов, возрастают затраты энергии и расход топлива на единицу обрабатываемой площади. Наиболее уплотняется плодородный верхний слой почвы. Одновременно с этим происходит уничтожение гумусообразующих и рыхлящих почву живых существ, а также разрушается структура почвы из-за буксования движителей.

Ввиду того, что почва представляет собой сложное тело, состоящее в основном из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной.

Свойства почв можно подразделить на следующие основные группы:

- физико-механические свойства почвы;
- гидрофизические свойства почвы;
- аэрофизические свойства почвы;
- теплофизические свойства почвы;
- электрофизические свойства почвы.

Физико-механические свойства почвы характеризуются основными показателями – это плотность, порозность, глыбистость (структура) почв. Также к физико-механическим свойствам почв относят пластичность, набухание, липкость, твердость или сопротивление сдавливанию и раскалыванию, сопротивление сдвигу, трения и др., определяющие технологические свойства [1].

Плотность сухой почвы ненарушенного сложения зависит от гранулометрического состава, структуры, ее водопрочности и механической прочности, порозности, влажности.

Порозность - важнейшее свойство почвы, обуславливающее в основном водной и воздушный режимы. От величины пор зависит передвижение воды в почве, водопроницаемость и водоподъемная способность, мобильность воды. С порозностью связана влагоемкость и воздухоемкость почв.

Глыбистость (структура) почв определяется размером почвенных комков и частиц. Излишнее буксование движителей вызывает истирание почв, что в итоге снижает их плодородие. Оптимальным размером почвенных комков считается 4-5 мм.

Пластичностью называют способность почвы и грунта деформироваться и принимать приданную им во влажном состоянии форму без образования трещин и сохранять ее после прекращения внешнего воздействия. Переувлажненные и сухие почвы не обладают пластичностью. Она появляется в определенном пределе увлажнения. Пластичность зависит от механического, химического и минерального состава, а также от формы частиц, составляющих почву или грунт.

Набухание – увеличение объема почвы и грунта в процессе смачивания. В результате гидратации почвенных частиц и образования на поверхности их оболочек рыхло связанной воды уменьшаются силы сцепления между ними, происходит отделение их друг от друга, что приводит к увеличению общего объема почвы. Способность почвенных частиц к набуханию связана с гранулометрическим, минералогическим и химическим составом, а также с

начальной плотностью и влажностью. Способность почвы к набуханию можно характеризовать степенью, влажностью и давлением набухания [2,3].

Под усадкой почвы понимают уменьшение её объема при высыхании. Предел усадки соответствует полному удалению воды из почвы и переходу из полутвердой в твердую консистенцию. Усадка зависит от тех же факторов, что и набухание.

Липкость – способность почвы прилипать к соприкасающимся с нею предметом: рабочим частям и колесам почвообрабатывающих орудий и машин.. Прилипание почвы к рабочим частям сельскохозяйственных орудий вызывает часто настолько значительное сопротивление, что работа протекает с большой затратой энергии.

Под сдвигом почвы понимают смещение одной части ее по отношению к другой в результате бокового (тангенциального) давления.

При сдвиге внутри почвы или грунта площадки по отношению ко всей массе почвы сопротивление сдвигающим (касательным) усилиям складывается из сцепления, обусловленного молекулярными и капиллярными силами, и сил внутреннего трения. Напряжение сдвигающих усилий, превышающих сопротивление сдвигу, вызывает разрыв (срез) в почве и скольжение по плоскостям среза, которому противодействует трение.

Сопротивление почв и грунта сдвигу зависит от гранулометрического, химического и минералогического состава, плотности сложения, влажности, а также прилагаемой внешней нагрузки.

Твердость почвы есть сопротивление ее вертикально приложенной силе при разрезании, расклинивании или сдавливании. Высокая твердость почвы часто снижает всхожесть семян, оказывает механическое сопротивление развивающейся корневой системе растений, влияет на развитие растений, изменяя водный, воздушный и тепловой режимы почвы.

Гидрофизические свойства почв определяются влажностью почвы, которая является одним из основных факторов плодородия.

Аэрофизические свойства почв характеризуются её воздухоемкостью, воздухопроницаемостью и газообменом между почвой и атмосферой) [2].

Воздухоемкость почвы – способность почвы удерживать при определенном физическом состоянии то или иное количество воздуха. Содержание воздуха при этом выражают в процентах от объема почвы. Воздухоемкость – величина динамическая. При полном насыщении всех пор в почве водой присутствует только растворенный воздух. По мере подсыхания почвы количество воздуха в ней возрастает.

Воздухопроницаемостью почвы называют скорость проникновения воздуха или газа в почвенную толщу. В природных условиях это происходит под влиянием атмосферного давления или воды, затопляющей поверхность почвы в период снеготаяния, ливневых дождей и т.д.

За меру воздухопроницаемости почвы принимается количество воздуха в мл, прошедшего под определенным давлением в единицу времени через площадь сечения почвы 1 см² при толщине слоя в 1 см. выражают воздухопроницаемость и в относительных величинах – в процентах к скорости выделения воздуха в атмосферу [3,4].

Теплофизические свойства почвы определяет солнечная радиация. К теплофизическим свойствам почв относят теплоемкость, теплопроводность, температуру и температуропроводность.

Температуру почвы определяет кинетическая энергия теплового движения молекул и атомов вещества почвы. Температура сопряжена со свойствами почвы.

Электрофизические свойства почвы характеризуются показателями электроосмоса, удельной поверхностной проводимости, потенциалом фильтрации (протекания) и электропроводностью.

Анализ научно-технической информации по воздействию движителей машин на почву показывает, что это воздействие следует связывать с изучением изменения агрофизикобиологических свойств почв в зависимости от показателей, характеризующих

ходовые системы энергосредств и сельскохозяйственных машин. Конечным и определяющим фактором воздействия ходовых систем на почву в технологиях сельскохозяйственного производства является изменение урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвенного слоя.

Снижение урожайности сельскохозяйственных культур в зоне воздействия движителей машинно-тракторных агрегатов на почву происходит вследствие изменения всего комплекса свойств, которыми обладает почва. Однако аэрофизические, теплофизические и электрофизические свойства почв вследствие такого воздействия изучены слабо. Публикации по данному вопросу малочисленны и требуется более подробное рассмотрение влияния этих свойств на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Кононов, А.М. Исследование реализации тягово-сцепных качеств и агротехнической проходимости колесных тракторов на суглинистой почве Белоруссии: дис. докт. техн. наук. /А.М. Кононов; Белорусская сельскохозяйственная академия. – Горки, 1974. – 322 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почвы: 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
3. Качинский, Н.А. Физика почв. – Москва: Высшая школа, 1970 – 358 с.
4. Методическое руководство по изучению почвенной структуры / Под редакцией И.Б. Ревута и А.А. Роде/ – Л.: Колос, 1969. –230 с.

УДК 631.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВА С ОЧЕСЫВАЮЩЕЙ КОНИЧЕСКОЙ ЩЕТКОЙ

Бурдейко¹ В.А., Ловкис² В.Б., к.т.н., доцент

¹Барановичский государственный университет, г. Барановичи,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Математическая модель технологического процесса удаления колорадского жука может включать несколько ключевых аспектов. Одним из них является моделирование процесса механического удаления колорадского жука при контакте щетки с поверхностью листьев картофельной ботвы. Этот процесс может быть описан с использованием уравнений, описывающих трение и силы давления, возникающие при контакте щетки с ботвой.

Важно также учитывать факторы, влияющие на эффективность очесывания колорадского жука, такие как скорость движения щетки, ее жесткость, свойства особей и поверхности листьев.

Использование численных методов, таких как метод конечных элементов или метод конечных разностей, может помочь в решении этих математических моделей для предсказания эффективности очесывания колорадского жука щеткой с картофельной ботвы.

Математическая модель работы щётки при очесывании колорадского жука может быть представлена следующим образом: 1) определение скорости вращения щётки (ω) и скорости движения устройства для удаления колорадского жука (v); 2) расчёт давления, создаваемого щёткой на поверхность листьев, в зависимости от её скорости вращения и скорости движения устройства; 3) анализ сил трения между щёткой и поверхностью листьев; 4) учёт эффективности очесывания в зависимости от параметров щётки (материал, форма, жёсткость), листьев и особей колорадского жука. Эта математическая модель может быть использована для оптимизации процесса очесывания особей колорадского жука, например, для выбора оптимальных параметров щётки и скорости движения устройства для достижения максимальной эффективности очесывания и минимизации травмирования

листьев ботвы картофеля. Эта модель может включать в себя уравнения, описывающие деформацию и сопротивление поверхности, трение, и усилия, приложенные к щетке.

Коническая щетка установлена на машине для сбора колорадского жука, ее параметры и условия работы приводятся в источниках [1–3].

Эффективность очесывания колорадского жука ($K_э$) является функцией четырех групп переменных: параметров ботвы ($M_б$), параметров щеточного устройства ($M_{щ.у}$), режимов очесывания ($M_{р.о}$), параметров очага и особей колорадского жука ($M_э$), которую можно представить в виде

$$K_э = \{M_с, M_{щ.у}, M_{р.о}, M_э\}.$$

В общем виде операцию очесывания колорадского жука можно описать множеством параметров, влияющих на эффективность борьбы с колорадским жуком:

$$K_э = \{L_c, E_c, K_{сф}, K_{сн}, D_{щ}, l_v, d_v, B_v, N_{пр}, \omega, t_c, P_{оу}, v_{щл}, K_{щи}, K_{пб}, m_{ж}, K_{жм}, K_{жп}\},$$

где L_c – длина листовенной части ботвы, соприкасающаяся с щёткой м; E_c – модуль упругости ботвы, Н/м²; $D_{щ}$ – диаметр щетки, м; l_v – длина ворса, м; d_v – диаметр ворса щетки, м; B_v – модуль относительной жесткости ворсинок, Н/м; $N_{пр}$ – мощность привода щеточного устройства, Вт; ω – угловая скорость вращения щетки, рад/с; t_c – продолжительность очесывания листьев ботвы, с; $P_{оу}$ – окружное усилие, Н; $v_{щл}$ – линейная скорость щетки, м/с; $m_{ж}$ – масса особей колорадского жука, кг; $K_{сф}$ – коэффициент, учитывающий форму ботвы; $K_{сн}$ – коэффициент, учитывающий шероховатость и густоту листьев ботвы; $K_{щи}$ – коэффициент интенсивности механических воздействий ворса на единицу высоты ботвы; $K_{пб}$ – коэффициент, учитывающий расположение ворса на корпусе щетки; $K_{жм}$ – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства особей колорадского жука; $K_{жп}$ – коэффициент, учитывающий площадь очага колорадского жука.

Воздействие ворса на листья ботвы зависит от линейной и угловой скоростей щеток. В момент касания ворса щетки о листья ботвы происходит удаление особей колорадского жука путем очесывания. Это точки C и D (рис. 1).

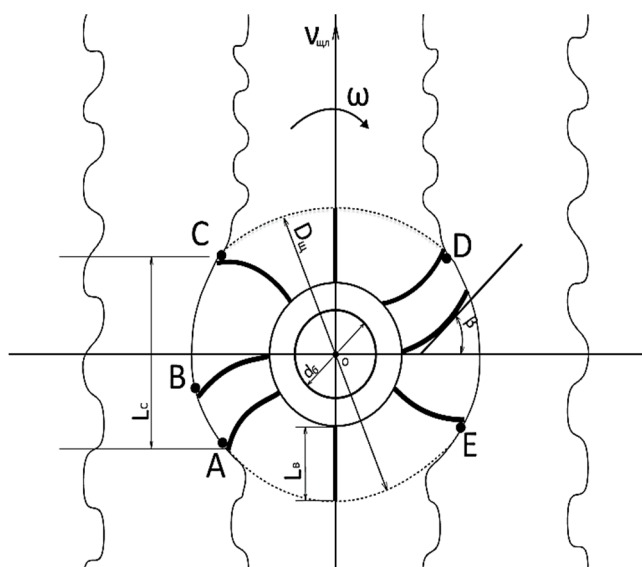


Рисунок 1 – Схема взаимодействия щеток с ботвой и особями колорадского жука

Абсолютная скорость ворсинок $\vartheta_{аб}$ в точке 0 позиционирования щетки (позиция I) может быть представлена в виде выражения

$$\vartheta_{аб} = \sqrt{\omega^2 \left(l_{\text{в}} + \frac{d_{\text{б}}}{2} \right)^2 + \left(\frac{L_{\text{с}}}{t_{\text{с}}} \right)^2}, \text{ м/с.}$$

где $d_{\text{б}}$ – диаметр барабана щетки.

При очесывании ботвы наиболее тяжело удаляются неразвитые, прилипшие к листьям ботвы особи колорадского жука. При этом действие ворсинок на ботву сопровождается их ударами, травмированием и отбрасыванием ворсинками вредителей. Полное окружное усилие P на ворсе щетки складывается из силы P_1 на удар и силы P_2 на волочение и отбрасывание особей колорадского жука, т.е.

$$P = P_1 + P_2, \text{ Н.}$$

Силу удара P_1 можно определить из условия равенства импульса силы P_1 изменению количества движения особей колорадского жука, т. е.

$$P_1 \Delta t = m_{\text{ж}}(\vartheta_2 - \vartheta_1),$$

где Δt – продолжительность времени удара, с; $m_{\text{ж}}$ – масса особей, по которым наносятся удары, кг; ϑ_2 – скорость массы особей в конце удара, м/с; ϑ_1 – скорость движения массы в начале удара, м/с.

Таким образом, математическая модель работы щеток для удаления колорадского жука может быть полезным инструментом для оптимизации процессов очесывания вредителей картофеля, уменьшения травмирования листьев картофельной ботвы и повышения технической готовности устройства для борьбы с колорадским жуком.

Литература

1. Бурдейко, В.А. Машина для удаления колорадского жука / В.А. Бурдейко, И.М. Дыдышко // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., 2 нояб. 2022 г., Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш». – Гомель, 2022. – С. 233–237.
2. Бурдейко, В.А. Расчет параметров лотка и копиров машины для сбора колорадского жука / В.А. Бурдейко, В.Б. Ловкис, Э.В. Дыба // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси ; РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Вып. 57. – Минск : Беларус. навука, 2024. – С. 225–228.
3. Бурдейко, В.А. Расчет щеток машины для сбора колорадского жука / В.А. Бурдейко, В.Б. Ловкис // Вестник БарГУ. Серия Технические науки. – 2021. – Вып. 9.

УДК 629.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Жданко Д.А., к.т.н., доцент, Непарко Т.А., к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Опыт эксплуатации машинно-тракторного парка, накопленный за последние годы, показывает, что система технического обслуживания машин в сельском хозяйстве нуждается в совершенствовании. На кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка и агротехнологий учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» ведется исследовательская работа по совершенствованию планирования и организации

технического обслуживания тракторов сельскохозяйственных предприятий [1-3]. Известны шесть обобщенных факторов, характеризующих уровень технического сервиса машин. Это качество проведения технического обслуживания и ремонта МТП, квалификация механизаторов, качество топливно-смазочных материалов, уровень применения диагностирования, уровень ремонтно-обслуживающей базы и качество хранения техники [4]. Установлено, что первый из указанных факторов является самым значимым. Основные положения по организации технического обслуживания изложены в межгосударственном стандарте ГОСТ 20793-2009 «Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание», который устанавливает виды, периодичность и основные требования к проведению ТО тракторов, самоходных и рабочих машин. При этом для тракторов и самоходных машин периодичность проведения обслуживаний установлена в м.-ч, а для рабочих сельхозмашин – в часах работы. Однако в современных отечественных и импортных тракторах счетчики мото-часов не устанавливают. Поэтому в качестве объективных единиц учета наработки тракторов и самоходных машин и периодичности обслуживания, поддающихся инструментальному контролю, следует принять часы работы и израсходованное топливо. Авторы полностью согласны с другими исследователями [5] в том, что при оптимизации периодичности ТО целесообразно учитывать инструкции заводов-изготовителей. Не совсем корректно рекомендовать единую периодичность ТО для машин с резко различающимся техническим состоянием и различными условиями эксплуатации. Оптимальную периодичность владелец машин должен определить самостоятельно, исходя из технического состояния и скорости его изменения, условий эксплуатации, напряженности работ, качества топливно-смазочных материалов и погодных условий.

Организация технического обслуживания машинно-тракторного парка требует точной системы планирования, учета и контроля проведения технического обслуживания. Структура ремонтно-обслуживающих работ, их чередование и периодичность представляют в часах работы единая для всех тракторов, однако в килограммах израсходованного топлива – разная и зависит от часового расхода топлива двигателем.

Проанализируем планирование технического обслуживания трактора «Беларус-3522» с нормативной годовой загрузкой равной 1000 часов по двум видам учета – часам работы и израсходованному топливу (таблица 1).

Таблица 1 – Объем работ и расход топлива при пооперационном использовании технических средств на базе трактора «Беларус-3522»

Машинно-тракторный агрегат	Нормативная годовая нагрузка сельскохозяйственной машины	Объем работ, га		Расход топлива, кг	
		при минимальной производительности	при максимальной производительности	при минимальной производительности	при максимальной производительности
«Беларус-3522»+ЛД-9	180	1260	1620	4410	4050
«Беларус-3522»+ППРО-12-01	150	585	675	10530	10800
«Беларус-3522»+Дископак-6-01	100	360	600	5040	3084
«Беларус-3522»+БПТД-7	150	870	1140	6960	6840
«Беларус-3522»+БЗШ-22	120	1584	3168	7920	15840
«Беларус-3522»+КШМ-10	100	800	1200	4400	6600
«Беларус-3522»+АКМ-6	100	420	600	4200	4800
«Беларус-3522»+СПШ-12	50	290	430	1450	2150
«Беларус-3522»+АПП-6Г	50	240	400	1920	2960
Всего:	1000	6409	9833	46830	57124

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

При неукоснительном выполнении инструкции по эксплуатации тракторов бывает так, что проведение ТО-1 и ТО-2 необходимо в напряженный период работ, что, приводит к вынужденным простоям техники, а в дальнейшем к снижению урожайности и других экономических показателей. С другой стороны планирование технического обслуживания тракторов по часам работы не всегда совпадает с планированием по израсходованному топливу (таблица 2). Анализируя работу транспортно-технологического агрегата, например, полуприцепа специального сельскохозяйственного ПСС-25, предназначенного для круглогодичной эксплуатации на полях и дорогах сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь, с трактором «Беларус-3522» получаем аналогичный диссонанс планирования технического обслуживания по часам работы и израсходованному топливу (см. таблицу 2).

Например, при выполнении операции внесения органических удобрений (доза внесения 40 т/га, расстояние перевозки 1,5 км) годовой объем работы машинно-тракторного агрегата «Беларус-3522»+ПСС-25 составит:

$$W_{\text{сез}}^{\text{«Беларус-3522»+ПСС-25}} = 96 \cdot 800 = 76800 \text{ т},$$

где $W_{\text{ч}}$ = 96 т/ч – часовая производительность агрегата; $T_{\text{г}}$ = 800 ч – нормативная годовая загрузка прицепа, участвующего в производстве работ.

Расход топлива на весь объем работы составит:

$$Q_{\text{«Беларус-3522»+ПСС-25}} = 0,22 \cdot 76800 = 16896 \text{ кг},$$

где Θ = 0,22 кг/т – удельный расход топлива на внесение органических удобрений.

Таблица 2 – Периодичность проведения технического обслуживания трактора «Беларус-3522»

Вид ТО или ремонта	Периодичность технического обслуживания	
	в часах работы	в килограммах израсходованного топлива
ТО-1 (1)	125	4641
ТО-1 (2)	250	9282
ТО-1 (3)	375	13923
Расход топлива, соответствующий 800 часам работы машинно-тракторного агрегата на внесении органических удобрений		16 896
ТО-2 (1)	500	18564
ТО-1 (4)	625	23205
ТО-1 (5)	750	27846
ТО-1 (6)	875	32487
ТО-3 (1)	1000	37128
ТО-1 (7)	1125	41769
ТО-1 (8)	1250	46410
Расход топлива, соответствующий 1000 часам работы при минимальной производительности машинно-тракторных агрегатов		46830
ТО-1 (9)	1375	51051
ТО-2 (2)	1500	55692
Расход топлива, соответствующий 1000 часам работы при максимальной производительности машинно-тракторных агрегатов		57124
ТО-1 (10)	1625	60333

Анализируя данную проблему, мы пришли к выводу, что необходимо усовершенствовать планово-предупредительную систему технического обслуживания [4], изменив периодичность ТО до того момента, когда будет удобно его проводить. Перевооружение сельского хозяйства новой высокопроизводительной энергонасыщенной

техникой привело к значительному усложнению конструкций тракторов, комбайнов и других сложных сельскохозяйственных машин с целью облегчения управления ими в процессе работы. Вместе с тем совершенствование эксплуатационной технологичности машин значительно увеличило трудоемкость их технического обслуживания, при большом количестве и низких значениях периодичности операций ТО. Для исправления данной ситуации необходим научно обоснованный подход, качественное распределение операций технического обслуживания, проведение необходимых исследований и подтверждение на практике предлагаемого подхода к планово-предупредительной системе технического обслуживания. Для агрегатов и узлов трактора с увеличенной периодичностью обслуживания необходимы разработка и применение средств постоянного контроля их технического состояния.

Литература

1. Непарко Т.А., Жданко Д.А. Техническое обслуживание машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных предприятиях: проблемы и решение // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Минск : БГАТУ, 2020. – С. 336-340.
2. Непарко, Т.А. Пути совершенствования технического обслуживания машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных предприятиях / Т.А. Непарко, Д.А. Жданко // Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі : матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Мелітополь, 01-26 листопада 2012 р. – Мелітополь : ТДАТУ, 2021. – С. 546-549.
3. Тимошенко, В.Я. Совершенствование планирования и организации технического обслуживания тракторов сельскохозяйственных предприятий [Текст] / В.Я. Тимошенко, Д.А. Жданко, Е.С. Некрашевич // Агропанорама. – 2017. – № 1. – С. 36-39.
4. Диагностика и техническое обслуживание машин [Текст] / А.В. Новиков и др.; под ред. А.В. Новикова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 340 с.

УДК 631.8; 631.171

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАСТБИЩ И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЗЕРНОТУКОТРАВЯНОЙ СЕЯЛКИ

Нукешев¹ С.О., д.т.н., профессор, **Романюк² Н.Н.**, к.т.н., доцент,

Агейчик² В.А., к.т.н., доцент, **Едилхан¹ О.Е.**, студент

¹казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Важнейшим способом повышения продуктивности животноводства, является наличие качественной и высокопродуктивной кормовой базы. Большая часть кормовых угодий Республики Казахстан расположена в зонах с недостаточным влагообеспечением и низкой продуктивностью. Они характеризуются изреженным травостоем и интенсивным выпадением из него наиболее ценных кормовых растений. Вследствие этого кормовые угодья оголяются и большие участки сенокосов и пастбищ деградируют. Основной причиной подобной негативной ситуации являются отсутствие эффективных технологий, и технических средств для их восстановления и улучшения.

Мировая практика выработала два основных способа восстановления и улучшения кормовых угодий – поверхностное и коренное. Эти способы получили широкое применение и в лугопастбищном производстве Республики Казахстан. Поверхностное улучшение предлагает работы мелиоративного характера, внесение удобрений и подсев трав, и не предусматривает обработку задернелой почвы. Эффективность подсева ценных кормовых растений может оказаться незначительной из-за противодействия аборигенной, наиболее приспособленной к местным условиям растений. В связи с этим, его применяют на участках

с сильно изреженным травостоем или необходимо снизить конкурентоспособность местной растительности путем предварительной обработки дернины дисковыми или фрезерными орудиями, сохраняя часть местного травостоя неповрежденной. Если поверхностное улучшение не дает желаемого результата, и ценные кормовые растения не превышают 25% естественного травостоя применяют коренное улучшение. Оно предполагает распашку кормового угодья, с одновременным измельчением дернины до структурного состояния, внесение удобрений и посев обоснованной травосмеси.

На основе анализа известных способов и технических средств предлагается новая технология для улучшения кормовых и пастбищных угодий и конструкция автоматизированной зернотукотравяной сеялки для дифференцированного прямого посева сельскохозяйственных культур под покровные культуры и в дернину с одновременным внесением минеральных удобрений. Новая технология заключается в одновременном посеве семян трав и внесении минерального удобрения на два уровня почвенного горизонта, без исключения кормового угодья из эксплуатации. На первом уровне — на глубину до 40 мм производится посев семян трав, на втором уровне — на глубину до 120 мм вносятся минеральные удобрения. Глубины посева семян и внесения туков регулируемые, а ширина их рассева — до 40 мм. Нормы посева семян и внесения удобрений автоматически контролируются в принятой системе позиционирования и дифференцированно устанавливаются с учетом текущего состояния кормового угодья при наличии карт-предписаний [1].

Зернотукотравяная сеялка содержит раму 1, на которой расположен семятуковый ящик, включающий бункер для семян 2 и бункер для туков 3, высевной аппарат для семян 4, лепестковый ворошитель 6, высевной аппарат для туков 5, семяпровод 7, тукопровод 8; рабочий орган — сошник-щелеватель со стойкой 9 и закрепленным на ней внизу спереди по ходу движения сеялки долотом 10 с заостренной спереди своей кромкой на угол 60° , а также расположенный за стойкой по ходу движения сеялки прикатывающий каток 13, давление на почву которого регулируется пружиной 14, рисунок 1а. Ширина сошника-щелевателя до 20 мм. Стойка 9 сошника-щелевателя сзади справа по ходу движения сеялки на регулируемой высоте имеет закрепленный к ней к горизонту передней режущей кромкой вниз под меньшим углом трения стали о почву углом 30° перпендикулярный боковой поверхности стойки 9 нож 12, а на закрепленном за ним на задней поверхности стойки 9 семяпроводе 7 снизу под его отверстием закреплен с противоположной ножу 12 крайней стороны поверхности семяпровода 7 верхний козырек 11, верхняя плоскость которого параллельна направлению движения сеялки, расположена своей противоположной к месту крепления к семяпроводу 7 нижней частью за и под ножом 12 и образующая с горизонтальной плоскостью острый угол больший угла трения семян по его верхней стальной поверхности, рисунок 1б. К стойке 9 сзади внизу закреплен расположенный своей задней частью под тукопроводом 8 нижний козырек 15, образующий с горизонтальной плоскостью острый угол больший угла трения туков по его верхней стальной поверхности. Привод лепесткового ворошителя 6 осуществляется от прикатывающего катка 13 (на рис. не показан).

Принимая вращательное движение от прикатывающих катков 13, лепестковый ворошитель 6 направляет материал из бункера для семян 2 в высевной аппарат для семян 4, который приспособлен как для слабосыпучих, так и сильносыпучих семян и далее семена по семяпроводу 7 подаются на верхний козырек 11, рисунок 1б. Сошник-щелеватель 9 прорезает в дернине вертикальную щель, шириной до 2 см, а нож 12 — горизонтальную щель на правой, считая по ходу движения агрегата, боковой стенке вертикальной щели, и семена, скатываясь с верхнего козырька 11, располагаются в этой горизонтальной щели на глубине до 4...6 см. Одновременно, минеральные удобрения из бункера для туков 3 посредством высевного аппарата для туков 5 по тукопроводу 8 подаются на нижний козырек 15, равномерно рассыпаются в след долота 10 сошника-щелевателя 9, и располагаются на глубине 8...12 см в

левой от семян стороне, считая по ходу движения агрегата. За сошником-щелевателем 9 следует прикатывающий каток 13, который прищемляет образовавшуюся щель.

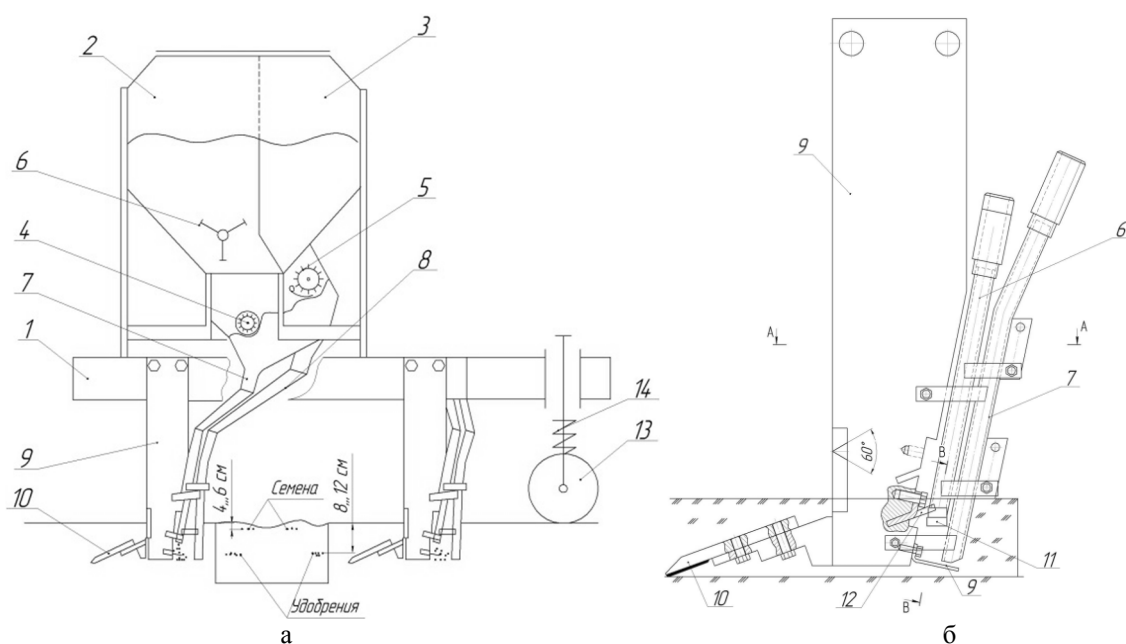


Рисунок 1 - Конструктивно-технологическая схема сеялки

В изложенном технологическом процессе образовавшиеся щели способствуют рыхлению застоявшегося и уплотненного пласта почвы кормового угодья, усиливают воздушный и влагооборот между горизонтами и способствуют накоплению влаги в весенне-осенний, дождливый период и подъему влаги из нижних влагоносных горизонтов к корневой системе растения в сухой, летний период. Расположение семян выше и слева от горизонта удобрения исключает их подавление химическими реакциями и способствует постепенной подпитке корневой системы растения, а нижнее, ближе к влажному горизонту, расположение туков - их лучшему растворению и миграции в почвенной среде. Прищемление щелей специальными прикатывающими катками исключают испарение влаги через щели, вывод угодья из кормооборота, возможные травмы скота во время пастбы и препятствия проходу последующих машин орудия. Повторное улучшение кормового угодья должно производиться в перпендикулярном направлении.

Основная характеристика зернотукотравяной сеялки: рамная, двухопорная, прицепная; сошники двухрядные, стойки-щелеватели.

Междурядье: - 30 см, при 12- рядном исполнении;

36 см, при 10- рядном исполнении;

40 см, при 9- рядном .

Глубина заделки: до 4,0 см - для семян трав;

до 8,0 см - для семян зерновых;

до 12,0 см - для минеральных удобрений.

Литература

1. Nukeshev S., Kossatbekova D., Ramaniuk M. et. al. Traction Force, Sowing Quality, and Deformation Characteristics of the Coulter of a Grain–Fertilizer–Grass Seeder. AgriEngineering 2024, 6, 2326-2351. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6030136>.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АГРЕГАТА ПРЯМОГО ПОСЕВА**

Быков Н.Н., к.т.н., доцент, Непарко Т.А., к.т.н., доцент, Шибeko А.Э., к.э.н., доцент
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Современный период развития сельскохозяйственного производства отличается от предыдущих ростом стоимости материальных ресурсов, вкладываемых в развитие отраслей растениеводства [1-3]. Низкий уровень платежеспособности многих сельскохозяйственных предприятий при внедрении инновационных технологий вызывает необходимость сравнения целесообразности приобретения и окупаемости применяемой сельскохозяйственной техники.

Агрегат прямого посева АПП-6НТ, предназначенный для прямого посева зерновых, зернобобовых, крестоцветных культур с внесением гранулированных минеральных удобрений, комплектуется системой контроля за процессом сева, которая обеспечивает контроль вращения катушек высевающих аппаратов и рабочих колес вентиляторов, уровня семян и удобрений в отсеках бункера и учет засеянной площади, а также автоматическое открытие-закрытие клапанов распределителей для образования технологической колеи.

Технологический процесс, выполняемый агрегатом, осуществляется следующим образом: на краю поля агрегат переводится из транспортного положения в рабочее с раскладыванием рабочих боковых секций. Загрузка бункера семенами производится механизированными загрузчиками. После установки соответствующих регулировок комбинированный агрегат движется по полю на выбранной рабочей скорости. Первый ряд опорных пневматических колес вместе с задним рядом обеспечивает перемещение агрегата по полю, при этом сохраняя горизонтальное положение рамных секций. Стойки с волнистыми дисками почвообрабатывающей части разрезают стерню. Семена из бункера воздушным потоком подаются катушкой высевающего аппарата в шлюз инжекторный. Поток воздуха, создаваемый приводом вентилятора, транспортирует семена и удобрения из шлюзов инжекторных по воздухопроводам к распределителям семян и удобрений, где они разделяются по семяпроводам и далее поступают к сошникам (или держателям дисковым). Дисковые сошники прорежают слой почвы на заданную глубину и семена укладываются на дно бороздки. Следующие за сошниками прикатывающие обрезиненные катки прижимают семена к почве, обеспечивая их непосредственный контакт с почвой.

В результате проведенной функциональной оценки установлено:

- показатели работы агрегата соответствовали требованиям ТЗ, но при работе не заделанные в почву семена присутствовали при посеве семян тритикале озимого по стерне – 0,3 %, по подготовленной почве – 0,4 % (по ТЗ не допускается);

- количество семян, заделанных в слое заданной глубины и двух смежных с ним 10-миллиметровых слоях почвы с одновременным внесением суперфосфата гранулированного – 83,8 %, на высева тритикале по стерне – 80,2 %, по подготовленной почве – 80,8 % (по ТЗ не менее 80,0 %);

- глубина заделки семян рапса по стерне, рапса с одновременным внесением суперфосфата гранулированного по подготовленной почве, тритикале по стерне и по подготовленной почве составило 21; 25; 31; 51 мм соответственно (по ТЗ 10-70±5 мм);

- отклонение средней глубины обработки почвообрабатывающей частью агрегата от заданной по высоте семян рапса по стерне, рапса с одновременным внесением суперфосфата гранулированного по подготовленной почве, тритикале по стерне и по подготовленной почве составило – 4,6; – 0,8; – 4,4; + 0,2 см соответственно (по ТНПА не более ± 1,0 см).

При эксплуатационно-технологической оценке получены следующие результаты:

При посеве семян рапса озимого по стерне с установленной нормой высева 5,0 кг/га при скорости движения 18,0 км/ч:

- производительность за основное время работы составила 10,80 га/ч (ТЗ не регламентировано);

– производительность за сменное время работы составила 7,47 га/ч (по ТЗ 5,80 га/ч);
– удельный расход топлива за сменное время работы составил 4,600 кг/га (по ТЗ не более 7,872 кг/га);

– коэффициент использования времени смены составил 0,69 (ТЗ не регламентировано), эксплуатационного – 0,68 (ТЗ не регламентировано).

При посеве рапса озимого с одновременным внесением суперфосфата гранулированного по подготовленной почве с установленной нормой высева 5,0 кг/га при скорости движения 11,2 км/ч:

– производительность за основное время работы составила 6,72 га/ч (ТЗ не регламентировано);

– производительность за сменное время работы составила 5,04 га/ч (по ТЗ 5,80 га/ч);

– удельный расход топлива за сменное время работы составил 7,800 кг/га (по ТЗ не более 7,872 кг/га);

– коэффициент использования времени смены составил 0,75 (ТЗ не регламентировано), эксплуатационного – 0,74 (ТЗ не регламентировано).

При посеве тритикале озимого по стерне с установленной нормой высева 230,0 кг/га при скорости движения 12,6 км/ч:

– производительность за основное время работы составила 7,56 га/ч (ТЗ не регламентировано);

– производительность за сменное время работы составила 5,23 га/ч (по ТЗ 5,80 га/ч);

– удельный расход топлива за сменное время работы составил 7,200 кг/га (по ТЗ не более 7,872 кг/га);

– коэффициент использования времени смены составил 0,69 (ТЗ не регламентировано), эксплуатационного – 0,68 (ТЗ не регламентировано).

При посеве тритикале озимого по подготовленной почве с установленной нормой высева 230,0 кг/га при скорости движения 17,8 км/ч:

– производительность за основное время работы составила 10,68 га/ч (ТЗ не регламентировано);

– производительность за сменное время работы составила 6,81 га/ч (по ТЗ 5,80 га/ч);

– удельный расход топлива за сменное время работы составил 4,700 кг/га (по ТЗ не более 7,872 кг/га);

– коэффициент использования времени смены составил 0,64 (ТЗ не регламентировано), эксплуатационного – 0,63 (ТЗ не регламентировано).

При оценке показателей технической надежности наработка агрегата составила 700 га, что соответствует 100 ч основной работы.

Ежесменное оперативное время технического обслуживания агрегата 0,30 ч и удельная суммарная оперативная трудоемкость технических обслуживаний 0,0375 ч соответствуют требованиям ТЗ.

Расчет экономических показателей использования агрегата прямого посева АПП-6НТ проведен по результатам эксплуатационно-технологической оценки на прямом посеве семян тритикале озимого в сравнении с зарубежным аналогом Horsch Avatar 6 SD.

В результате расчета сравнительных показателей экономической эффективности установлено: годовой приведенный экономический эффект составил 30365,76 руб.; годовая экономия себестоимости механизированных работ составила 16071,24 руб., что предполагает снижение прямых эксплуатационных затрат при использовании агрегата прямого посева АПП-6НТ на 14,6 %.

Литература

1. Непарко, Т. А. Технология и техническое обеспечение производства продукции растениеводства [Электронный ресурс] : электронное учебное пособие / Т. А. Непарко ; Минсельхозпрод РБ, УО «БГАТУ», Кафедра ЭМТП и А. – Электронные данные (160 618 939 байт). – Минск : БГАТУ, 2023. – Загл. с экрана.

2. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур – решающий фактор в снижении затрат производственных ресурсов / И.Н. Шило, Т.А. Непарко, Д.А. Жданко // Агропанорама. – 2020. – № 5 (141). – С. 35-39.

3. Непарко, Т.А. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства : учеб. пособие / Т.А. Непарко, А.В. Новиков, И.Н. Шило ; под общ. ред. Т.А. Непарко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015.

УДК 631

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ

Вороненко А.С., магистрант, Сушко Д.И.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Разнообразие почвенно-климатических условий, в которых возделывается картофель, обусловило разработку значительного числа систем и технологий, в основе которых лежит эффективность взаимного влияния растений, т.е. оптимальное взаимодействие показателей клубневой продуктивности одного растения и урожая с единицы площади. Определить оптимальное взаимодействие этих показателей, правильно выбрать форму площади питания для конкретных условий окружающей среды и разных сортов – один из основных вопросов агротехники картофеля, от правильного решения которого зависят величина и качество урожая, возможности механизации, затраты на производство. Оптимальная площадь питания та, которая обеспечивает получение максимального урожая хозяйственно-ценной части растений с единицы площади при наименьших затратах.

Изучению площади питания уделяли внимание многие ученые. Еще в начале XVIII века Путьш рекомендовал высаживать картофель с междурядьями от 53–60 см до 90 см, в зависимости от сорта, и расстоянием между растениями 20 см.

Суть рекомендаций сводилась к выбору площади питания в зависимости от местности, условий питания и сорта. Она изменялась от 1000 до 3000 см². Обычно это 2000 см² или 50000 клубней на гектар. Способность картофеля не снижать урожай от изменения формы площади питания, возможность и необходимость применения машин привела к возделыванию картофеля как пропашной культуры. Ширина междурядий определялась и определяется, в основном, машинами. В Беларуси с 1931 года выращивать картофель рекомендовалось с междурядьями 60 см, а с 1937 года – 70 см. В связи с новыми возможностями механизации при возделывании картофеля в 50-60 годы дискутировались, в основном, два варианта посадки – квадратно-гнездовая и рядовая.

Опыты, проведенные в различных почвенно-климатических условиях, с посадкой картофеля квадратно-гнездовым способом показали, что урожай возрастает при одноклубневой посадке с уменьшением квадрата. В условиях Беларуси при сравнении этого способа с рядовым преимуществ не обнаружено. Целесообразность его применения ограничена сильно засоренными участками.

В настоящее время широкое распространение получила система рядового выращивания картофеля. Отечественные технологии базируются на применении пассивных рабочих органов на уходе за культурой: отличаются шириной междурядий (70 см, 90, 60+80, 50+90, 70+110, 110+30 см и т.д.). Расширение междурядий вызвано необходимостью создания благоприятных условий для развития растений, в частности, в связи с применением энергонасыщенных тракторов. В зарубежных технологиях применяют фрезерные рабочие органы для обработки почвы и ухода за посадками. Эффективность технологий основана на поддержании почвы в мелкоструктурном состоянии в течение всего периода вегетации.

С целью использования более крупных и тяжелых тракторов при минимальном уплотнении боковых сторон и дна борозд за счет более широких (максимально 314 мм) и крупных шин была разработана система, в рамках которой применяют шестирядные

сельскохозяйственные машины со стандартной шириной колеи 180 см (система механизации растениеводства путем создания единого следа для всех машин). Эту систему применяют на 90% площадей, занятых картофелем. В восточной части Германии применение шестирядной системы (6,75 и 6,75/105) в сравнении с постоянным междурядьем 75 см обеспечило прибавку урожая 2 т/га.

После вспашки производят раздел участка на постоянную проезжую колею и покрытую неуплотненным грунтом площадь, на которой возделывают сельскохозяйственные культуры. Междурядье для прохода колес трактора – 75 см.

Результаты тщательных исследований почвы свидетельствуют о том, что в проезжей колее возникает сильное уплотнение, однако в подпахотном слое оно отсутствует. Вспашка или рыхление проезжей колеи позволяет полностью восстановить плодородие почвы для последующего возделывания зерновых сельскохозяйственных культур. Площадь, отведенную для прохода сельскохозяйственных машин, и уплотнение на боковых сторонах гребней можно значительно уменьшить. Это достигается увеличением ширины рабочей колеи и регулярным использованием единой колеи для всех сельскохозяйственных машин. В результате объем примесей комков почвы в ходе уборки картофеля уменьшается на 30–40%, а экономия дизельного топлива составляет 5–6%.

Широко применяемая традиционная технология возделывания картофеля с междурядьями 70 см имеет ряд недостатков, особенно на бедных гумусом почвах и в нестабильных гидрометеорологических условиях, что характерно для Беларуси, в агрономическом плане: малый объем почвы для формирования урожая в клубневом гнезде, сложность поддержания водно-воздушного режима гребня, особенно в экстремальных погодных условиях, существенное отрицательное влияние на клубневое гнездо ходовых систем агрегатов при междурядных обработках. При этом следует заметить, что на склонах к самоуплотнению почвах три-четыре междурядные обработки почвы необходимы для поддержания ее в рыхлом состоянии, а не только для борьбы с сорняками. Вместе с тем многократные междурядные обработки ведут к переносу вирусной инфекции от больных растений к здоровым, наблюдаются значительные потери урожая от вымокания вследствие расположения клубневого гнезда ниже дна борозды. Из-за недостаточного объема почвы для формирования клубневого гнезда в гребнях с междурядьями 70 см уже при урожае 25–30 т/га наблюдается пожелтение 12–15% клубней.

Литература

1. Заяц В.П. Формирование высоких урожаев картофеля на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах в Северо-восточной части БССР. – Автореф. дис.... канд. с.-х. наук. – Горки, 1968. – 25
2. Павлович А.А., Рапинчук А.Л., Банадысев С.А. Современные технологии и технические средства для возделывания, уборки и хранения картофеля. – Мн.: Белнаучцентр информмаркетинг АПК, 2000. – 52 с.
3. Кононученко Н.В., Забара М.Г. Влияние ширины междурядий на урожайность картофеля и выход семенной фракции // Картофелеводство. – 1985. – Вып. 6. – С. 98–102.
4. «Точное сельское хозяйство» : учебник для ВО / Е. В. Труфляк, Н. Ю. Курченко, А. А. Тенеков, В. В. Якушев [и др.] ; под ред. Е. В. Труфляка. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с.»

УДК 631.3

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЖАТКИ ДЛЯ УБОРКИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

Быков Н.Н., к.т.н., доцент, **Непарко Т.А.**, к.т.н., доцент, **Шибeko А.Э.**, к.э.н., доцент
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В условиях рыночной экономики на первый план выступает проблема производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции. Её решение возможно обеспечить в первую очередь на основе внедрения в аграрное производство современных, высокопроизводительных сельскохозяйственных машин и агрегатов.

Жатка для уборки кукурузы на зерно 12-рядная ЖК-12 предназначена для отделения початков от стеблей кукурузы, подачи початков к транспортеру наклонной камеры комбайна, срезания стеблей, измельчения и разбрасывания листостебельной массы по полю. Агрегатируется с зерноуборочными самоходными комбайнами КЗС-1624-1, КЗС-2124 и их модификациями.

Для транспортирования жатки используется тележка. При транспортных переездах тележка с установленной на ней жаткой присоединяется к комбайну при помощи тягового устройства.

Жатка ЖК-12 состоит из рамы, шнека, устройства загиба стерни, валов карданных, стоек, механизма перемещения отсекаателей, окна выгрузного, русел, носков, кожухов, электрооборудования, гидросистемы.

Шнек, установленный за руслами, предназначен для перемещения початков к выгрузному окну и дальнейшей их подачи на транспортер наклонной камеры комбайна.

Устройство загиба стерни предназначено для предотвращения износа шин комбайна. Включает в себя две подпружиненные балки, установленные на кронштейнах рамы жатки при помощи осей. Усилие поджатия балки можно изменить перестановкой болтов в отверстиях стоек.

Носки предназначены для разделения растительной массы и направления стеблей в рабочую зону русел, при помощи которых производится отделение початков от стеблей и подача их к шнеку, срезание стеблей ножами ротора, измельчение и разбрасывание по полю.

Гидросистема жатки предназначена для дистанционной регулировки зазора между отсекаателями.

Технологический процесс работы жатки осуществляется следующим образом: при движении комбайна с жаткой по полю кукурузный стебель попадает в пространство между отсекаателями. Вращающиеся навстречу друг другу вальцы протягивают стебель вниз. Кукурузные початки за счет удара об отсекатели отделяются от стебля, при помощи подающих цепей перемещаются к шнеку, который транспортирует их к выгрузному окну жатки и далее початки лопатками шнека подаются к транспортеру наклонной камеры. Кукурузные стебли ножами роторов срезаются, измельчаются по мере их протягивания вальцами и разбрасываются по полю.

Техническая характеристика, эксплуатационно-технологические и экономические показатели жатки для уборки кукурузы на зерно 12-рядной ЖК-12 предоставлены в таблицах 1, 2 и 3.

Функциональные и эксплуатационно-технологические показатели качества выполнения технологического процесса жатки ЖК-12 в составе комбайна КЗС-1624-1 определялись в ООО «Демеза» Буда-Кошелевского района Гомельской области на уборке кукурузы урожайностью зерна 10,2 т/га, влажностью зерна 30,9 %. Условия проведения испытаний были характерными для данного региона и соответствовали техническому заданию.

Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве

Таблица 1 – Техническая характеристика

Наименование показателя	Значение	
	по ТЗ	по результатам испытаний
Условия проведения испытаний:		
Температура окружающего воздуха, °С	—	14
Относительная влажность воздуха, %	—	82
Показатели технической характеристики:		
Марка жатки	ЖК-12	ЖК-12
Агрегатирование	Зерноуборочные комбайны КЗС-1624-1, КЗС-2124 и их модификации	Комбайн зерноуборочный КЗС-1624-1
Масса конструктивная жатки (без транспортной тележки), кг	4200, не более	4050
Масса транспортной тележки, кг	1100	1050
Ширина захвата жатки, м	8,4	8,4
Число убираемых рядков, шт.	12	12
Ширина междурядий, см	70	70

Таблица 2 – Эксплуатационно-технологические показатели

Наименование показателя	Значение	
	по ТЗ	по результатам испытаний
Состав агрегата, марка:		
– жатки	ЖК-12	ЖК-12
– комбайна	КЗС-1624-1, КЗС-2124 и их модификации	КЗС-1624-1
Рабочая скорость движения, км/ч	10,0, не более	8,4
Урожайность, т/га	–	10,2
Производительность, т/ч (га/ч):		
– основного времени	–	63,9 (7,18)
– сменного времени	–	48,9 (5,50)
– эксплуатационного времени	–	46,0 (5,17)
Удельный расход топлива за сменное время работы, кг/т (га/ч)	Нет данных	1,45 (12,86)

Таблица 3 – Экономические показатели выполнения процесса уборки кукурузы на зерно

Наименование показателя	Значения показателя
Марка:	
- жатки	ЖК-12
- комбайн	КЗС-1624-1
Обслуживающий персонал, чел., по категориям:	
- тракторист (количество/разряд)	1/VII
Производительность, т/ч:	
- сменного времени	48,90
- эксплуатационного времени	46,00
Удельный расход топлива, кг/т	1,45
Цена топлива с учетом стоимости смазочных материалов, руб./кг	2,71
Балансовая цена (без НДС), руб.:	
- жатки	134400,00
- комбайна	533000,00
Годовая загрузка, ч:	
- жатки	60
- комбайна	120
Годовая наработка, т	2760
Затраты труда, чел.-ч/т	0,020
Прямые эксплуатационные затраты (себестоимость), руб./т по элементам:	
- зарплата	0,11
- амортизация, ремонт и техническое обслуживание	16,94
- топливо	10,95; 3,93
- всего	31,93
Удельные капитальные вложения (с учетом нормативного коэффициента эффективности E=0,2), руб./т	29,05
Сумма приведенных затрат, руб./т	60,98

Экономические показатели использования жатки для уборки кукурузы на зерно ЖК-12 рассчитаны по материалам эксплуатационно-технологической оценки на уборке кукурузы на зерно. В результате расчетов экономических показателей установлено, что себестоимость механизированных работ на уборке кукурузы на зерно составила 31,93 руб./т.

В результате проведенной функциональной оценки ЖК-12 можно сделать выводы, что применение жатки значительно снижает себестоимость зерна кукурузы, сокращает сроки уборки и повышает качество продукции.

Литература

1. Протокол № 037 1 / 3-2033 ИЦ от 23.11.2022. ИЦ ГУ «Белорусская МИС» – Минск : ИЦ ГУ «Белорусская МИС», 2022. – 70 с.
2. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур – решающий фактор в снижении затрат производственных ресурсов / И.Н. Шило, Т.А. Непарко, Д.А. Жданко // Агропанорама. – 2020. – № 5 (141). – С. 35-39.

УДК 631

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Вороненко А.С., магистрант, Сушко Д.И.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В республике выполнен большой объем научно-исследовательских работ и производственных опытов по изысканию эффективной технологии возделывания картофеля, результаты которых позволяют сделать обоснованный практический вывод о целесообразности перехода на гребневую технологию с междурядьями 90 см, как на основную при возделывании продовольственного картофеля. Такие же результаты отмечены и в других почвенно-климатических зонах.

Ученые Беларуси считают, что расширение междурядий до 90 см не снижает урожайность, когда гребень имеет трапециевидную форму и высоту 28–30 см, ширину вершины 18–20 см и площадь поперечного сечения 1200–1300 см². Однако в Голландии получены данные о снижении урожая при расширении междурядий до 90–105 см. В исследованиях других авторов урожай клубней не зависел от ширины междурядий даже при 132 см.

Переход на междурядья 90 см дает следующие основные преимущества: увеличивается объем почвы в гребнях, расширяются возможности переброса почвы из борозды в гребень при конкретных почвенных и метеорологических условиях; стабилизируется и легче регулируется водно-воздушный режим почвы в гребне; на 25% сокращается поверхность почвы на поле (в защитных зонах), которую нельзя подвергнуть механической обработке с целью рыхления и уничтожения сорняков при послевсходовых обработках; на 28% сокращается количество проходов по полю посадочных, для междурядной обработки и уборочных агрегатов; уменьшается негативное воздействие ходовых систем агрегатов на клубневое гнездо, открывается возможность использования тракторов класса 2.

Переход на модифицированную гребневую технологию с междурядьями 90 см обеспечивает снижение затрат топлива на 10% (3,4 кг/га) и трудозатрат на 18% (7 ч/га), прибавку урожая на 20–22% при снижении себестоимости производства продовольственного картофеля на 17–20%. Предлагаемый комплекс технологических операций обеспечивает поддержание требуемой структуры почвы в гребне и эффективное механическое уничтожение сорняков, улучшается фитосанитарное состояние посадок картофеля и повышается товарность клубневой массы.

Совершенно других условий требуют грядковые системы, предназначенные для картофелеводческих зон с неблагоприятным водным режимом почв из-за переувлажнения.

Высокую эффективность гряд шириной по основанию 140 см для Беларуси установил А.А. Богушевич. Однако другие исследователи отмечают, что возделывание картофеля этим способом наряду со снижением затрат, уменьшает урожайность до 30% [20, 38]. В РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» получено увеличение коэффициента размножения картофеля при посадке на грядах по схеме 140х70 см и 140х100 см в сравнении со схемой 70х35 см. По данным авторов из Нечерноземной зоны Российской Федерации при схеме посадки 110+30 см валовой урожай увеличивается на 10–25%. Изучение схем посадок 60+50, 70+90, 60+70 см не выявило существенных различий в урожайности клубней между ними.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» изучен ленточный способ посадки картофеля по схеме (90+50) х 25 см, который не оказал существенного влияния на урожай, но улучшил условия уборки и снизил затраты на его выращивание [45, 46]. В дальнейшем здесь же была разработана технология ленточно-грядковой посадки по схеме 110х70 см, увеличивающая урожай на тяжелых почвах.

Грядковые системы посадки картофеля на протяжении длительного времени применяются в Канаде, США и Великобритании и в настоящее время вновь привлекают внимание в связи с поисками новых систем выращивания картофеля. В отличие от гребневой системы с расстоянием между гребнями 90 см ширина гряд составляет 120 см, при этом образуется достаточно большое междурядье для прохода колес более крупных тракторов с колесами 180 см. Посадку ведут обычно четырехрядными лентами по схеме 25+25+25+75 или трехрядными по схеме 45+45+90 см с помощью сажалок с двухложечными высаживающими аппаратами.

Литература

1. Петько А.Б. Влияние способов посадки на урожай и условия механизации процессов выращивания и уборки картофеля // Картофелеводство.– 1974.– Вып.2.– С. 70–73.
2. Петько А.Б. Исследование и усовершенствование элементов технологии возделывания картофеля на переувлажненных почвах Белоруссии:– Автореф.дис....канд.с.-х.наук: 06.01.09/Мн., 1975.– 23 с.
3. Петько А.Б. Грядковая технология выращивания картофеля для временно избыточно увлажняемых почв // Пути интенсификации картофелеводства в БССР.– Мн., 1983.– С. 129–132.
4. Петько А.Б. Ленточно-грядковая технология возделывания картофеля // Картофелеводство, селекция, семеноводство, агротехника.– Мн., 1986.– С. 171–180.

УДК 631.3.072

СЛОЖНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОПЕРАЦИИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Непарко¹ Т.А., к.т.н., доцент, **Болтянская² Н.И.**, к.т.н., доцент,
Терентьев³ В.В., к.т.н., доцент, **Прокопенко¹ И.П.**, магистрант

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск,

²Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь,

³Рязанский государственный агротехнологический
университет им. П.А. Костычева, г. Рязань

Удельный вес затрат на погрузочно-транспортные работы при выполнении сложных производственных операций при возделывании зерновых культур составляет 15-20%. Для оценки эффективности функционирования погрузочно-транспортных средств предложен комплексный критерий, учитывающий эксплуатационно-экономические и агротехнические показатели качества работы. Поточная линия уборки зерновых культур рассмотрена, как отдельные технологические операции (подсистемы $i = 1, 2, \dots, m$), выполняемые последовательно комплексом машин. Такая линия обладает высокой стохастичностью

свойств и режимов функционирования. Замкнутость комплекса машин представлена как многофазная система с ограниченным распределением ресурсов, критерием оптимизации которой служит минимализация общих потерь, как от простоя уборочного комплекса, так и ущерба от объема невыполненной работы из-за снижения производительности машин.

Пусть Θ – ожидаемый валовой сбор биологического урожая и уборочно-транспортный комплекс разделен на i подсистемы. Потери, связанные с функционированием уборочной подсистемы ($i = 1$), составят

$$P_1 = \Theta - Q_1 D = \Theta - W_1 n_1 \tau_1 T_{\text{см}} D,$$

где Q_1 – ежедневный сбор зерна в $i = 1$ подсистеме; D – агротехнические сроки уборки; W_1 – фактическая часовая производительность; n_1 – количество уборочных агрегатов; τ_1 – коэффициент использования времени смены подсистемы; $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены.

Потери, связанные с функционированием погрузочно-разгрузочных ($i = 2$) подсистем,

$$P_2 = D(Q_1 - Q_2) = D \left[Q_1 - (V_{\text{т}} \lambda_{\text{т}} \gamma \tau_2 T_{\text{см}} n_2 / t_{\text{ц2}}) \right], \quad (1)$$

потери, связанные с функционированием транспортной ($i = 3$) подсистемы,

$$P_3 = D(Q_2 - Q_3) = D \left[Q_2 - (V_{\text{к}} \lambda_{\text{к}} \gamma \tau_3 T_{\text{см}} n_3 / t_{\text{ц3}}) \right], \quad (2)$$

где Q_2, Q_3 – ежедневный объем погрузки-разгрузки и транспортных работ; $V_{\text{т}}, V_{\text{к}}$ – объем технологической емкости и кузова транспортного средства; $\lambda_{\text{т}}, \lambda_{\text{к}}$ – коэффициент использования объема технологической емкости и кузова; τ_2, τ_3 – коэффициент использования времени смены подсистемы; γ – объемная масса материала; n_2, n_3 – количество погрузочно-разгрузочных и транспортных средств; $t_{\text{ц2}}, t_{\text{ц3}}$ – продолжительность одного погрузочно-разгрузочного и транспортного цикла.

Чтобы потери P_2 и P_3 были минимальными, должно выполняться условие

$$\min P_2 = \max(V_{\text{т}} \lambda_{\text{т}} \gamma \tau_2 T_{\text{см}} n_2 / t_{\text{ц2}}), \quad (3)$$

$$\min P_3 = \max(V_{\text{к}} \lambda_{\text{к}} \gamma \tau_3 T_{\text{см}} n_3 / t_{\text{ц3}}). \quad (4)$$

Естественно, что чем меньше продолжительность цикла, тем меньше надо погрузочно-разгрузочных и транспортных средств в $i=2$ и $i=3$ подсистемах и тем легче при заданном составе машин выполнить запланированный объем работ. Для выбора оптимальной стратегии управления уборочно-транспортным процессом при заданной интенсивности грузопотока определим, какие задачи управления строятся при варьировании численных значений переменных в выражениях (3) и (4). Поскольку величины $V_{\text{т}} \lambda_{\text{т}} \gamma$ и $V_{\text{к}} \lambda_{\text{к}} \gamma$ для выбранных погрузочно-разгрузочных средств постоянны, то оптимизация продолжительности цикла сводится к оптимизации скорости движения и расстояния условного рейса. Оптимизация средней скорости перевозок сводится в основном к сокращению времени простоев в ожидании обслуживания:

$$T_{\text{пр}} = N \sum_{i=1}^m t_{\text{ож } i \text{ ср}}, \quad (5)$$

где $N = \Theta / (V_k \lambda_k \gamma)$ – плановое количество рейсов транспортных средств за T_a ; $t_{ож\ i\ ср}$ – среднее время ожидания обслуживания транспортных средств в i -й подсистеме.

Общее время перемещения собранного урожая в поточной линии в течение агротехнического срока или суммарная производительность должны быть одинаковы во всех подсистемах:

$$W_i = W_{i+1} = \dots = W_m. \quad (6)$$

Оптимальное время работы каждой подсистемы — необходимый, но недостаточный критерий оптимизации функционирования поточной линии. Минимум потерь достигается применением гибких связей технологических звеньев в расчете на возможные отказы. Функционирование уборочного комплекса ($i=1$ и $i=2$ подсистем) в реальных условиях характеризуется жесткой связью. Тогда необходимое количество агрегатов n_2 в $i=2$ подсистеме:

$$n_2 \geq W_{н\ 1} / (W_{п\ 2} p_{п\ 2}) + z' / (W_{р\ 2} p_{р\ 2}), \quad (7)$$

где $W_{н\ 1}$ – нормативная часовая производительность уборочного отряда; $W_{п\ 2}$ – средняя эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочного средства на уборке зерновой части урожая; $p_{п\ 2}$ – вероятность того, что все погрузочно-разгрузочные средства заняты в одном уборочном цикле; z' – количество рулонов (тюков) соломы в поле; $W_{р\ 2}$ – средняя эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочного средства на уборке незерновой части урожая; $p_{р\ 2}$ – вероятность того, что погрузочно-разгрузочные средства заняты на уборке незерновой части урожая.

Потребность в транспортных средствах n_3 для поддержания стационарного режима уборочного комплекса [2]:

$$n_3 = \ln p_{от} / \ln (W'_2 / W_3) - \ln ((W'_2 / W_3) + 1), \quad (8)$$

где W'_2 – масса зерна (незерновой части урожая), убранного в единицу времени; W_3 – цикловая производительность транспортной единицы.

Принимая во внимание, что транспортные средства выступают в роли связующего звена функционирования всех последующих подсистем ($i = 4, 5, \dots, m$), необходимо обеспечить их взаимодействие по производительности согласно уравнению (6) и выбор оптимального состава технических средств для их безпростойной работы. Решение задачи сводится к минимизации общих C потерь от простоя уборочного комплекса, содержания и обслуживания погрузочно-транспортного парка за агротехнический срок и ущерба от объема невыполненной работы из-за снижения производительности машин в i -й подсистеме за T_a из-за простоев.

Общие потери для i -й подсистемы поточной линии составят

$$C = C_{т\ пр\ т} + \sum C_i T_a - N \sum C_i T_{ф\ i} + E_{н\ i} / C_3 \Delta Q_i. \quad (9)$$

где $C_{т}, C_i$ – стоимость 1 ч простоя транспорта и технических средств уборочного отряда; $T_{пр\ т}$ – общее время простоя транспорта в ожидании обслуживания за агротехнический срок,

определяемое из уравнения (5); $T_{\phi i} = \sum_{i=1}^m t_{об i ср}$ – фактическое время работы обслуживающих подсистем транспорта за агротехнический срок; $t_{об i ср}$ – среднее время обслуживания транспортной единицы в i -й подсистеме; $E_{н i}$ – нормативный коэффициент эффективности дополнительных капвложений; C_3 – себестоимость зерна; $\Delta Q_i = Q_i - Q_{\phi i}$ – объем невыполненной работы из-за снижения производительности машин в i -й подсистеме за T_a .

Из уравнения (9) видно, что свести к минимуму общие потери для уборочно-транспортной поточной линии можно как за счет исключения простоев техники, так и за счет уменьшения ущерба от снижения производительности машин из-за несогласованности работы уборочно-транспортного комплекса.

Литература

1. Непарко Т.А. Моделирование взаимодействия технических средств при производстве механизированных работ // Агропанорама. – 2004. – № 3. – С. 14-16.
2. Дедков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем: Учеб. пособие для вузов – Москва: Высшая школа, 1976. – 406 с.
3. Тарасенко, В.П. Прикладной системный анализ / В.П. Тарасенко. – М.: КНОРУС, 2010. – 224с.

УДК 631.3.012:631.4

ОЦЕНКА СНИЖЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ИЗ-ЗА ПОВРЕЖДЕНИЯ РАСТЕНИЙ ДВИЖИТЕЛЯМИ

Янцов Н.Д., к.т.н., доцент, Кошля Г.И., Довбня А.А., магистрант

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Анализ научных исследований по воздействию движителей машин на почву позволил выделить наиболее главные факторы, которые определяют плодородие почв и, как следствие, урожай сельскохозяйственных культур. Этими факторами являются:

а) изменение агрофизических свойств почв; б) изменение структуры почвы и ее истирание; в) уничтожение гумусообразующих и рыхлящих почву живых существ (снижение биологической активности почвы); г) механическое повреждение стеблей и корневой системы растений.

При выполнении технологических операций в растениеводстве в работе МТА всегда присутствует некоторое буксование. Работа буксующего колеса сопровождается сдвигом почвы из зоны контакта, в результате чего происходит механическое повреждение культурных растений (рассмотрим на примере уборки многолетних трав). Этот процесс можно представить так, что к моменту входа в контакт с почвой очередного грунтозацепа шины, предыдущий из-за буксования колеса переместится и площадь контакта S элементов шины с почвой сократится и составит $S(1 - \delta)$, при этом:

$$S = S_{\Gamma} - S_{\Pi}, \quad (1)$$

где S_{Γ} и S_{Π} – площади опорных поверхностей грунтозацепов и промежутков между ними в пределах расстояния между смежными параллельными грунтозацепами;
 δ – коэффициент буксования.

Площадь воздействия $S_{\text{возд}}^1$ элементов шины S_{Γ} и S_{Π} с почвой с учетом буксования составит:

$$S_{\text{возд}}^1 = S - S(1 - \delta)$$

или

$$S_{\text{возд}}^1 = S\delta. \quad (2)$$

С некоторыми допущениями площадь S можно найти как сумму площадей двух параллелограммов (рис.1).

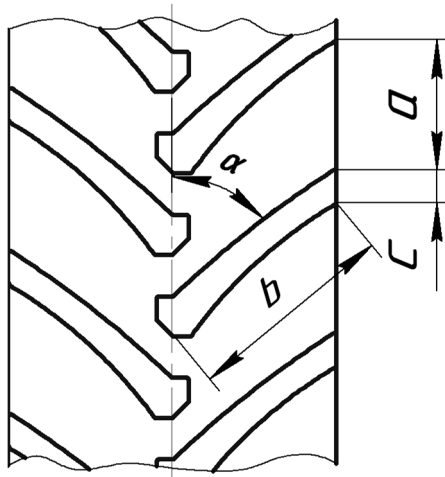


Рисунок 1 – Схема для расчета площади воздействия шины на почву.

$$S = ab \sin \alpha + cb \sin \alpha = (a + c)b \sin \alpha, \quad (3)$$

где a – расстояние между двумя соседними грунтозацепами, м;

b – длина грунтозацепа (длина промежутка), м;

c – ширина одного грунтозацепа, м;

α – угол наклона грунтозацепа.

При движении одного колеса сельскохозяйственного агрегата с коэффициентом буксования δ по полю длиной L , м длина пути пройденного колесом увеличится и составит: $L + L\delta$, м.

Общая площадь $S_{\text{возд}}^N$ воздействия колеса при буксовании определится:

$$S_{\text{возд}}^N = NS_{\text{возд}}^1, \quad (4)$$

где N – количество воздействий на почву элементов шины при буксовании δ ,

$S_{\text{возд}}^1$ – площадь воздействия на почву элементов шины при буксовании δ , м².

Величина N определится:

$$N = \frac{(L + L\delta)}{L} n, \quad (5)$$

где n – количество воздействий на почву элементов шины площадью S без буксования.

При длине поля L , м величина n определится:

$$n = \frac{2L}{a+c} . \quad (6)$$

Тогда:

$$S_{\text{возд}}^N = \frac{2L(1+\delta)}{a+c} S\delta . \quad (7)$$

С учетом выражения (3) получим:

$$S_{\text{вын}}^N = \frac{2L(1+\delta)}{a+c} \delta(a+c)b \sin \alpha \quad (8)$$

или

$$S_{\text{вын}}^N = 2L(1+\delta)\delta b \sin \alpha . \quad (9)$$

Имея величину $S_{\text{возд}}^N$ и зная количество p культурных растений на м^2 , а также количество проходов m колеса по полю можно определить количество p^{II} поврежденных растений, т. е. определить потери урожая в зоне воздействия колеса:

$$p^{\text{II}} = S_{\text{возд}}^N mp . \quad (10)$$

Таким образом, механическое повреждение культурных растений движителями машин при выполнении технологических операций является одной из причин недобора урожайности сельскохозяйственных культур в зоне воздействия ходовых систем машин на почву. Приведенные зависимости позволяют с учетом буксования колес, размеров элементов шины, числа её проходов определить суммарную площадь повреждения дернины на посевах многолетних трав и потери урожайности.

Литература

1. Кононов А. М., Исследование реализации тягово-сцепных свойств и агротехнической проходимости колесных тракторов на суглинистой почве Белоруссии. – Дис. ... докт. техн. наук. – Горки, 1974. – 322 с.
2. Уплотнение почвы под воздействием ходовых систем/Орда А. Н.// Агропанорама. – № 1, 2007. – №1, – С.13...16.

УДК 629.114.2.02

ЗАМЕНА МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ В ТРАНСМИССИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ НА ГИДРОМУФТУ

Бобрышов¹ А.В., к.т.н., доцент, **Капов¹ С.Н.**, д.т.н., профессор,
Петенев¹ А.Н., к.т.н., доцент, **Орлянская¹ И.А.**, к.т.н., доцент, **Павлючук² Н.В.**, к.б.н.

¹Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

С ростом энергонасыщенности тракторов идёт возрастание скорости движения сельскохозяйственных агрегатов при выполнении технологических операций. Это приводит к повышению нагруженности деталей трансмиссии агрегата за счет возрастания динамичности процессов. Следует учитывать, что фрикционная муфта сцепления жестко соединяет двигатель с трансмиссией в процессе работы трактора. Поэтому возможные

скачки тягового сопротивления или передача через ведущие колеса с поверхности перекачивания приводят к повышению нагруженности трансмиссии тракторного агрегата.

При совершенствовании конструкций современных тракторов важным является проведение мероприятий по снижению динамических нагрузок в их трансмиссиях. С этой целью в трансмиссию трактора БЕЛАРУС-1523.3 была установлена гидромuftа. В научно-исследовательских работах [1-3] установлено, что наибольшие динамические нагрузки в трансмиссиях мобильных машин и агрегатов возникают на переходных режимах их работы. Поэтому, чтобы определить какое влияние на динамические нагрузки в трансмиссии трактора оказывает гидромuftа были проведены экспериментальные исследования трактора с гидромuftой в процессе трогания и разгона с сельскохозяйственными машинами.

Испытания проведены на культивации с двумя паровыми культиваторами с шириной захвата 4,0 м и семью боронами с шириной захвата 1,0 м, и при транспортировке прицепа совместно с мобильной тензометрической лабораторией с суммарной массой 14,5 тонн.

Трогание и разгон агрегатов с разными вариантами состояния гидромuftы производился от минимально устойчивой частоты вращения коленчатого вала двигателя с увеличением ее до уровня установившегося режима работы. Культивация осуществлялась на 9 передаче коробки перемены передач трактора, на транспорте – 13 передаче. Испытания проведены с наполнением гидромuftы 77, 80, 85% и с заблокированной гидромuftой при 85 % её наполнении.

Во время испытаний фиксировались следующие контрольные параметры: частота вращения коленчатого вала двигателя; частота вращения входного вала коробки передач; крутящий момент на полуосях трактора; тяговое усилие; продолжительность опыта.

Результаты исследований приведены в табл.

Таблица – Результаты экспериментальных исследований нагруженности элементов трансмиссии агрегатов при трогании и разгоне

Вид сельскохозяйственной работы	Наполнение гидромuftы, %	Обороты двигателя перед троганием ($n_{дв}$), об/мин	Значения крутящих моментов на полуосях трактора, кН·м			Время нарастания нагрузки, с	Максимальное усилие на крюке ($P_{кр}$), кН	Максимальное значение момента (ΣM_{max}), кН·м
			$M_{пр}$	$M_{лев}$	ΣM			
Культивация	77	780	7,41	6,41	13,82	0,13	18,4	21,47
	80	900	7,46	6,28	13,44	0,27	19,5	19,3
	85	610	6,0	5,8	11,8	0,32	17,3	21,0
	85, гидромuftа заблокирована	840	8,0	8,3	16,3	-	19,3	24,4
Транспортная работа	77	710	6,11	4,72	10,83	0,17	15,6	16,2
	80	635	5,9		11,8	0,17	15,8	18,4
	85	670	6,9	5,85	12,75	0,18	21,6	16,58
	85, гидромuftа заблокирована	750	15,8	15,56	31,36	0,55	22,0	31,36

Результаты исследований показали, что после включения фрикциона коробки передач наблюдается интенсивный рост крутящих моментов на полуосях трактора, при этом скорость турбинного колеса гидромуфты становится близка к нулю, т.е. динамическое нагружение трансмиссии трактора в данном случае происходит за счет кинетической энергии турбинного колеса. Величина динамических нагрузок определяется частотой вращения коленчатого вала двигателя перед началом разгона и практически не зависит от наполнения гидромуфты. Далее разгон агрегата происходит на гидромуфте, он сопровождается плавным нарастанием нагрузок на полуосях и крюке трактора, а также повышением частоты вращения двигателя и турбинного колеса.

Длительность разгона зависит от наполнения гидромуфты: при наполнении 77% время разгона ≈ 3 с, при 80 % и 85 % $\approx 1,5 \dots 2$ с.

При заблокированной гидромуфте агрегат разгоняется быстрее (за приблизительно 0,5...1 с). При этом нагрузки на полуосях на 15 % выше, чем при разблокированной муфте как в начале, так и в конце разгона.

Наибольший динамический момент возникает тогда, когда гидромуфта заблокирована, он больше на транспортных работах и составляет 31,36 кН·м против 24,4 кН·м на культивации.

Разблокирование гидромуфты позволяет снизить динамические нагрузки в трансмиссии на 12...48%. Снижение более чем на 40 % наблюдается на транспортных работах и на 12...20 % при культивации.

Изменение наполнения гидромуфты, в рассматриваемом диапазоне, заметного влияния на нагруженность трансмиссии при трогании агрегата не выявило. Использование клапана плавности при разгоне агрегата с заблокированной гидромуфтой позволяет избежать динамического нагружения полуосей трактора и обеспечить плавное трогание с места.

Анализ полученных результатов позволяет говорить, что использование в трансмиссии трактора гидромуфты позволяет снизить динамическую нагруженность деталей трансмиссии в зависимости от выполняемой работы и номера передачи на 12...48%. Наполнение гидромуфты оказывает влияние на длительность разгона агрегата. Разгон агрегата с использованием клапана плавности при заблокированной гидромуфте позволяет избежать динамического нагружения трансмиссии и обеспечивает плавное трогание с места.

Литература

1. Бобрышов А.В. Средства снижения нагруженности трансмиссии сельскохозяйственных агрегатов /Бобрышов А.В., Орлянский А.В., Лиханос В.А., Борщевский А.П., Безручко А.Ф. //В сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В АПК. Сборник научных статей по материалам XV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора О. Г. Ангилеева в рамках XXI Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2019» . 2019. С. 231-235.
2. Бобрышов А.В. Исследование факторов влияющих на формирование нагрузок в приводе сельскохозяйственных агрегатов/ А. В. Бобрышов, В.А. Лиханос // В сборнике: Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК. Сборник научных статей по материалам VIII Международной научно-практической конференции в рамках XX Международной агропромышленной выставки "Агроуниверсал - 2013" и научно-практической конференции "Ресурсо- и энергосбережение в АПК. Альтернативные виды топлива". 2013. С. 165-167.
3. Бобрышов, А.В. Исследование нагруженности деталей трансмиссии сельскохозяйственных агрегатов с активными рабочими на переходных режимах работы /Бобрышов А.В., Орлянская И.А., Лиханос В.А., Твердохлебов А.А., Гедроить Г.И. //В сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В АПК. Сборник научных статей по материалам XV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора О. Г. Ангилеева в рамках XXI Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2019» . 2019. С. 226-230.

УДК 635.714

АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ (*ECHINACEA PURPUREA* (L.) MOENCH) В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ

Вечер Н.Н., к.б.н., доцент, Кошля Г.И., Чумак Т.М.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) многолетнее травянистое растение семейства *Asteraceae*. Корневище короткое, многоглавое, усаженное многочисленными тонкими корнями [1].

Стебли простые или слабо разветвленные, 60-100 см длины, покрыты волосками, мягкоопушенные или голые. Листорасположение очередное, редкосупротивное. Листья простые, неравнокрупнозубчатые или цельнокрайние, опушенные или голые. Розеточные листья продолговато-яйцевидные, с оттянутой верхушкой, длинночерешковые. Нижние стеблевые листья черешковые, яйцевидно-ланцетные, остроконечные. Соцветие – одиночные многоцветковые корзинки, расположенные на конце длинных цветоносов или боковых побегов. Обертка соцветия сплюснуто-полусферическая. Листочки обертки расположены черепицеобразно в 3-4 ряда, травянистые, ланцетные, остроконечные. Цветоложе выпуклое, шаровидное или коническое, полое. Краевые цветки в корзинке – ложноязычковые, расположены в один ряд по краю цветоложа, срединные – трубчатые, многочисленные. Чашечка в виде многозубчатой коронки. Трубчатые цветки фертильные (обоеполые), венчик их темно-красный, цилиндрический с 5 –зубчатым прямым отгибом, снизу расширенный в мясистое луковичеобразное основание, сидящее на завязи; тычинок 5. Плоды – четырехгранные серовато-бурые семянки, обратно-пирамидальные или почти продолговатые, 3 – 3,5 мм длиной. Паппус в виде небольшой зубчатой окрайины на верхушке семянки [4].

Родина эхинацеи пурпурной – Центральная Америка. В естественных условиях произрастает в субтропической зоне Северной Америки, смешанных и лиственных лесах, а также в умеренной зоне, в лесостепях и степях, на подзолистых, серо-коричневых, черноземных, каштановых, желтоземных и песчаных почвах.

Эхинацея пурпурная – засухоустойчивое растение, предпочитает места открытые, солнечные. Почвы должны быть легкими, хорошо дренированными, т.к. застойная влага нередко приводит к гибели растений.

Цветет с июля по сентябрь. Период созревания семян наблюдается в августе – сентябре. В культуре легко размножается семенами. При оптимальных условиях увлажнения почвы семена дружно прорастают при температуре нагрева почвы на глубине заделки семян +10° С. Всходы появляются на 12-14 день. В стадии вилочки растения эхинацеи пурпурной находятся в течение 8 дней, после чего начинают формировать первый настоящий лист. На первом году вегетации оптимальная густота стояния растений до 40 штук на пог. м. [3].

Лучшими предшественниками для эхинацеи пурпурной являются занятые пары, зерновые и зернобобовые культуры. Не рекомендуется возделывать эхинацею после сахарной свеклы и других корнеплодов ввиду наличия общих вредителей. Хорошие результаты получены при использовании в качестве предшественника галеги восточной.

Эхинацея пурпурная требовательна к качественной подготовке почвы. После зерновых культур под зябь подготовку почвы под эхинацею начинают с двукратного лущения жнивья на глубину 6-8 см лущильником марки Л-113, внесения органических удобрений – 50 т/га, минеральных из расчета: азотных – 30 кг/га д.в., фосфорных – 60 кг/га д.в., калийных 90 кг/га д.в. [2].

Весной с целью закрытия влаги проводят ранневесеннее боронование. С наступлением спелости почвы проводят предпосевную культивацию на глубину 6-8 см с одновременным внесением азотных удобрений из расчета 30 кг/га д.в.

При посеве после зерновых культур проводят лущение жнивья на глубину 8-10 см и вспашку плугом на глубину пахотного горизонта. Весной проводят закрытие влаги боронованием, перед посевом осуществляют культивацию на глубину заделки семян культиватором АКШ-7,2 или др.

Посев проводят весной при прогревании почвы $+10^{\circ}\text{C}$ на глубине заделки семян. Более поздние сроки приводят к снижению полевой всхожести семян, а также, соответственно, к уменьшению густоты посева и их продуктивности. Запоздывание по срокам посева затрудняет получение дружных всходов – сказывается недостаток почвенной влаги. Норма высева семян – 6 кг/га [4].

Для обеспечения равномерной глубины заделки семян и получения дружных всходов непосредственно перед посевом применяют комбинированные почвообрабатывающие агрегаты типа АКШ-7,2, которые обеспечивают выравнивание поверхности поля, дробление комков почвы и ее прикатывание. Посев осуществляют пневматическими овощными сеялками. Глубина заделки семян – 1-2 см и ширина междурядий 60 см.

На второй год, при отрастании растений, проводят подкормку азотными и фосфорными удобрениями из расчета 30 кг/га д.в. и калийным – 40 кг/га д.в. с помощью навесных разбрасывателей минеральных удобрений.

На плантациях первого года жизни особое внимание необходимо уделять борьбе с сорной растительностью и поддержанию почвы в рыхлом состоянии. При обозначении рядков приступают к первой междурядной обработке культиватором растениепитателем КРН-4,2 или др. на небольшую глубину. По мере появления сорняков проводят междурядные обработки междурядий, увеличивая глубину обработки до 6-8 см.

Важнейшим элементом по защите эхинацеи от сорной растительности является оценка засоренности участка и определение видового состава сорных растений.

При основной подготовке участка под эхинацею проводится обработка появившихся сорняков одним из гербицидов сплошного действия (ураган и др.).

По посевам до появления всходов эхинацеи возможна обработка участка одним из разрешенных почвенных гербицидов (гезагард, стомп и др.) в зависимости от видового состава сорняков.

После появления всходов эхинацеи (или отрастания культуры) в зависимости от видового состава сорной растительности проводят обработку разрешенными гербицидами. Опрыскивание культуры в фазе 3-4 настоящих листьев [5].

Эхинацея пурпурная в условиях Республики Беларусь относительно устойчива к болезням. Иногда отмечается поражение стеблей, листьев и соцветий филлостиктозом. Обработку посевов рекомендуется проводить разрешенными фунгицидами. Для снижения развития болезней рекомендуется протравливание семян эхинацеи за две недели до посева разрешенными протравителями.

Существенный вред посевам эхинацеи могут наносить вредители (бобовая тля, совка гамма, луговой мотылек и др.). После всходов при необходимости проводится обработка разрешенными инсектицидами. В период вегетации при необходимости обработку повторяют, не более двух за вегетацию и не позднее чем за 10 дней до уборки.

В условиях культуры эхинацея обычно зацветает на второй год жизни, а максимальная продуктивность зеленой массы достигается на 3-4 годы. Уборку зеленой массы эхинацеи проводят в фазе конец бутонизации – начало цветения.

Зеленую массу скашивают косилками-плющилками или самоходными жатками для провяливания. Скошенное сырье подбирают косилкой-измельчителем и др. подборщиками с одновременным измельчением и погрузкой в транспортные средства. Средняя урожайность зеленой массы эхинацеи пурпурной в переводе на сухое вещество в среднем составляет 20-30 ц/га, а при высокой агротехнике может достигать 50 ц/га и более.

Литература

1. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Методические указания. – Новосибирск, Сибирское отделение изд-во «Наука», 1985, - 155 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта/ Б.А. Доспехов. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 351 с.
3. Зуева Г.А. Общая фенология. Елабуга: Изд-во ЕГПИ, 2008. – 54 с.
4. Никтенко Г.Ф. Опытное дело в полеводстве/ Под. ред. Проф. Г.Ф. Никитенко. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 190 с.
5. Технологии возделывания лекарственных растений: методическое пособие / подгот. Л.В. Кухарева, Т.В. Гиль – Минск: Минсктиппроект, 2008. – 128 с.

УДК 629.114.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗГОНА ТРАКТОРА ЗА СЧЕТ ВЫБОРА РЕЖИМА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ

Бобрышов¹ А.В., к.т.н., доцент, **Капов¹ С.Н.**, д.т.н., профессор,
Петенев¹ А.Н., к.т.н., доцент, **Орлянская¹ И.А.**, к.т.н., доцент,
Гедроить² Г.И., к.т.н., доцент

¹Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Исследования процесса разгона трактора проведены на двухмассовой динамической модели с одним упругим звеном (рис. 1). Рассматривались два варианта разгона: первый – разгон при включении одного фрикциона, второй - разгон при одновременном включении двух фрикционов с одинаковым моментом трения $M_\phi(t)$ с последующим отключением одного из фрикционов через произвольно выбираемые промежутки времени.

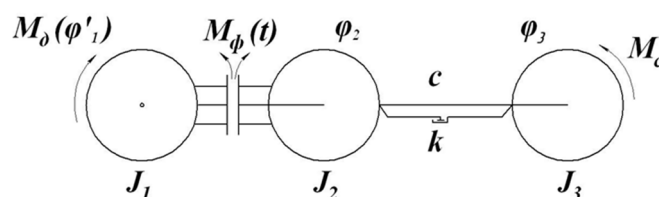


Рисунок 1 – Упрощенная схема динамической модели тракторного агрегата:

J_1, J_2, J_3 – приведенные к валу муфты моменты инерции соответственно двигателя с маховиком, ведомых частей фрикционной муфты и разгоняемых масс; c – жесткость системы; k – коэффициент демпфирования; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – углы поворота движущихся масс; M_ϕ – момент трения муфты; M_c – приведенный к валу муфты момент сопротивления движению агрегата.

Движение этой динамической модели (рис. 1) описывается следующими дифференциальными уравнениями :

$$\left. \begin{aligned} J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 &= M_\phi(t) - M_\phi(t); \\ J_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 &= M_\phi(t) - k \cdot (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) - c \cdot (\varphi_2 - \varphi_3); \\ J_3 \cdot \ddot{\varphi}_3 &= k \cdot (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) + c \cdot (\varphi_2 - \varphi_3) - M_c. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Преобразуем систему уравнений (1) в систему четырех дифференциальных уравнений первого порядка, выразив $\omega_1 = \dot{\varphi}_1; \omega_2 = \dot{\varphi}_2; \omega_3 = \dot{\varphi}_3; \omega_4 = c \cdot (\varphi_2 - \varphi_3)$. Получим

$$\left. \begin{aligned} \omega_1 &= \frac{1}{J_1} [M_o(\omega_1) - M_\phi(t)] \\ \omega_2 &= \frac{1}{J_2} [M_\phi(t) - k \cdot (\omega_2 - \omega_3) - \omega_4] \\ \omega_3 &= \frac{1}{J_3} [k \cdot (\omega_2 - \omega_3) + \omega_4 - M_c] \\ \omega_4 &= c \cdot (\omega_2 - \omega_3). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Начальные условия движения масс модели принимались из условия: $\omega_1 = \omega_x$, $\omega_2 = \omega_3 = \omega_4$, где ω_x – максимальная угловая скорость холостых оборотов двигателя.

Крутящий момент двигателя M_o выбирался по формулам:

$$\left. \begin{aligned} M_o &= M_n \frac{(M_{o_{max}} - M_n) \cdot (\omega_n - \omega)}{\omega_n - \omega_o}; \omega_o \leq \omega \leq \omega_n; \\ M_o &= M_n \frac{(\omega_x - \omega)}{\omega_x - \omega_n}; \omega_n \leq \omega \leq \omega_x, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Момент трения фрикционной муфты приняли изменяющегося по линейному закону:

$$M_\phi = M_{\phi_{max}} \frac{t}{t_\phi}; 0 \leq t \leq t_\phi.$$

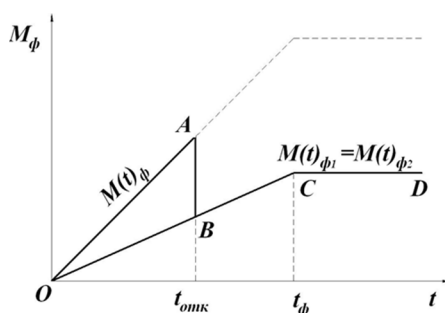


Рисунок 2 – Диаграмма изменения момента трения в коробке перемены передач трактора при одновременно включённых двух фрикционах

При включении фрикционов в период времени $0 - t_{откл}$ момент трения нарастает по линии ОА (рис. 2), затем в момент времени $t = t_{откл}$ фрикцион первой передачи отключается, а затрачиваемый на разгон момент уменьшится в два раза, т.е. $M_{\phi 2}(t) = M_\phi(t) - M_{\phi 1}(t) = 0,5M_\phi(t)$, так как принято, что моменты трения фрикционов первой $M_{\phi 1}(t)$ и второй $M_{\phi 2}(t)$ передач одинаковы

$$[M_{\phi 1}(t) = M_{\phi 2}(t)].$$

Мощность трения в любой момент времени t вычислялась по формуле:

$$N_{тр} = M_\phi(t) \cdot (\omega_1 - \omega_2).$$

Работа трения рассчитывалась по выражению:

$$A_{mp} = \int_0^t N_{mp} \cdot dt \approx \sum \frac{1}{2} \Delta t_i [N_{mp}(t_{i+1}) + N_{mp}(t_i)]$$

Параметры динамической модели приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Крутящий момент двигателя, Н·м		Угловые скорости, рад/с			Моменты трения и сопротивления, Н·м		Моменты инерции, кг·м ²			Жесткость системы, Н·м/рад	Коэффициент демпфирования, Н·м·с
M_n	M_{dmax}	ω_x	ω_n	ω_o	M_{fmax}	M_c	J_1	J_2	J_3	c	k
255,5	288,7	249,5	30	16	620	123,6	0,15	0,005	0,37	405,9	2,35

Результаты расчета процесса разгона трактора сведены в табл. 2.

Таблица 2 – Расчетные данные по нагруженности фрикционов при разгоне тракторного агрегата

Параметры нагруженности фрикционов	Разгон на одном фрикционе	Разгон на двух фрикционах		
		Время разгона $t_{откл}$, с		
		0,1	0,2	0,3
Работа трения $A_{тр}$, Дж·10 ³ :				
- фрикциона 1-ой передачи	68,6	1,49	5,68	11,8
- фрикциона 2-ой передачи	-	58,3	53,9	44,1
- суммарная 2-х фрикционов	-	59,8	59,6	55,9
Максимальная мощность трения $N_{тр,max}$, Вт·10 ³	84,2	103,4	106,8	131,4

По результатам полученных данных можно установить следующее. При разгоне на двух фрикционах работа трения каждого из фрикционов меньше, чем в случае разгона на одном фрикционе. При этом во всех случаях разгона фрикцион первой передачи нагружен меньше, чем второй передачи. При этом работа трения более нагруженного фрикциона второй передачи снижается по сравнению с работой трения при включении одного фрикциона на 13,5 % при $t_{откл} = 0,1$ с, на 21,4 % при $t_{откл} = 0,2$ с и на 35,5 % при $t_{откл} = 0,3$ с. Из этого анализа видно, что при одновременном буксовании двух фрикционов в течение 0,2 и 0,3 с уменьшение работы трения ощутимее. При этих условиях меньше также и значение максимальной мощности трения $N_{тр,max}$ на каждый фрикцион при $t_{откл} = 0,2$ с на 36,7 % и при $t_{откл} = 0,3$ с на 22 %.

Из анализа следует, что разгон тракторного агрегата с одновременным включением двух фрикционов при их совместной работе в течение $t_{откл} = 0,2 \dots 0,3$ с дает существенное снижение нагруженности фрикционов, т.е. уменьшение работы трения на 21,4...35,5 % и максимальной мощности трения на 22...36,7 %.

Литература

- Бобрышов А.В. Исследование факторов влияющих на формирование нагрузок в приводе сельскохозяйственных агрегатов / А. В. Бобрышов, В.А. Лиханос // В сборнике: Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК Сборник научных статей по материалам VIII Международной научно-практической конференции в рамках XX Международной агропромышленной выставки "Агроуниверсал - 2013" и научно-практической конференции "Ресурсо- и энергосбережение в АПК. Альтернативные виды топлива". 2013. С. 165-167.
- Бобрышов А.В. Определение максимальных нагрузок в трансмиссиях машинно-тракторных агрегатов / А.В. Бобрышов, Ю.В. Прохорская, В.А. Лиханос//. НаукаПарк. 2011. №4(5).С. 15-19.

3. Бобрышов А.В. Средства снижения нагруженности трансмиссии сельскохозяйственных агрегата /Бобрышов А.В., Орлянский А.В., Лиханос В.А., Борщевский А.П., Безручко А.Ф. // В сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В АПК. Сборник научных статей по материалам XV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора О. Г. Ангилеева в рамках XXI Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2019» . 2019. С. 231-235.

УДК 629.36

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ

Варфоломеева Т.А., Занемонский С.В., Новик А.С., студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Одним из основных требований, предъявляемых к мобильным средствам механизации сельскохозяйственных работ, является обеспечение щадящего воздействия их движителей на почву [1]. По стандартам развитых европейских стран давление колеса на почву не должно превышать $0,6 \text{ кгс/см}^2$ ($0,06 \text{ МПа}$). В переуплотненных от воздействия ходовых систем почвах возникает явление пространственной тесноты, возрастает сопротивление развитию корневых систем возделываемых растений, нарушается оптимальный водо- и воздухообмен. Исследованиями установлено, что структура влажной минеральной почвы не нарушается при предельном давлении на неё – $0,06\text{--}0,10 \text{ МПа}$, а сухой – при $0,2\text{--}0,3 \text{ МПа}$. Для торфяных почв соответствующие параметры существенно ниже.

Для решения актуальной проблемы уменьшения уплотнения почвы сельскохозяйственных угодий ходовыми системами колесных тракторов все более широко применяют сдваивание (рис. 1), а также страивание колес.



Рисунок 1 – След при криволинейном движении трактора «БЕЛАРУС 3022» со сдвоенными задними колесами

Сдваивание колес позволяет уменьшить давление на почву, однако приводит к увеличению радиусов поворота, а следовательно, к расширению поворотных колес. Кроме того, увеличиваются нагрузки на отдельные узлы трансмиссии, возникают дополнительные паразитные потери мощности, ограничивается движение тракторов по дорогам [2, 3].

С целью выполнения требований нормативных документов по повышению агроэкологических и тягово-сцепных качеств тракторов при работе с тяжелыми сельхозмашинами и орудиями на почвах с малой несущей способностью предусматривается снижение давления на почву путем увеличения площади пятна контакта движителей с опорной поверхностью [1].

ОАО «Мозырский машиностроительный завод» наладил серийный выпуск тракторов с резиноармированными гусеницами. Главное преимущество таких движителей – возможность эксплуатации на дорогах общего пользования, а также работа на переувлажнённых почвах

Ведущие производители выпускают тракторы 5, 6 тягового класса с резиноармированными гусеницами с треугольным обводом: Fendt 1100 Vario MT, Challenger MT 775E, John Deere 8RT 410. Данную схему может быть реализована и на Минском тракторном заводе для перспективного гусеничного трактора 6 тягового класса «БЕЛАРУС 3503» (рис. 2) [4].



Рисунок 2 – Перспективный трактор «БЕЛАРУС 3503» с гусеницами с треугольным обводом и нижним расположением ведущего колеса

Преимущества гусеничных движителей с треугольным обводом над привычной гусеницей с овальным обводом [5]:

- наиболее рациональное, среди всех типов компоновок, расположение центра масс и как следствие самая большая навесоспособность;
- обеспечивается длительное движение по неровной поверхности на сравнительно высокой скорости до 12 км/ч;

В отличие от моделей с двумя гусеницами, трактор «БЕЛАРУС 3525» выполнен в форм-факторе трактора с четырьмя полностью независимыми гусеницами (рис. 3).



Рисунок 3 – Четырехгусеничный трактор «БЕЛАРУС 3525»

Поскольку основным отличием от аналогичных по производительности моделей служит именно наличие гусениц, именно им производитель уделяет больше всего внимания. Гусеницы монтируются сразу на ступицы колес – это позволяет существенно ускорить их установку, при этом избегая необходимости использовать какие-либо адаптеры или переходники.

Четырехгусеничные системы позволяют увеличить сцепление и тяговое усилие, снизить давление на почву, что значительно повышает проходимость и позволяет трактору эффективно работать на переувлажненных почвах.

К недостаткам данного трактора относится увеличение массы и расхода топлива, понижение скорости, увеличение радиуса окружности поворота, отсутствие шарнирно-сочлененной рамы, что ограничивает возможности копирования рельефа почвы.

Совершенствование движителей тракторов направлено на обеспечение допустимого уровня воздействия на почву, уменьшение буксования, развитие максимального тягового усилия и достигается за счет применения шин низкого давления, сдваивания и страивания

колес. Перспективным направлением является разработка тракторов с резиноармированными гусеницами с треугольным обводом.

Литература

1. Гедроить, Г. И. Агроэкологические свойства тракторов «БЕЛАРУС» / Г. И. Гедроить, С. В. Занемонский, В. С. Леванюк // Актуальные проблемы и перспективы развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК : сборник научных статей II Международной научно-практической конференции, Минск, 9-10 июня 2022 г. - Минск : БГАТУ, 2022. - С. 99-103.
2. Гедроить, Г. И. Совершенствование конструкции устройств для сдваивания колес энергонасыщенных тракторов / Г. И. Гедроить, Т. А. Варфоломеева, С. В. Занемонский // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2023. – № 2 (79). – С. 14–21.
3. Варфоломеева, Т. А. Поворачиваемость колесного трактора со сдвоенными задними колесами / Т. А. Варфоломеева, С. В. Занемонский, А. А. Блохин // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 23-24 ноября 2023 г. - Минск : БГАТУ, 2023. - С. 190-193.
4. Перспективы развития сельскохозяйственных гусеничных тракторов / Г. И. Гедроить [и др.] // Агропромышленный комплекс в условиях инновационного развития: наука, технологии, кадровое обеспечение : материалы I Международной научно-практической конференции, Минск, 6-7 июня 2024 г. - Минск : БГАТУ, 2024. - С. 160-164.

УДК 629.3.01

СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ГЛУШИТЕЛЬ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС 920»

Безручко А.Ф., к.т.н., доцент, **Михалков В.В.**, **Напорко Ю.А.**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Любая работающая машина порождает колебания. Сложные колебательные процессы, происходящие в машинах и оборудовании, генерируют вибрацию и шум. Вибрация понижает надежность и долговечность машин, ускоряет износ деталей. Колебания возникают в результате нерациональной конструкции машин, их изношенности или неисправности. Вредное действие вибраций на машины и механизмы выражается в понижении коэффициента полезного действия, преждевременном износе деталей, т.е. снижении долговечности его узлов и деталей [1].

Существуют различные методы снижения воздействия вибрации. В данной работе предложен метод, объединяющий несколько известных методик с использованием современных измерительных приборов. Предлагаемая методика повышает точность полученных результатов, снижает объем и сложность теоретических расчетов. Применима для исследований реальных изготовленных узлов и деталей машин.

Объектом исследования в данной работе выбран трактор «БЕЛАРУС 920». Это современная машина выпускаемая серийно.

Для измерений виброускорения применялся современный виброанализатор Октава 101-ВМ с трехосевым датчиком AP2038P (Класс 1 по МЭК 61260).

Возбуждение вибрации на глушителе производилось от работающего двигателя. Такой способ позволяет максимально учесть все сопутствующие факторы, влияющие на вибрацию объекта.

Контакт датчика с глушителем производился через виброшуп. Такой способ был выбран поскольку:

– позволяет исключить возможность повреждения датчика от воздействия высоких температур корпуса глушителя;

- не нарушает, очень важных при данных исследованиях, жесткостных характеристик глушителя;
- позволяет производить точные измерения по абсолютной величине в диапазоне до 800 Гц.

Визуальное наблюдение и замеры общих некорректированных уровней вибрации глушителя позволило установить, что наиболее вероятными режимами работы двигателя, при которых возникает резонанс, является работа двигателя при частоте вращения коленчатого вала 800 и 1400 мин⁻¹. Поэтому спектральный анализ вибрации проводился именно на этих оборотах. Полученные результаты показали, что максимальные амплитуды колебания глушителя в третьоктавах со среднегеометрическими частотами 25, 100, 125, 1000, 1250 Гц.

Колебания на указанных частотах могут быть обусловлены сильным воздействием возбуждающей силы (совпадает с оборотами двигателя) или резонансом самой детали. Для определения этого необходимы теоретические расчеты.

Каждая деталь имеет частоту собственных колебаний (ЧСК), обусловленную её геометрическими размерами, материалом, из которого она изготовлена и способом крепления. Зная вероятные ЧСК (определены экспериментально), действительную ЧСК исследуемой детали можно определить по длине волны на этих частотах [2].

Длина волны определяется из выражения

$$\lambda = V / (f \alpha_2), \quad (1)$$

где V – скорость звука в материале детали, м/с; f – частоты; α_2 – постоянный коэффициент, $\alpha_2 = 135$.

Для глушителя с выраженной в его спектре частотой в третьоктаве $f = 25$ Гц

$$\lambda = 5850 / (25 \cdot 135) = 1,73 \text{ м.}$$

Полученный размер, с учетом погрешностей по частоте и выбору α_2 , близок к размеру глушителя по высоте. Данная частота является наиболее вероятной причиной резонанса глушителя, особенно на низких оборотах двигателя, когда возбуждающие силы на этой частоте возрастают.

Для снижения негативного эффекта резонанса необходимо, чтобы размер глушителя составлял $3/4$ длины волны или следует расположить опоры на таком расстоянии.

Изменение размеров глушителя нежелательно, так как это повлияет на его акустические и гидродинамические характеристики. Наиболее доступный и низко затратный способ снижения вибрационной нагрузки на глушитель в данном случае – установить дополнительную опору на расстоянии $3/4 \cdot \lambda$, т.е. на расстоянии 0,65 м или 1,3 м от нижней точки крепления глушителя.

Расчет на частотах 100, 125, 1000, 1250 Гц в данной работе не производился, т.к. воздействие на этих частотах значительно меньше, чем на частоте 25 Гц.

На основании полученных результатов и их анализа следует, что причиной преждевременного разрушения глушителя и кронштейна его крепления являются резонанс глушителя на частоте 25 Гц. Наиболее простым и эффективным способом решения этой проблемы является установка дополнительных опор, расстояние между которыми должно быть 0,65, 1,3 м.

Литература

1. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле – М.: Наука, 1967–444 с.
2. Вибрации в технике. Справочник в 6 т. Ред. совет: В. Н. Челомей и др. М.: Машиностроение, 1981.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСМИССИИ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС» ТЯГОВОГО КЛАССА 3–5

Гедроить Г.И., к.т.н., доцент, Занемонский С.В.,

Варфоломеева Т.А., Мечковский П.В., студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Тракторы «БЕЛАРУС» тягового класса 3–5 предназначены для выполнения различных сельскохозяйственных работ с навесными, полунавесными, прицепными машинами и орудиями, погрузочно-разгрузочными средствами, с уборочными комплексами, для привода стационарных сельскохозяйственных машин, а также для выполнения транспортных работ, для длительной работы в режиме реверса с сельскохозяйственными машинами, навешиваемыми на переднее и заднее навесные устройства, в различных климатических зонах [1].

На ОАО «МТЗ» ведутся разработки одновременно по нескольким направлениям – от глубокой модернизации и изменений конструкций существующей линейки до создания новых моделей тракторов [2]. При этом большое внимание уделяется модернизация трансмиссии [3].

Основные характеристики серийных и перспективных трансмиссий тракторов «БЕЛАРУС» тягового класса 3–5 представлены в таблице.

Таблица – Развитие трансмиссий тракторов «БЕЛАРУС» серий 1500/1800/2000/2100/3000/3500

Семейство тракторов «БЕЛАРУС»	Число передач вперед/назад и конструктивные особенности трансмиссий		
	Серийная	Разрабатываемая	
1500/1800/ 2000/2100	16/8	32/32 Synchron	32/32 Power Shuttle; 32/8 Power Shuttle
	синхронизированная коробка передач (КП); переключение диапазонов зубчатыми муфтами	синхронизированная КП, реверс-редуктор и редуктор пониженных передач; многодисковое «мокрое» сцепление	переключение передач под нагрузкой; переключение диапазонов синхронизаторами; гидромеханические реверс-редуктор и понижающий редуктор; многодисковое «мокрое» сцепление
	16/8 Power Shift		
	переключение передач под нагрузкой; переключение диапазонов зубчатыми муфтами	16/8 Power Shift	
	24/12 Synchron	переключение передач под нагрузкой; переключение диапазонов синхронизаторами; центральный привод ПВМ; многодисковое «мокрое» сцепление	
	синхронизированная КП и диапазонный редуктор		
3000/3500	30/12; 36/24	36/24	36/36 Full Power Shift
	переключение передач под нагрузкой; переключение диапазонов зубчатыми муфтами	переключение передач под нагрузкой; переключение диапазонов синхронизаторами; гидромеханические реверс-редуктор и понижающий редуктор; многодисковое «мокрое» сцепление	переключение передач и диапазонов под нагрузкой; гидромеханические реверс-редуктор и понижающий редуктор; многодисковое «мокрое» сцепление

Для тракторов «БЕЛАРУС» с мощностью двигателя 130–210 л.с. предусмотрены гидромеханический реверс-редуктор, 4-ех ступенчатая коробка передач Power Shift с переключением передач гидроподжимными муфтами без разрыва потока мощности (под нагрузкой), 4-ех ступенчатый синхронизированный диапазонный редуктор, задний дисковый ВОМ (вал отбора мощности) с электрогидравлическим управлением:

– обеспечивается переключение 4-ех передач под нагрузкой;

- высокая степень унификации с серийными трансмиссиями;
- автоматизация управления трансмиссией;
- наличие быстрого реверса;
- повышение надежности заднего ВОМ;
- модернизированный привод ПВМ с многодисковой фрикционной муфтой включения вместо раздаточной коробки, промежуточной опоры и двух карданных валов (центральный привод) – обеспечивает повышение надежности и долговечности.

Модернизация трансмиссии тракторов «БЕЛАРУС» мощностью 150–350 л.с. проводится в два этапа за счет изменения редукторной части коробки передач, что позволяет проводить модульную замену при полной унификации остальных узлов.

Первый этап. Установка синхронизированного механизма переключения диапазонов:

- обеспечивается легкое переключение диапазонов;
- система управления трансмиссией полностью унифицирована с серийной.

Второй этап. Для тракторов «БЕЛАРУС» серий 1500/1800/2000/2100 установка трансмиссии Power Shuttle с переключением передач под нагрузкой; переключением диапазонов синхронизаторами; гидромеханическим реверс-редуктором и понижающим редуктором; многодисковым «мокрым» сцеплением.

Автоматическая трансмиссия со всеми передачами, переключаемыми под нагрузкой (Full Power Shift) для тракторов «БЕЛАРУС» серий 3000/3500:

- обеспечивается переключение передач и диапазонов без разрыва потока мощности;
- сохранен серийный узел передач и основные элементы трансмиссии;
- автоматизация управления трансмиссией.

Предусматривается установка главной многодисковой муфты сцепления, работающей в масле, 3-ех типоразмеров для тракторов «БЕЛАРУС» мощностью 150–210 л.с.; 250–350 л.с.; свыше 400 л.с.

Преимущества многодисковых «мокрых» сцеплений: повышение надежности и долговечности главной муфты сцепления, отсутствие регулировок при эксплуатации, возможность автоматизации управления.

Продолжаются работы по созданию тракторов с электромеханическими трансмиссиями мощностью 300 и 350 л.с. Это направление считается перспективным, и в планах – расширение применения трансмиссий подобного типа на тракторы меньшей мощности [4].

Модернизация трансмиссии тракторов «БЕЛАРУС» тягового класса 3–5 основана на применении гидромеханических передач, многодисковых «мокрых» муфт сцепления. Следует продолжать работы по доработке моделей тракторов с трансмиссиями Full Power Shift. Установка такой трансмиссии позволяет улучшить эргономические показатели, повысить КПД трансмиссии, снизить удельный расход топлива. Перспективным направлением является разработка электромеханических трансмиссий.

Литература

1. ОАО «МТЗ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belarus-tractor.com>– Дата доступа: 03.09.2024.
2. Зезетко, Н. И. Техника холдинга «МТЗ-Холдинг» для сельскохозяйственного производства / Н. И. Зезетко // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 24-25 ноября 2022 г. – Минск : БГАТУ, 2022. – С. 38–45.
3. Совершенствование трансмиссии тракторов «БЕЛАРУС» тягового класса 0,6-2 / Г. И. Гедроить [и др.] // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 23-24 ноября 2023 г. – Минск : БГАТУ, 2023. – С. 187–190.
4. Гедроить, Г. И. Перспективы развития тракторов с электромеханической и электрической трансмиссией = Prospects for the development of tractors with electromechanical and electric

transmissions / Г. И. Гедроить, С. В. Занемонский // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межведомственный тематический сборник. - Минск : Беларуская навука, 2024. – Вып. 57. – С. 326-332.

УДК 629.3.032

ПАРАМЕТРЫ АВТОМОБИЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

Безручко А.Ф., к.т.н., доцент, **Бондаренко И.И.**, к.т.н., доцент, **Напорко Ю.А.**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Одним из способов повышения проходимости создаваемых автомобилей является увеличение количества ведущих мостов. Это приводит к усложнению трансмиссий и увеличению массы автомобиля. Ниже приводится анализ изменения удельных показателей автомобилей при изменении колесной формулы.

Автомобильный транспорт в условиях современного хозяйства занят как на транспортировке грузов на большие расстояния по дорогам с усовершенствованным покрытием, так и на внутрихозяйственных перевозках, с выездом на поля. Параметры современных автомобилей больше соответствуют движению по дорогам. Наиболее распространены автомобили с колесной формулой 4×2, 6×4, 4×4 и 6×6 (таблица).

Таблица – Технические характеристики грузовых автомобилей 6×6, 6×4, 4×4 и 4×2

Технические характеристики	Марка машины					
	МАЗ 6517	МАЗ 5516	ГАЗ 33086	ГАЗ 3309	УАЗ 3303	Газель Next
Колесная формула	6×6	6×4	4×4	4×2	4×4	4×2
Грузоподъемность, кг (m_T)	19000	19000	4000	4500	1225	1440
Снаряженная масса, кг (m_c)	14500	13000	4000	3530	1845	2060
Полная масса, кг (m_a)	33500	32000	8000	8030	3070	3500
Мощность двигателя N_e , кВт	309	243	87,5	87,5	82,5	88,3
Максимальная скорость, км/ч (м/с)	80 (22,2)	92 (25,5)	95 (26,4)	95 (26,4)	110 (30,5)	134 (37,2)
Контрольный расход топлива, л/100 км (Q)	40	36	19,3	19,3	15,4	10,3
Отношение m_c/m_T	0,76	0,68	1	0,78	1,5	1,43
Отношение Q/m_a , л/(100 км · кг)	0,00119	0,001125	0,00521	0,0024	0,00501	0,00294
Отношение N_e/m_T , кВт/кг	0,0163	0,0128	0,0219	0,0194	0,067	0,061

Анализ табличных данных показывает, что отношение снаряженной массы грузового автомобиля к его грузоподъемности у автомобиля с колесной формулой 6×6 выше на 10,5 % по сравнению с автомобилем имеющим колесную формулу 6×4.

У среднетоннажного грузового автомобиля с колесной формулой 4×4, этот показатель выше на 22% по сравнению с автомобилем с колесной формулой 4×2, а у малотоннажных автомобилей тот же показатель выше у автомобиля с колесной формулой 4×4 на 6,7% по сравнению с автомобилем, имеющим колесную формулу 4×2.

Отношение контрольного расхода топлива на 100 км пути к полной массе автомобиля имеющего колесную формулу 6×6 на 5,5 % больше по сравнению с автомобилем имеющим колесную формулу 6×4. У среднетоннажных грузовых автомобилей этот показатель составляет 54 %, а у малотоннажных 41,3 %. В первом и втором случаях показатель выше у полноприводных автомобилей.

Максимальная скорость у автомобилей с полным приводом меньше на 13...17,9 % по сравнению с автомобилями с колесными формулами 6×4 и 4×2, при этом, чем меньше грузоподъемность автомобиля, тем разница в максимальной скорости автомобиля больше.

Отношение мощности к грузоподъемности автомобиля имеет следующее соотношение: у автомобилей с колесной формулой 6×6 оно больше на 21,5 % по сравнению с колесной формулой 6×4, у автомобилей со средней грузоподъемностью при колесной

формулой 4×4 отношение выше на 11,5 %, а у малотоннажных по сравнению с колесной формулой 4×2 такое же отношение выше 8,9 %.

Следует отметить, что рыночная стоимость полноприводных автомобилей также выше. При увеличении количества ведущих мостов автомобилей ухудшаются их удельные показатели по массе, расходу топлива, стоимости. Их приобретение и использование целесообразно при наличии специфических условий эксплуатации и видов выполняемых работ.

Литература

1. Гедроить, Г.И. Развитие конструкций ходовых систем трактора «БЕЛАРУС» мощностью 300...450 л. с. / Г.И. Гедроить, Н.И. Зезетко, А.В. Медведь // Агропанорама, 2017. – №4. – С. 5-9.
2. Гедроить, Г.И. Совершенствование конструкций автомобилей для сельского хозяйства / Г.И. Гедроить, В.В. Михалков // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 21–23 ноября 2018 года) / редкол.: В. П. Чеботарев [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2018. – 688 с. 214 – 217.
3. <http://truck-auto.info/maz/559-mvu-30.html>.

УДК 629.113-592.004.58

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИММЕТРИЧНОГО МЕЖКОЛЕСНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА АВТОМОБИЛЯ

Карпиевич Ю.Д., д.т.н., профессор, **Михалков В.В.**, **Блохин А.А.**, студент
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Дифференциал – механизм трансмиссии автомобиля, распределяющий подводимый к нему крутящий момент между выходными валами и обеспечивающий их вращение с разными угловыми скоростями [1].

Проанализируем некоторые особенности работы симметричного межколесного шестеренчатого конического дифференциала, представляющего собой трехзвенный планетарный механизм и поведение ведущего моста в различных возможных эксплуатационных условиях.

Рассмотрим ведущий мост с симметричным дифференциалом без блокировки (рис).

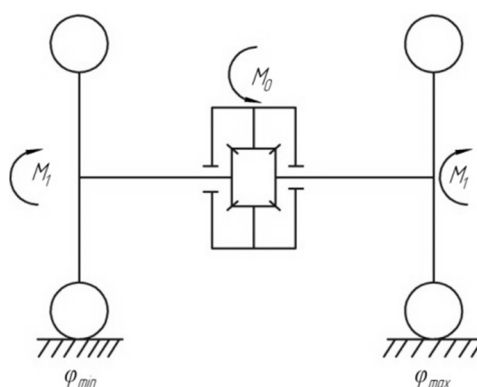


Рисунок – Расчетная схема ведущего моста с симметричным дифференциалом без блокировки

Принимаем, что потери на трение в дифференциале малы, следовательно, распределение подводимого к нему крутящего момента M_0 по колесам симметрично. Движение прямолинейное, а колеса имеют разные сцепные условия. Вертикальная нагрузка на колеса одинакова.

В зависимости от подведенной от двигателя через трансмиссию к колесам ведущего моста величины крутящего момента M_0 и величины коэффициента сцепления каждого колеса

с опорной поверхностью возникает различное динамическое состояние в пятне контакта колес.

Здесь можно выделить два уровня подведенного крутящего момента M_0 . Если учесть свойства дифференциала, то признаком различия этих двух уровней крутящего момента является удвоенная величина крутящего момента на ведущем колесе, имеющим с опорной поверхностью меньший коэффициент сцепления $\varphi_{\min}$.

Если подведенный крутящий момент M_0 к корпусу дифференциала меньше этой величины:

$$M_0 \leq 2\varphi_{\min} G_k r_d, \quad (1)$$

где G_k – нормальная нагрузка на колесо; r_d – динамический радиус качения колеса.

Тогда ведущие колеса сохраняют сцепление с опорной поверхностью и весь крутящий момент M_0 передается на них. Распределение подведенного крутящего момента осуществляется симметрично по колесам. Момент рыскания на балке моста относительно вертикальной оси не возникает.

Следующий режим движения, когда подведенный момент превышает граничную величину

$$M_0 > 2\varphi_{\min} G_k r_d, \quad (2)$$

Тогда, вследствие симметричного распределения момента M_0 на ведущем колесе с меньшим коэффициентом сцепления, подведенный момент превысит его возможности по условиям сцепления. Происходит срыв колеса, и оно начинает буксовать с увеличением угловой скорости, т.е. с ускорением. Во время ускоренного вращения колеса половина избыточного крутящего момента $M_{\text{изб}}$ идет на угловое ускорение вращения буксующего колеса:

$$\varepsilon = \frac{M_{\text{изб}}}{2J_k} = \frac{M_0 - 2\varphi_{\min} G_k r_d}{2J_k}, \quad (3)$$

где J_k – момент инерции буксующего колеса, полуоси и полуосевой шестерни дифференциала.

Вторая половина избыточного крутящего момента подводится к колесу с большим коэффициентом сцепления. На нем временно происходит увеличение окружной силы на колесе, что приводит в этот переходный период к возникновению момента рыскания $M_{\text{рыс}}$ моста по курсу, который может вызвать реакции рыкания:

$$M_{\text{рыс}} = 0,5B \left(\frac{M_0}{2r_d} - 2\varphi_{\min} G_k \right), \quad (4)$$

где B – колея моста.

На практике это явление наблюдается при прямолинейном движении машины с большой скоростью.

В момент попадания колеса моста на скользкую поверхность наступает его буксование и возникает небольшое рыскание машины, которое водитель вынужден корректировать движением рулевого колеса.

Литература

1. Богатырев, А.В. Автомобили / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский, М.Л. Насоновский. – 3-е изд., стер. – М. ИНФРА-М, 2015 – 655 с.

**РАЗВИТИЕ И ОБОСНОВАННОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ
ВОЖДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ****Захаров¹ А.В.**, к.т.н., доцент, **Юрин² А.Н.**, к.т.н., доцент, **Захарова³ И.О.**¹Белорусский национальный технический университет,²НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства,³Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Комплексные технологии производства сельскохозяйственной продукции, получившие название «точное земледелие» (Precision Farming), стали активно развиваться за рубежом еще в конце 1990-х годов и признаны мировой сельскохозяйственной наукой как весьма эффективные передовые технологии, переводящие агробизнес на более высокий качественный уровень. Неотъемлемым инструментом «точного земледелия» являются системы вождения сельскохозяйственной техники.

Системы вождения сельскохозяйственной техники можно разделить на следующие категории: - ручное параллельное движение (система показывает величину отклонения); - автоматическое управление с параллельным движением; - автоматическое управление с параллельным движением и базовой станцией; - оптическое управление; - автоматическое управление с параллельным движением + оптическое управление; - GPS-пилот на тракторах и комбайнах.

При параллельном вождении прибор рассчитывает каждый следующий проход по полю так, чтобы он был параллелен предыдущему. С помощью такого вождения можно делать параллельные прямые и кривые, а также круговые и спиральные ряды. Если на поле есть препятствие (например, островок с деревьями), то прибор приостановит параллельное вождение и объедет его, а затем продолжит делать ряд. Можно усложнить задачу, задав зону разворота по краям полей. Тогда прибор рассчитает поворот и будет ориентировать, когда и как поворачивать. При установке такой системы на трактор механизатор наблюдает за показаниями прибора внутри кабины и следит только за тем, чтобы на поле не встречались камни и другие крупные препятствия.

Автопилоты бывают двух уровней: полностью автоматическая система, когда вмешательство механизатора не требуется, и система вспомогательного управления (подруливающее устройство). При работе с подруливающим устройством механизатору нужно следить за препятствиями на пути и брать управление на себя в конце ряда, когда нужно развернуться.

Система вспомогательного управления дешевле автопилота. Подруливающее устройство стоит в пределах от 2,5 до 6 тыс. евро, подходит к любому трактору и легко комплектуется с системой параллельного вождения. Полный автопилот подключается только к импортным тракторам и часто поставляется в качестве дополнительной опции. Например, фирма «John Deere» оснащает свои трактора системой точного вождения GreenStar в комплекте с системой AutoTrac Universal (рис.) [1].

В GPS антенну StarFire 3000 встроен модуль коррекции положения с учетом рельефа, который автоматически корректирует все расчеты положения, базирующиеся на сигналах спутников, учитывая неровности почвы и склоны. Приемник StarFire совместим со всеми тремя сигналами спутников, используемых в настоящее время. Дисплей «John Deere» третьего поколения GreenStar 2630 имеет предустановленный виртуальный терминал ISOBUS, систему параллельного вождения Parallel Tracking и программное обеспечение для документирования данных. Стоимость такой системы – порядка 10 тыс. евро. Есть и универсальные комплекты от независимых компаний (Trimble, Agrocom, AutoFarm, Auto-Guide, LH Agro, «TeeJet Technologies»), которые подходят ко всем моделям тракторов.

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

В комплект системы могут входить видеокамеры для установки на прицепном орудии и на корпусе трактора в местах с ограниченной обзорностью. Изображение с камер может быть выведено на экран терминала в «оконном» режиме или на весь экран. Существует возможность наложения графического отображения трактора и маршрутов движения на действительное изображение, получаемое с видеокамер.

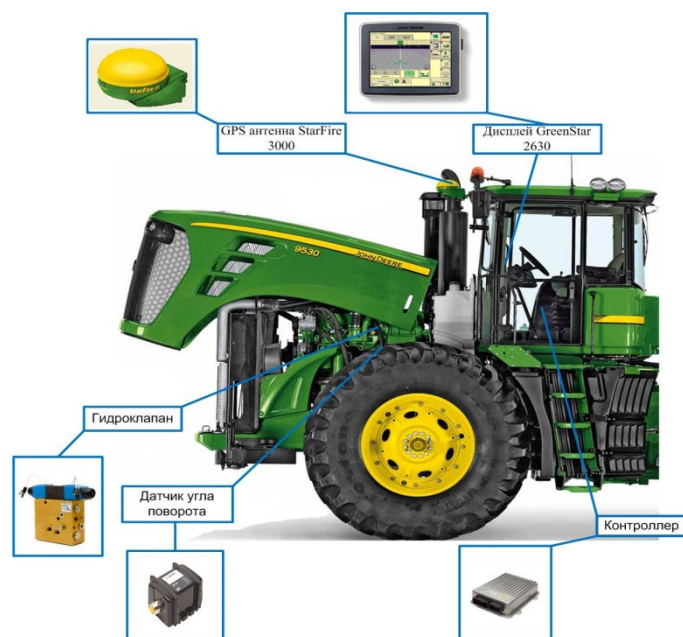


Рисунок – Система AutoTrac Universal на тракторе «John Deere»

Использование автопилотов имеет еще одну особенность участие тракториста требуется каждые несколько минут в конце загонки, чтобы повернуть руль. В табл. приведена точность системы вождения различной категории и примерная стоимость.

Таблица – Точность и примерная стоимость систем вождения различной категории

Категории систем вождения сельскохозяйственной техники	Точность	Цена (€)
Ручное параллельное движение	+/- 15...20 см	от 2500
Автоматическое управление с параллельным движением	+/- 10...15 см	от 3500
Автоматическое управление с параллельным движением и базовой станцией	+/- 10...15 см	от 5000
Оптическое управление	+/- 3...5 см	от 5000
Автоматическое управление с параллельным движением + оптическое управление	+/- 3...5 см	от 10000
GPS-пилот на тракторах и комбайнах.	+/- 1...3 см	от 20000

Системы точного вождения – как управляемые человеком, так и автопилоты – делятся на классы по точности. Если работать с GPS-приемником в автономном режиме, то точность параллельного вождения будет невысока – 1...3 метра. Чтобы ее повысить, придется использовать дифференциальный сервис. Одними из вариантов такого сервиса – европейская система EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Services – система широкозонной дифференциальной навигации) и Omnistar обеспечивающая несколько уровней точности: VBS (15...20 см) и HP/XP (5...10 см) [2]. Сигнал передается по каналам геостационарных телекоммуникационных спутников и позволяет достигать 1...3 - сантиметровой точности прокладки параллельных рядов и этот сервис не бесплатный.

Применение той или иной категории системы вождения, на технике прежде всего должно быть экономически оправдано. По исследованиям профессора Bernard Loibl из университета Hohenheim использование систем вождения на различных операциях дает следующую экономию: - обработка почвы 0,56...1,47 €/га; - внесение удобрений 2,49...3,25 €/га; - кормозаготовка 1,40...2,65 €/га [3]. Из этих цифр видно, системы вождения рационально покупать при размерах возделываемых площадей от 2...3 тыс. га. Также встает вопрос о потребности обучения механизаторов и изменении их системы оплаты труда.

Литература

1. Полищук Ю.В., Лаптев Н.В., Комаров А.П. Применение систем автоматического и параллельного вождения в сельскохозяйственном производстве Республики Казахстан и эффективность их использования // Аграрный вестник Урала. 2020. №05 (196). - С.11-19.
2. Комаров А.П., Полищук Ю.В., Лаптев Н.В. Влияние систем точного земледелия на эффективность выполнения посевных работ // Вестник курганской ГСХА. 2020. №2.- С. 20-23.
3. Точное сельское хозяйство : учебник для ВО / Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко, А.А. Тенеков, В. В. Якушев [и др.] ; под ред. Е.В. Труфляка. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 512 с.

УДК 665.76

ПОТРЕБЛЕНИЕ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК В МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

Филипова Л.Г., Чикилевский Я.А., Жилинин Д.Л., Дербенев Р.О., студент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При эксплуатации двигателей и механизмов неизбежен износ, обусловленный процессами трения, абразивным воздействием среды и кавитацией.

Внешнее трение твердых тел представляет собой силу сопротивления их относительному перемещению под действием внешней силы, возникающую между телами в зонах их соприкосновения по касательной к ним. Различают трение движения и трение покоя, представляющее собой силу сопротивления относительному перемещению двух тел до начала перемещения одного тела относительно другого. Сила трения покоя, как правило, выше, чем сила трения движения. Сила трения направлена противоположно реальному либо возможному относительному движению тел.

Трение в значительной степени определяет энергетические потери при работе машин и механизмов, поглощая до 30–40 % всей вырабатываемой в мире энергии. В то же время работа ряда агрегатов современной техники основана на использовании явления трения (механические тормоза, фрикционные устройства, движители ряда мобильных машин), так же, сила трения используется в некоторых технологических процессах, например, при сварке трением.

Наиболее распространенным и доступным методом снижения потерь на трение в машинах и механизмах, увеличения их долговечности и надежности, является использование смазочных материалов. Смазочные материалы — это продукты органического или неорганического происхождения, которые наносят на поверхности трения (процесс смазки) для уменьшения силы трения и интенсивности изнашивания

Из-за неизбежно возникающих в процессе обработки волнистости и шероховатости поверхностей контактирующих деталей их механический контакт представляет собой совокупность точек контакта, через которые передается сила, прижимающая эти тела друг к другу. Иначе говоря, механический контакт реальных твердых тел осуществляется в результате соприкосновения вершин неровностей и волн, и сила трения является равнодействующей элементарных сил трения, возникающих на пятнах фактического контакта. Следует различать номинальную площадь контакта (геометрическую площадь

соприкосновения деталей) и фактическую площадь контакта, которую составляют деформированные приложенной нагрузкой сопряженные вершины микронеровностей, расположенные в пределах площади контакта. Фактическая площадь контакта составляет незначительную долю от номинальной (от сотых и тысячных долей до 20–40 % в зависимости от качества обработки трущихся поверхностей и времени их приработки).

Наилучшим вариантом применения смазочного материала будет тот, при котором осуществляется полное разделение трущихся поверхностей сопряженных деталей. В этом случае полностью исключен непосредственный контакт трущихся тел, а внешнее трение этих тел заменяется много меньшим внутренним трением смазочной среды, разделяющей эти тела, а также появляется способность демпфировать удары и вибрацию.

Важнейшим показателем любого смазочного материала является смазывающая способность – способность создавать на поверхности детали тонкую защитную пленку, препятствующую непосредственному контакту, а, следовательно, зацеплению, задиру и заеданию при контакте вершин неровностей. Смазывающую способность в основном обеспечивают противозадирные, противоизносные и антифрикционные присадки. Если смазывающая способность исчерпывается, то резко возрастают трение, износ, разрушение рабочих поверхностей вследствие схватывания и заедания.

Пластичные смазки, которые также иногда называют консистентными, представляют собой густые мази, предназначенные для смазывания подшипников качения различных типов, шарниров, рычажных, кулачково-эксцентриковых систем и др. В отличие от жидких масел, пластичные смазки обладают рядом достоинств.

К числу недостатков относят низкую теплопроводность, накопление продуктов изнашивания, из-за малой текучести пластичные смазки в большей степени, чем жидкие масла, склонны к окислению и распаду.

Пластичными смазками набиваются полости узлов трения. Замена смазки производится во время техобслуживания. В ряде узлов предусмотрено пополнение запаса смазки с помощью пресс-масленок.

Основой пластичных смазок служат нефтяные, синтетические или растительные масла. По типу загустителей они делятся на 4 группы по типам загустителей. Наиболее распространены смазки на мыльных загустителях, где используются соли жирных кислот – мыла, в том числе и содержащие небольшое количество воды. При использовании коллоидно-дисперсных порошков минералов и/или полимеров получают смазки на неорганических и/или органических загустителях. В этих типах смазок на основе сорбируются слои макромолекул смазки. Частицы вместе с прикрепившимися к ним активными группами молекул смазки связываются друг с другом за счет промежуточных молекул. В результате возникает гелеобразная структура. В состав смазок входят жидкие масла (50–90 %), загустители, модификаторы, присадочные добавки и наполнители. В качестве модификаторов, предназначенных для стабилизации структуры, используются смолы, жирные кислоты, вода. Присадки обеспечивают смазывающее действие и играют ту же роль, что и в маслах [1].

Также разработаны смазки специального назначения на углеводородных твердых маслорастворимых загустителях (парафины, церезины, битумы).

В настоящее время для смазочных материалов популярным является введение наполнителей. Наполнители – это твердые смазки (халькогениды металлов) дисульфиды, диселениды, дителлуриды, а также тальк, слюда, порошки мягких металлов (свинца, олова, кадмия, меди). Применение порошков мягких металлов позволяет создать на поверхностях трения защитные пленки, предохраняющие сопряжения от схватывания и заедания.

Ту же функцию выполняют твердые смазки и смазочные лаки, являющиеся перспективной областью развития смазочных материалов (ТСМ). Наиболее распространенным типом ТСМ являются слоистые материалы: графит, дисульфиды, деселениды молибдена.

В настоящее время ТСМ применяются: при работе в условиях, когда обычные жидкие и пластичные смазки не применимы из-за специфики эксплуатации узла, например: в агрессивных средах; в сопряжениях, работающих в условиях малых скоростей скольжения и

высоких контактных давлений; при высоких либо низких температурах; в условиях, когда недопустимо загрязнение окружающего пространства; при работе в жидких средах или в вакууме; когда необходимо смазывать неметаллические поверхности, например, керамику; в скользящих электрических контактах с использованием проводящих материалов (графит, легкоплавкие мягкие металлы); при воздействии радиации.

Широко известным представителем данной группы является смазка «ЛИТОЛ-24», представляющая собой смесь нефтяных масел, загущенную литиевым мылом с добавлением противозадирных, противопиттинговых и других присадок. Литол-24 распространённая и всем известная смазка. Она предназначена для смазки механических узлов, работающих при температуре от -40 до 120 градусов. Может применяться для консервации деталей. Это универсальная смазка. Применяется везде, где нужна закладная смазка, но нет особых требований. «ЛИТОЛ-24» применяется для смазки подшипников качения, шарниров, тихоходных подшипников скольжения и зубчатых передач, узлов автомобилей, судов, строительного и станочного оборудования, является наиболее популярной автомобильной смазкой. Эту смазку закладывают в закрытые подшипники на весь срок службы [2].

Также к данной группе можно отнести смазки «Фиол-1», «Фиол-2у», содержащие дисульфид молибдена и предназначенные для смазки игольчатых подшипников и шлицевого соединения карданного вала. Смазка «Шрус-4» содержит антиокислительную, противоизносную, противозадирную присадки, а также твердосмазочную добавку. Используется для смазывания шарнирных соединений мобильной техники.

Литература

1. Фукс, И.Г. Основы химмотологии. Химмотология в нефтегазовом деле: Учебное пособие. – М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2004. – 280с.
2. Карташевич, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учебное пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2014. – 421 с.

УДК 629.3.027.2

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРООБЪЕМНОГО РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЕ ТРАКТОРА БЕЛАРУС

Маковская И.А., Сокол В.А.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Рулевое управление – одна из самых важных систем современного трактора. От точности её проектирования зависит ряд эксплуатационных характеристик, таких как усилие на рулевом колесе, необходимое силовое и кинематическое слежение угла поворота управляемых колес, отсутствие автоколебаний. В последнее время широкое распространение на тракторах получило гидрообъемное рулевое управление (ГОРУ).

ГОРУ называется механизм, предназначенный для создания момента, вызывающего поворот управляемых колес при приложении усилия к ободу рулевого колеса. ГОРУ представляют собой следящие системы автоматического регулирования с гидравлической обратной связью.

ГОРУ могут быть как с усилителем - давление в полостях исполнительного цилиндра создается насосом, приводимым от двигателя, так и без усилителя – давление в полостях цилиндра создается насосом, приводимым от рулевого колеса.

За основу предлагаемой схемы взято ГОРУ трактора «Беларус-3022», имеющее преимущества:

- простота конструкции и технического обслуживания по сравнению с другими аналогами таких схем;
- высокая надежность;

– наличие двух контуров рулевого управления.

Недостатком указанной схемы является наличие двух одноштоковых гидроцилиндров.

Для повышения надежности, уменьшения затрат при ремонте и техническом обслуживании два одноштоковых гидроцилиндра схемы прототипа заменяются на один двухштоковый гидроцилиндр Ц (см. рисунок).

Предлагаемая усовершенствованная гидравлическая схема ГОРУ трактора приведена на рисунке 1.

Привод работает следующим образом: шестеренный насос Н, приводимый от двигателя, подает рабочую жидкость к приоритетному клапану ПК, который пропускает её либо к насосу-дозатору НД1, либо к насосу-дозатору НД2.

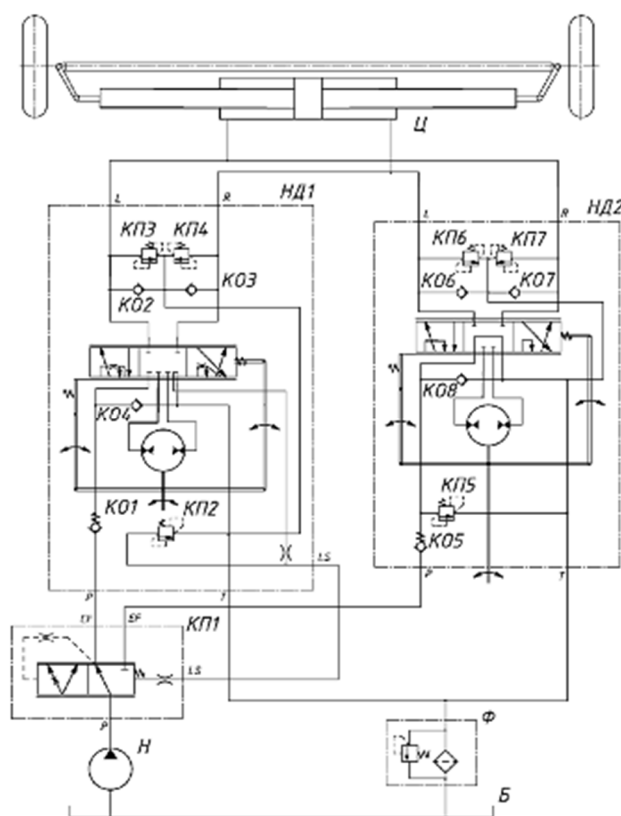


Рисунок – Усовершенствованная гидравлическая схема ГОРУ трактора

Привод работает следующим образом: шестеренный насос Н, приводимый от двигателя, подает рабочую жидкость к приоритетному клапану ПК, который пропускает её либо к насосу-дозатору НД1, либо к насосу-дозатору НД2.

Приоритетный клапан управляется линией управления LS (Load Sense), которая подключается к насосу-дозатору НД1. Это свидетельствует о том, что приоритет принадлежит насосу-дозатору НД1. Насос-дозатор НД1 находится в передней части кабины трактора, насос-дозатор НД2 расположен сзади кабины (за спиной у водителя) и служит вспомогательным, когда водитель работает задним ходом. Приоритет обозначает, что если водитель поворачивает рулевое колесо на насосе-дозаторе НД1, то в насос-дозатор НД2 рабочая жидкость не поступает и он не может работать. Если же водитель не трогает руль спереди, а разворачивается и начинает поворачивать руль с насосом-дозатором НД2, то приоритетный клапан переключается, и в работу дополнительно вступает второй контур с насосом-дозатором НД2, первый в свою очередь не отключается, а тоже остается работоспособным.

Насос-дозатор - сложный элемент, который представляет собой сочетание объемной гидромашины (героторного нерегулируемого насос-мотора двухстороннего действия) и гидроусилителя с гидромеханической обратной связью. Современные насосы-дозаторы оборудуются встроенными различными клапанами. На входе в насос-дозатор стоят обратные клапаны КО1 и КО5. Также есть обратные клапаны КО4 и КО8, предназначенные для перетечки рабочей жидкости из полости слива в полость нагнетания во время отсутствия давления в системе. Также насосы-дозаторы имеют по два противовакуумных клапана, работающих в каждом направлении течения рабочей жидкости: для насоса-дозатора НД1 – КО2, КО3 и для насоса-дозатора НД2 – КО6 и КО7. Также насосы-дозаторы включают в себя по 2 противоударных клапана: для НД1 – КП3 и КП4, для НД2 – КП6 и КП7. Предохранительный клапан КП2 защищает от повышения давления в линии LS насоса-дозатора НД1.

В системе стоит двухштоковый гидроцилиндр поворота управляемых колес Ц. Также в системе имеется гидробак Б со встроенным сливным фильтром Ф. Сливной фильтр состоит из фильтроэлемента и перепускного клапана. Клапан защищает линию слива от повышения давления при засорении фильтра.

Применение ГОРУ позволяет значительно улучшить компоновку привода, повысить удобство управления за счет снижения усилия на рулевом колесе; уменьшить габариты и вес конструкции. Вносимые изменения в схему также способствуют повышению надежности системы, экономии средств на ремонт и техническое обслуживание.

Литература

1. Богдан, Н.В. Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод мобильных машин. Пневматические и гидравлические системы. Учебное пособие / Н.В. Богдан. – Минск: «Ураджай», 2002. – 426 с.
2. Руководство по эксплуатации Беларус-80Х, 100Х. Минск: ОАО «МТЗ», 2012. – 225 с.
3. Руководство по эксплуатации Беларус-1822.3, 2022.3. Минск: ОАО «МТЗ», 2012. – 349 с.
4. Руководство по эксплуатации Беларус-3022. Минск: ОАО «МТЗ», 2013. – 337 с.

УДК 621.867.8

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Филипова Л.Г., Чикилевский Я.А., Конопелько В.С., студент, Модонов И.Д., студент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Пневмотранспортные системы представляют собой эффективное решение для перемещения и обработки сельскохозяйственной продукции [1]. С помощью таких систем можно минимизировать затраты на логистику и улучшить качество обработки продуктов. В последние годы интерес к пневмотранспорту значительно возрос, и это связано с рядом факторов, включая необходимость повышения производительности и автоматизации процессов.

Весь принцип работы пневмотранспортных систем заключен в действии сжатой воздушной смеси либо разреженных газов. Они бывают разных типов и конструкций. К наиболее распространенным относятся вакуумные и разреженные системы. Вакуумные системы работают на принципе создания разрежения, что позволяет перемещать легковетесные и сыпучие материалы. Разреженные же системы обеспечивают более высокую производительность, позволяя транспортировать значительно большие по объему продукты [2].

Преимущества пневмотранспортных систем:

- Снижение затрат на рабочую силу: Автоматизация через пневматические системы снижает ручную обработку, что приводит к повышению эффективности и более низким требованиям персонала.

- Улучшенная гигиена: Прикрытые системы минимизируют загрязнение от пыли и внешних элементов, обеспечивая качество и безопасность продукта.

- Улучшенная гибкость: Пневматические конвейеры могут легко адаптироваться к изменению потребностей в производстве и интегрироваться с существующей инфраструктурой.

- Снижение потребления энергии: по сравнению с традиционными методами, такими как ленточные конвейеры, пневматические системы могут быть более энергоэффективными, особенно на более коротких расстояниях.

- Минимизация повреждений продуктов.

- Высокая скорость транспортировки.

- Способность работать с разнообразными типами материалов.

На сегодняшний день появление новых технологий и материалов сделало пневмотранспорт более надежным и экономичным, что в свою очередь позволило активно использовать их в различных отраслях промышленности, в том числе и в сельском хозяйстве.

В агропромышленном комплексе пневмотранспортные установки нашли широкое применение и используются для решения различных задач, например:

- Обработка зерна: Пневматические системы облегчают эффективную нагрузку на зерно и разгрузку из силосов хранения, транспортных средств и обработчиков. Это оптимизирует пространство для хранения, сокращает время обработки и сводит к минимуму повреждение зерна.

- Распределение семян: Пневматические конвейеры обеспечивают точный и равномерный посев, увеличивая эффективность посадки и уменьшая отходы.

- Применение удобрений и пестицидов: Автоматизированные пневматические системы обеспечивают точное применение удобрений и пестицидов, оптимизируя распределение, уменьшая химические отходы и повышая урожай.

- Распределение кормов: Пневматические транспортные системы автоматизируют доставку корма домашнему скоту, обеспечивая постоянную доступность корма и снижение ручного труда.

- Удаление навоза: Автоматизированные пневматические системы для удаления навоза создают более чистую, более здоровую среду для домашнего скота, снижая потребность в труде и способствуя эффективной обработке навоза.

- Управление водой и отходами: Пневматические системы могут использоваться для эффективного распределения воды и управления отходами в домашних условиях, оптимизируя использование ресурсов и улучшение санитарии.

- Транспортировка фруктов и овощей: Специализированные пневматические системы, предназначенные для полой обработки.

- Упаковка и сортировка: Пневматические конвейеры могут помочь в автоматической упаковке и сортировке, снижая ручной труд и повышая эффективность и контроль качества.

Хотя пневматический транспорт и является достаточно эффективной и самодостаточной системой, существует несколько многообещающих направлений для дальнейшего их развития, а именно:

- Умные датчики и AI: Внедрение передовых датчиков и искусственного интеллекта для мониторинга и оптимизации пневматических систем в режиме реального времени, что позволит повысить эффективность работы системы и снизить потребность в профилактическом обслуживании.

- Удаленный мониторинг и управление: Включение дистанционного управления и мониторинга пневматических систем, обеспечит упреждающее вмешательство и улучшит управление.

- Интеграция с другими системами: Разработка интеграции пневматического транспорта с другими автоматизированными системами в агропромышленном комплексе, таких как роботизированные и автоматизированные системы упаковки.

Пневматический транспорт обладает значительным потенциалом для повышения эффективности производства сельскохозяйственной продукции. Принимая достижения в области автоматизации, оптимизации обработки материалов и экологических соображений, пневматические системы будут продолжать играть жизненно важную роль в преобразовании того, как мы производим и обрабатываем сельскохозяйственные продукты. Дальнейшие исследования и разработки в этих многообещающих направлениях помогут раскрыть весь потенциал пневматического транспорта в создании более эффективного, устойчивого и прибыльного агропромышленного комплекса.

Литература

1. Зуев, Ф. Г. Пневматический транспорт на зерноперерабатывающих предприятиях / Ф. Г. Зуев. – М.: Колос, 1976.
2. Зуев, Ф. Г. Подъёмно-транспортные машины зерноперерабатывающих предприятий / Ф. Г. Зуев, Н.А. Лотков. – М.: Колос, 2007. – 471 с.

УДК 632.982+631.348

СОВРЕМЕННЫЕ ОПРЫСКИВАТЕЛИ: ИННОВАЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В АГРОТЕХНИКЕ

Сокол В.А., Маковская И.А., Ровдо М.М., студент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Самоходные опрыскиватели с переменной производительностью представляют собой передовое технологическое решение, которое активно внедряется в современное сельское хозяйство для оптимизации процессов внесения средств защиты растений (пестицидов, гербицидов, инсектицидов) и удобрений. Эти машины отличаются высоким уровнем автоматизации, точностью и эффективностью, что позволяет существенно повысить производительность труда и сократить затраты на агрохимические вещества.

Одной из ключевых характеристик самоходных опрыскивателей с переменной производительностью является наличие автоматизированных систем регулирования дозировки распыляемых веществ. Эти системы способны контролировать различные параметры работы машины, такие как скорость движения, расход жидкости и давление, с последующей динамической настройкой интенсивности распыления. Подобные возможности повышают точность и равномерность обработки, минимизируя ошибки, связанные с человеческим фактором.

Опрыскиватель оснащен насосом с переменной производительностью (аксиально-поршневые насосы Bosch Rexroth A10VSO, Parker PGP/PGM500 или Danfoss Series 45). Эти насосы могут регулировать угол наклона диска, что позволяет изменять подачу жидкости в зависимости от её вязкости и условий эксплуатации. При работе с более вязкими жидкостями насос увеличивает давление, чтобы поддерживать стабильный поток и равномерное распыление.

Электронные системы управления дозированием позволяют отслеживать местоположение машины с высокой точностью и адаптировать норму внесения удобрений или химикатов в зависимости от конкретного участка поля. Форсунки с регулируемой производительностью, установленные на штангах опрыскивателя, адаптируют

подачу химикатов в режиме реального времени в зависимости от скорости машины и заданных норм внесения.

Важной функцией является автоматическое включение и отключение отдельных секций штанги, что особенно полезно на участках с неоднородными культурами или сложным рельефом. Управление секциями предотвращает перекрытия и пропуски при обработке, снижая потери агрохимикатов и повышая общую эффективность.

Точность и эффективность обработки. За счет автоматизации и использования точных данных минимизируется излишнее применение агрохимикатов и повышается качество обработки растений.

Переменная производительность позволяет дозировать расход веществ в зависимости от реальной потребности участка, что снижает общие расходы. За счет более точного ухода за растениями повышается их урожайность. Рациональное использование агрохимикатов снижает риск загрязнения почвы и водоемов, а также уменьшает вред для экосистем.

Самоходные опрыскиватели с переменной производительностью представляют собой важный элемент точного земледелия, который позволяет не только повысить эффективность сельскохозяйственного производства, но и минимизировать негативное влияние на окружающую среду. Развитие таких технологий идет в направлении дальнейшей автоматизации и интеграции с другими системами точного земледелия, что позволит аграриям более рационально использовать ресурсы и добиваться высоких урожаев с минимальными затратами.

Литература

1. Капустин В. П., Бирюкова Е. В. Совершенствование распыливающих устройств опрыскивателей // Вестник ТГТУ. 2008. №2.
2. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А. Расчет потребности в опрыскивателях // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. №3 (29).

УДК 621.436.068.8:66.067

ПРОЦЕСС ВЫГОРАНИЯ САЖЕВЫХ ЧАСТИЦ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА-ДОЖИГАТЕЛЯ

Белоусов¹ В.А., к.т.н., доцент, **Гордеенко¹ А.В.**, к.т.н., доцент, доцент,

Костенич² В.Г., к.т.н., доцент

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, ²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Работа сажевого электрофилтра-дожигателя, установленного в системе выпуска отработавших газов (ОГ) дизельного двигателя, может осуществляется с периодической (по мере заполнения межэлектродного пространства частицами сажи) регенерацией осадительных электродов. Своевременная и качественная регенерация осадительных электродов должна осуществляться при любых условиях образования слоя частиц сажи между ними. Рабочий диапазон температур ОГ, находящихся в электрофилтре, находится в сравнительно широких пределах и зависит не только от температуры газов, образующихся в камере сгорания, но и от конструкции электрофилтра и места его расположения относительно двигателя. Кроме того, возможны процессы интенсивного сажезаполнения межэлектродного пространства при относительно низких температурах ОГ (менее 200 °С), например – процесс запуска дизеля.

Решение дифференциального уравнения нагрева показало, что разогрев частиц сажи в межэлектродном промежутке, полностью заполненном частицами, при $H_C = 4$ мм и $U_{np} = 800$ В от 20 °С до 37 °С происходит за 300 с. После чего температура слоя достигает установившегося значения 38 °С и больше не поднимается. Полученное значение

температуры, при нагреве в течении 5 мин, объясняеся высоким УЭС слоя частиц и, соответственно, небольшими значениями протекающего тока ($I \approx 0,178 \text{ A/m}^2$).

Вместе с тем, экспериментальные данные показывают, что пробой и интенсивное выгорание сажевых частиц при аналогичных условиях происходит при меньших значениях приложенного напряжения (до 800 В). Следовательно, следует предположить несколько иную природу процессов, осуществляющих предварительный разогрев образца в районе температур менее 200 °С и участвующих в последующих стадиях межэлектродного дожига.

Так как в диапазоне указанных температур удельная проводимость сажевых частиц соответствует проводимости полупроводников, поэтому сажа является практически слабым диэлектрическим материалом. Исходя из этого можно предположить, что если на образовавшийся "мостик" сажи воздействует электрическое поле, образуемое между осадительными электродами, то существует критическая напряженность поля, при которой происходит пробой межэлектродного промежутка, заполненного сажей. Процесс сопровождается интенсивными тепловыми, механическими, световыми, звуковыми и химическими явлениями.

На наш взгляд, из всех существующих видов пробоя наиболее соответствует данному случаю ионизационная форма пробоя. Ионизационный пробой вызывается в результате воздействия ионизационных процессов в газовых включениях, имеющихся в слое сажевых частиц. Наличие газовых включений подтверждается отличием истинной плотности частиц сажи (1450 кг/м^3) от плотности слоя (292 кг/м^3). При превышении напряженности поля в слое частиц выше критической в газовых включениях могут возникать частичные разряды в виде короны, скользящих разрядов или частичных пробоев отдельных элементов. Если плавно повышать напряжение на испытуемом образце, то при некотором его значении $U_{нач}$ в слое частиц появляются частичные разряды слабой интенсивности. Момент их начала фиксировался по хорошо наблюдаемому свечению в слое. При выдержке напряжения $U_{нач}$ в пределах нескольких минут они могут прекращаться на некоторое время и появляться вновь. При снижении напряжения $U < U_{нач}$ эти процессы прекращаются.

Если дальше повышать напряжение $U_{нач} < U$, то при некотором его значении интенсивность частичных разрядов резко возрастает и образуется большое количество искр. Это приводит к резкому снижению напряжения и повышению силы тока. Образование частичных и искровых разрядов вызывает повышение температуры внутри слоя частиц. При достижении температурой необходимого значения удельная проводимость слоя частиц повышается и в процесс включается Джоулево тепло. Данный момент и был взят как показатель начального напряжения поджига. При выполнении поджига образца сажевых частиц происходит интенсивное его выгорание. Если не ограничить проходящий ток установкой добавочного сопротивления, то, при достаточной мощности источника питания, возникает интенсивный дуговой разряд.

Очевидно, возникновение частичных разрядов будет соответствовать пробивной напряженности поля внутри слоя. При проведении экспериментальных исследований пробивная напряженность поля находилась в пределах $E_{пр} = 50...290 \text{ кВ/см}$. В работах некоторых авторов указывается, что максимальная напряженность в слое будет вблизи поверхности электрода. Пробивное напряжение воздуха в открытых и закрытых порах приблизительно одинаково, для поры толщиной 10...50 мкм величина пробивного напряжения соответствует нижней части кривой Пашена и лежит в пределах 320...550 В ($E_{пр} = 110...320 \text{ кВ/см}$). Некоторое различие в значениях пробивной напряженности, вероятно, связаны с неравномерным её распределением внутри слоя.

Литература

1. А.Н. Карташевич, Г.М. Васильев, В.А. Белоусов, А.А. Сушнев. Электроразрядные технологии очистки отработавших газов дизельных двигателей от токсичных компонентов / монография. – Горки: БГСХА, 2002 - 282 с.
2. И. П. Верещагин, В. И. Левитов, Г. З. Мирзабекян, М. М. Пашин. Основы электрогазодинамики дисперсных систем – М.: Энергия, 1974. - 480 с.
3. Влияние заряженной дисперсной фазы на ток коронного разряда в пластинчатом электрофилтре / Мирзабекян Г. З., Решидов И. К. и др.: В сб. Промышленная и санитарная очистка газов. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1975. – № 4. – С. 9–11.

УДК 629.1

**КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ САМОХОДНЫХ МАШИН
ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

Белевич А.Г., Шлемен С.В., Ракецкая К.М., студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Повышение плодородия почв требует высококачественной подготовки и своевременного внесения обоснованных доз минеральных удобрений. Технология приготовления и внесения минеральных удобрений должна быть направлена на повышение энергоэффективности и экономической обоснованности их применения в сельскохозяйственном производстве. Требуемое качество внесения обеспечивается необходимой подготовкой минеральных удобрений, совершенствованием функциональной схемы машины, выбранным режимом работы, что позволяет получать равномерное распределение удобрений по ширине поля. Результативность применения органических удобрений оценивается приращением урожая, его качеством, затратами труда и средств.

Важнейшими ресурсами сельского хозяйства являются минеральные удобрения, известковые материалы, микроудобрения, как основа увеличения урожайности всех сельскохозяйственных культур [1]. Ежегодно в Республике Беларусь вносится твердых и жидких минеральных удобрений физическим весом соответственно около 5 млн. тонн и 500 тыс. тонн и, около 3 млн. тонн известковых материалов. Для высоко производительного внесения удобрений необходимо при комплектовании машинно-тракторных агрегатов подобрать соответствующие самоходные машины, прицепные или навесные разбрасыватели, агрегатируемые с тракторами необходимого тягового класса, выбрать рациональный скоростной режим, чтобы агрегат обеспечивал наименьшие затраты труда и средств.

В первую десятку ведущих мировых производителей самоходных машин для внесения удобрений в - 2024 году входят: John Deere, AMAZONE, Apache, TECNOWA LAZER, Case, Challenger, BARGAM, BERTHOUD, Hardi, SUOLUN.

Рассмотрим соотношение грузоподъемности, массы и мощности отечественных и зарубежных самоходных машин для внесения жидких минеральных удобрений и средств защиты растений (табл.) [2].

Представленный сравнительный анализ соотношения массы, грузоподъемности и мощности двигателей отечественных и зарубежных самоходных машин для внесения жидких минеральных удобрений и средств защиты показывает: средняя мощность двигателей находится в пределах 33...60 кВт – 7,1 %, 65...90 кВт – 7,1 %, 95...150 кВт – 50 %, 155...250 кВт – 35,7 %; средняя грузоподъемность находится в пределах 500...1514 кг – 7,3 %, 1550...2500 кг – 16,4 %, 2550...3500 кг – 25,5 %, 3550...5500 кг – 43,6%, 6000...12000 кг – 7,3 %; средняя масса находится в пределах 1050...2050 кг – 5,6 %, 2100...3500 кг – 1,9 %, 3550...5750 кг – 7,4 %, 550...8000 кг – 35,2 %, 8100...10270 кг – 25,9%, 10315...25000 кг – 24,1 %.

Таблица – Соотношение грузоподъемности (кг), массы (кг), мощности двигателя (кВт) самоходных машин для внесения жидких минеральных удобрений и средств защиты растений

Производитель, марка машины	Мощность двигателя, кВт	Грузоподъемность / масса	Производитель, марка машины	Мощность двигателя, кВт	Грузоподъемность / масса
BOXER II 4000	132	4000/7800	BARGAM GRIMPEUR 2000	107	2000/6500
TECNOMALASER 3028 TLX	147,2	3000/ 6105	GRIMAC-J III	175	3000/5600
МЕКОСАН TECNOMA LASER 4240	147	4200/10270	John Deere 4630	121	2274/7718
ИБИС-2400П	110,2	2400/5700	John Deere 4730	183	3028/10315
СЭУ «ДВИНА»	54,8	600/1175	John Deere 4830	202	3785/11351
ОПШ «РОСА»	33	500/1500	John Deere 4940	250	4542/15776
ТУМАН-2	80,9	2000/2400	Case IH PATRIOT 2230	121	2500/8437
ТУМАН-3	71	2500/3800	Case PATRIOT SPX 3330	186	3785/11113
ОС Агро-3100	93,2	3100/6700	Case PATRIOT SPX 4430	243	4542/12936
Рубин 1200	108,9	1200/1550	Challenger RoGator 655C	179	6000/14394
БЛ-3000	57,4	2500/5500	Challenger SPRA COUPE 4460/4660	89,6	1514/4526
Apache AS 720	117	2840/8350	Challenger SPRA COUPE 7460	127,8	2721/7938
Apache AS 1020	127,3	3780/8970	Challenger SPRA COUPE 7660	127,8	2721/8165
Apache AS 1220	158,2	4543/10145	Challenger RoGator 1396	228,8	4920/13725
AMAZONE Pantera 4001	147,2	4200/9890	AgriFac ZA3436	147	4000/9300
AMAZONE Pantera 4502	160,4	4800/10120	VERSATILE SX 275	205	4540/11567
BERTHOUD BOXER 3000	110,4	3000/6250	Hardi ALPHA PLUS 3500	140	3500/7960
BERTHOUD Raptor 3240	132,4	3200/8445	Hardi ALPHA PLUS 4100	155	4100/8530
BERTHOUD Raptor 4240	147,2	4200/9050	EVARD AHM 4004	134	4000/8400
BERTHOUD Raptor 5240	179,5	5200/9050	Krukowiak Herkults 3000	175	3000/7500
CAIMAN SP 3225	88,3	3200/7100	Krukowiak 4000	175	4000/7500
Gaspardo URAGANO-3000	127	3000/7300	Mazzotti MAF 4240	174	4600/10800
Gaspardo URAGANO - 4000	127	4000/7300	Mazzotti MAF 5240	174	5300/10800
Damman DT 3200H H 3A	240	12000/25000	Damman DT 2000 H Plus	150	4000/15000
Барс-3000	115	3000/6700	Damman DT 2500H	180	4000/18000
ОС-3000 4x4	184	3000/9000	Damman DT2500H	190	6000/18000
AVAGRO-МК 25XX	88,3	2500/3800	Jacto Uniport 3030	178	3000/6250
SUOLUN 3WP-2000	117	2000/7010	SUOLUN 3WP-3000	191	3500/11468

Литература

1. Бобровник А.И. Повышение эксплуатационных качеств мобильных агрегатов для внесения удобрений: Минск, МТЗ, 1997. – 160 с.
2. Белевич, А. Г. Сравнительный анализ конструктивных параметров самоходных машин для внесения удобрений / А. Г. Белевич, С. В. Занемонский, А. А. Дзема // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 24-25 октября, 2019 г. : в 2 ч. Ч. 1. - Минск : БГАТУ, 2019. - С. 66-67.

УДК 621.436.004

ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПУСК ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Гордеенко¹ А.В., к.т.н., доцент, Костенич² В.Г., к.т.н., доцент

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Использование тракторов и автомобилей зимой сопровождается большими потерями рабочего времени, труда и материальных средств на эксплуатацию, обслуживание, ремонт и хранение машин. Достаточно отметить, что простои машин из-за затрудненного пуска двигателя при температуре минус 25...30 °С и ниже часто достигают 1,0...1,5ч и более. При

этом на пусковых режимах повышается интенсивность изнашивания основных сопряжений, что снижает долговечность двигателя [1].

Пуск двигателя состоит из следующих основных стадий:

- 1) начальный разгон до пусковой частоты вращения коленчатого вала;
- 2) вращение коленчатого вала с примерно постоянной частотой до первых вспышек в цилиндрах (прокрутка);
- 3) вращение коленчатого вала с частичным использованием индикаторной мощности;
- 4) переход на режим самостоятельной работы;
- 5) работа в режиме холостого хода.

Практически вероятность успешного пуска двигателя зимой с первой попытки невысока (около 10 % [1, 2]), так как процесс может прекратиться на любой стадии.

В первой стадии коленчатый вал проворачивается пусковой системой двигателя (подача топлива выключена). Вторая стадия длится с начала устойчивого его вращения пусковой системой до начала подачи топлива в цилиндры двигателя. Третья стадия начинается с момента включения подачи топлива и характеризуется неустойчивой работой двигателя. Энергия, получаемая от сгорания топлива, недостаточна для увеличения частоты вращения коленчатого вала, которая колеблется в пределах $3...5 \text{ с}^{-1}$. Сразу после включения подачи топлива наблюдаются пропуски вспышек горючей смеси (до 40 % от общего числа впрысков топлива в цилиндры двигателя [1]). Угловая частота коленчатого вала изменяется в пределах $150...200 \text{ мин}^{-1}$. Максимальное давление сгорания при первой вспышке достигает $8,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, затем снижается до $(7...8) \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$. Максимальное значение скорости нарастания давления в процессе сгорания (жесткость) при первой вспышке достигает $3,1 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 \text{ град}$; среднее давление жесткости равно $1,8 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 \text{ град}$ [2].

В переходном режиме работы при сгорании топлива выделяется энергия, достаточная для ускорения вращения коленчатого вала от $4...5 \text{ с}^{-1}$ до максимального значения (режим холостого хода) и самостоятельной работы двигателя. Пропуски вспышек прекращаются, равномерно снижается максимальное давление сгорания. Считается, что двигатель находится в режиме самостоятельной работы, если число вспышек, отнесенных к двум оборотам коленчатого вала, достигло 75 %. При работе двигателя в режиме холостого хода частота вращения коленчатого вала колеблется в узких пределах, среднее значение максимального давления сгорания практически равно давлению конца сжатия [1].

Низкие температуры воздуха и связанное с этим охлаждение агрегатов и эксплуатационных материалов затрудняют пуск двигателя, уменьшают стабильность работы отдельных систем двигателя на всех режимах. Трудности пуска двигателя возникают из-за сложности создания пусковой частоты вращения коленчатого вала двигателя, ухудшения условий смесеобразования и воспламенения смеси. К общим причинам, затрудняющим пуск холодных дизельных двигателей при низких температурах, относятся [1]:

увеличение момента сопротивления прокручиванию коленчатого вала двигателя, вызванное повышенной вязкостью масла;

снижение температуры поступающего в двигатель воздуха, что приводит к понижению температуры топливной смеси в конце сжатия. Пуск дизеля возможен лишь, когда температура в конце такта сжатия в камере сгорания достигает $350...400^\circ\text{C}$. Так, например, при частоте вращения коленчатого вала двигателя 190 мин^{-1} и температуре окружающего воздуха 0°C впрыск топлива снижает температуру смеси в конце такта сжатия на 130°C [1];

снижение температуры конца такта сжатия из-за интенсивной теплоотдачи в стенки цилиндров, ведет к снижению среднего индикаторного давления, развиваемого двигателем;

увеличения утечки воздуха через зазоры в сопряжениях деталей ЦПГ из-за медленного прокручивания коленчатого вала;

увеличение вязкости топлива, образование парафинов и ухудшения распыла его форсунками;

ухудшение работоспособности аккумуляторных батарей.

Для обеспечения надежного пуска тракторного двигателя необходимо, чтобы температура воздуха в конце сжатия была выше температуры самовоспламенения топлива. Температура самовоспламенения дизельного топлива в распыленном состоянии составляет 400°C, а температура воздуха в конце такта сжатия достигает 700°C (при нормальных условиях эксплуатации). Для нагрева воздуха до указанной температуры необходимо сжать его до $(300...350) \times 10^4$ Н/м². Однако в холодное время года даже высокое давление не обеспечивает нагрев воздуха до необходимой температуры в конце такта сжатия.

При пуске холодного двигателя, за счет усиленного теплообмена между воздушным зарядом и стенками цилиндра, повышение температуры сжимаемого воздуха замедляется, а, следовательно, ухудшаются условия самовоспламенения топлива. Кроме того, впрыск холодного топлива в камеру сгорания приводит к увеличению поверхностного натяжения и кинематической вязкости капель. Это сказывается на том, что увеличивается масса, и кинетическая энергия каждой капли, уменьшается суммарная сила их аэродинамического торможения. В результате интенсивность торможения капель уменьшается, и лишь небольшая часть цикловой подачи оказывается взвешенной в объеме факела. Все это приводит к тому, что увеличивается время на прогрев, испарение и воспламенение топлива, и как следствие происходит нарушение процесса горения и повышается жесткость работы двигателя. Пуск двигателя в холодное время года затрудняется еще тем, что температура самовоспламенения дизельного топлива возрастает с понижением давления в камере сгорания. Так, например, если при давлении 30 МПа температура самовоспламенения топлива равна 200°C, то при давлении 1 МПа она достигает 400°C [1, 2].

Большое влияние на процесс пуска и стабильность параметров рабочего процесса дизельных двигателей в зимнее время оказывают низкотемпературные свойства топлива, от которых зависит количество и равномерность подачи топлива насосом высокого давления, качество его распыливания форсунками и смесеобразования в цилиндре. С понижением температуры вязкость дизельного топлива повышается, а из-за выделения кристаллов парафинов мутнеет и даже застывает, теряя подвижность. Выпавшие кристаллы углеводородов забивают топливные фильтры и топливопроводы, что сначала нарушает, а затем полностью прекращает подачу топлива.

Таким образом, с целью снижения отрицательного воздействия низких температур на пусковые свойства дизелей необходимо применять разнообразные меры, наиболее существенными из которых являются:

- средства подогрева воздуха на впуске (свечи подогрева впускного воздуха, электрофакельные подогреватели);
- средства улучшающие низкотемпературные свойства дизельного топлива (депрессорные присадки, подогреватели топлива);
- средства колоризаторного воспламенения топлива (свечи накаливания);
- пусковые приспособления для впрыскивания легковоспламеняющихся пусковых жидкостей;
- средства улучшения пусковых качеств дизеля (декомпрессионный механизм, устройства, изменяющие фазы газораспределения и угол опережения подачи топлива при пуске);
- пусковые устройства повышенной мощности (электростартеры повышенной мощности и внешние источники электроэнергии).

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

Литература

1. А.Н. Карташевич, Г.М. Кухаренок, А.В. Гордеенко, Д.С. Разинкевич. Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации/ Монография. – Горки: БГСХА, 2005-172 с.
2. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. Учебное пособие. ВО - Бакалавриат. А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А.В. Гордеенко; под ред. А.Н. Карташевича / Издание 3-е, Минск, «Новое знание». Москва, «ИНФРА-М». 2022-421 с.

УДК 621.436.004

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ
БУМАГ МАСЛЯНЫХ ФИЛЬТРОВ ДВС И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Белоусов¹ В.А., к.т.н., Бондаренко² И.И., к.т.н., доцент, Павлючук² Н.В., к.б.н.

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Надёжность машин, применяемых в различных отраслях народного хозяйства, в большой степени обусловлена надёжностью двигателей внутреннего сгорания (ДВС), являющихся наиболее распространёнными энергетическими установками. В свою очередь надёжность и долговечность ДВС в большой степени зависит от надёжности работы системы очистки масла. Однако существующие системы очистки масла современных двигателей внутреннего сгорания не всегда в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним. Так, например, при запуске холодного двигателя, оснащенного полнопоточной центрифугой, к трущимся деталям двигателя в начальный период подается практически неочищенное масло из поддона картера, т.к. время выхода центрифуги на номинальный скоростной режим составляет от нескольких минут летом до 20 минут в холодное время года [1]. При использовании в системе смазки полнопоточных бумажных фильтрующих элементов при запуске холодного двигателя увеличивается вероятность прорыва фильтрующей шторы или открытия перепускного клапана фильтра из-за высокой вязкости непрогретого масла [2]. Проворачивание вкладышей подшипников, задиры шеек коленчатого вала, аварийное изнашивание деталей двигателя – вот далеко не полный перечень последствий некачественной очистки моторного масла, приводящих к необходимости проведения дорогостоящих ремонтов.

Для устранения вышеуказанных недостатков предлагается использование для очистки масла в автотракторных двигателях полнопоточных фильтров с фильтрующими элементами из углеродных тканей [3]. Углеродные ткани обладают большой прочностью на разрыв, высокой химической стойкостью в агрессивных средах, хорошей тепло- и электропроводностью, стойки к воздействию высоких температур. В случае применения на двигателе фильтрующих элементов из углеродных тканей появляется возможность подогрева проходящего через фильтр масла при запуске двигателя посредством пропускания электрического тока через фильтрующую штору, чем достигается снижение перепада давления на фильтре и предупреждается открытие перепускного клапана фильтра, а, следовательно, и подача неочищенного масла к парам трения двигателя. При использовании фильтрующих элементов из углеродных тканей появляется возможность их регенерации и многократного использования.

Давление открытия перепускного клапана фильтра определяется прочностью материала фильтрующей перегородки и для бумажных фильтрующих элементов обычно не превышает 0,15 – 0,18 МПа [2]. Однако в технической литературе практически не встречается необходимых сведений о прочности фильтровальных бумаг масляных фильтров ДВС, поэтому целью наших исследований было определение разрывной прочности фильтровальных бумаг и сравнение её с прочностью углеродных тканей.

В качестве объектов исследования использовались: бумага серийно выпускаемых Новогрудским УПП БелТИЗ фильтрующих элементов масляных фильтров двигателя Д-245 и бумага фильтров D-298 фирмы «Clean» (Италия).

Определение прочности фильтровальных бумаг на разрыв проводилось на специально созданной для этого экспериментальной установке, имеющей два зажима для крепления образца бумаги. Испытуемый образец длиной 0,15 м и шириной 0,05 м одним концом закреплялся в верхнем неподвижном зажиме. На свободном конце образца закреплялся нижний зажим, к которому подвешивалась грузовая платформа.

На первом этапе производилось приближённое определение разрывной нагрузки испытуемого образца бумаги последовательной установкой на грузовую платформу грузов массой 0,5 кг. При увеличении массы груза, находящегося на грузовой платформе, наступал момент разрыва образца бумаги, и определялась приближённая разрывная нагрузка.

На втором этапе испытаний вначале производилась загрузка платформы грузами по 0,5 кг до общей нагрузки, не превышающей 60 % от предварительно определённой приближённой разрывной нагрузки. Дальнейшее повышение нагрузки производилось за счет подачи на грузовую платформу из специального бункера мелкого речного песка со скоростью 0,005 кг/сек до наступления момента разрыва образца бумаги. После этого производилось взвешивание грузовой платформы вместе с находящемся на ней грузом и нижним зажимом с точностью до 0,01 кг, и определялась разрывная нагрузка испытуемого образца фильтровальной бумаги. При испытаниях проводилось не менее 5 повторений каждого опыта. Определение разрывной нагрузки фильтровальных бумаг производилось в двух взаимно перпендикулярных направлениях: в направлении, совпадающем с направлением складок (гофр) бумаги и в направлении, перпендикулярном гофрам. Результаты испытаний фильтровальных бумаг приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний фильтровальных бумаг

Вид материала	Разрывная нагрузка, Н/5 см	
	в направлении гофр	перпендикулярно гофрам
Бумага отечеств. ФЭ	73	84
Бумага фильтров «Clean»	136	146

Для сравнения в табл. 2 приведены прочностные показатели некоторых марок углеродных тканей. Из данных табл. 2 видно, что фильтровальные бумаги, как и углеродные ткани, имеют неодинаковую прочность в разных направлениях. Различная прочность тканей по основе и по утку объясняется разной плотностью плетения – т.е. разным количеством нитей, приходящимся на единицу длины поперечного сечения. Для фильтровальных бумаг разная прочность в продольном и поперечном направлениях может быть объяснена преобладанием продольного направления волокон в ленте бумаги перед поперечным, что связано с технологией её производства.

Таблица 2 – Прочностные показатели углеродных тканей

Марка углеродной ткани	Разрывная нагрузка, Н/5 см	
	по основе	по утку
Вискум ТМ-4 А	2940	1176
Вискум ТМ-4 Б	1960	490
Вискум ТМ-4 В	980	245
Вискум Т-10-Р	1470	539
Вискум Т-15-Р	833	245
Вискум Т-22-Р	441	98

Анализ табл. 1 и 2 позволяет сделать вывод, что почти все углеродные ткани, за исключением ткани Вискум Т-22-Р, имеющей разрывную нагрузку по утку 98 Н/5 см, превосходят по прочности фильтровальные бумаги, применяемые для очистки масла в системах смазки ДВС. А прочность некоторых марок углеродных тканей, как, например,

Вискум ТМ-4 А, превышает прочность фильтровальных бумаг в десятки раз. При применении фильтрующих элементов из таких тканей в масляных фильтрах ДВС отпадает необходимость в перепускном клапане фильтра, предохраняющем фильтрующую штору от разрыва, и, следовательно, повышается надёжность защиты пар трения двигателя от абразивных частиц загрязнений. При применении таких фильтров рекомендуется использовать систему периодической автоматической регенерации фильтрующих элементов и прогрева масла, проходящего через фильтр при пуске и прогреве двигателя, что исключит вероятность масляного голодания пар трения и снизит износ двигателя.

Литература

1. Карташевич, А.Н. Интенсивная очистка топлив и масел в автотракторных двигателях: монография / А.Н. Карташевич, А.Е. Кондраль, В.Г. Костенич, А.В. Новиков. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 302 с.
2. Карташевич, А.Н. Эффективность применения фильтрующих элементов из углеродных материалов в двигателях внутреннего сгорания / А.Н. Карташевич, В.Г. Костенич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – № 1. – С. 136–140..
3. РУП «Светлогорское ПО «Химволокно». Каталог продукции. Углеродные материалы [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://www.sohim.by/ru/catalog/carbon/>. – Дата доступа: 24.04.2020.

УДК 631.3:629735:631.8

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ АГРОДРОНОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Ленский¹ А.В., к.э.н., **Ловкис² В.Б.**, к.т.н., доцент, **Довбня А.А.**, магистрант

¹НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, ²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Применение агродронов является одним из перспективных методов защиты растений, позволяющих повысить экономическую и экологическую эффективность использования пестицидов. В сельском хозяйстве Беларуси использование беспилотных авиационных технологий находится в стадии становления и апробации и пока еще не получило активного внедрения. Имеются лишь частные практические кейсы по применению беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и оценке действия вносимых препаратов на гербицидной обработке, защите озимых культур, подсолнечника, кукурузы, садовых питомников [1].

Конечные пользователи агродронов сталкиваются с проблемами, которые выходят за рамки базовых операций управления БЛА, и предполагают всестороннее понимание множества факторов, влияющих на качество обработки и эффективность действия пестицидов [2]:

1) агрономическая оценка полей;

Одним из наиболее важных условий эффективного применения агродрона является агрономическая оценка состояния полей на предмет засоренности сорняками, контроля популяции насекомых-вредителей и болезней растений.

2) технология подготовки рабочего раствора;

Условием качественной химической обработки является подготовка рабочего раствора. Для обеспечения совместимости компонентов баковой смеси и избегания засорения форсунок во время опрыскивания необходимо соблюдать следующие правила:

- бак для подготовки рабочего раствора должен быть чистым и не содержать остатков пестицидов. Изначально заполнить бак водой на 25-50% и добавлять компоненты смеси в строгой последовательности, тщательно перемешивая после каждого добавления. В первую очередь, добавляют водорастворимые и водно-диспергируемые гранулы, затем смачивающиеся порошки, суспензионные концентраты на водной основе и водорастворимые

концентраты, в последнюю очередь – суспензионные концентраты на масляной основе, эмульгируемые концентраты и адъюванты;

- раствор пестицидов следует применять сразу после подготовки. Не желательно хранить готовые растворы более 12 часов. Если химическая обработка откладывается по погодным или иным факторам, перед ее проведением необходимо проконтролировать наличие осадка в баке и произвести повторное перемешивание раствора.

3) подготовка системы распыления агродрона;

При подготовке агродрона требуется:

- выполнить необходимые проверки, калибровку и испытание системы внесения (корректная работа насоса, датчика потока и форсунок) до и после применения агродрона в соответствии с его руководством по эксплуатации;

- помнить, что калибровка системы внесения агродрона чрезвычайно важна из-за высокой концентрации рабочего раствора. Некоторые параметры системы установлены производителем, и изменять их категорически запрещается (механизмы форсунок, расстояние между форсунками и пр.). Подлежат регулировке параметры, влияющие на качество и скорость опрыскивания – равномерность подачи рабочего раствора, ширина внесения, норма внесения, скорость и высота полета и т. д.

4) режим эксплуатации;

Соблюдение эксплуатационных режимов применения агродрона является залогом высокого качества химической обработки. Для обеспечения равномерности опрыскивания и исключения огрехов при внесении высококонцентрированных растворов пестицидов необходимо:

- строго соблюдать оптимальную высоту полета (в зависимости от скорости и массы агродрона, особенностей рельефа местности, силы и скорости ветра, требуемой равномерности внесения и т. д.). Избыточная или недостаточная высота полета может привести к увеличению вероятности сноса или хаотичному изменению траектории капель (так называемый «эффект земли» – взаимодействие воздушного потока от пропеллеров с поверхностью земли),

- поддерживать постоянную скорость полета,

- начинать и заканчивать опрыскивание строго на границе поля. Отключать насос и форсунки во время зависания БЛА (например, в случае срабатывания радара препятствий),

- при работах на склонах выполнять все проходы в одном направлении, вниз по склону.

5) погодные условия;

При выполнении авиационных химических обработок необходимо в обязательном порядке учитывать погодные условия, не только как фактор внешнего воздействия на БЛА, но и с позиции целесообразности проведения опрыскивания. Практикующие пользователи агродронов рекомендуют:

- не проводить химическую обработку, если в течение двух часов после ее завершения возможны осадки или будет осуществляться полив культур;

- проводить опрыскивание при скорости ветра от 1,5 м/с до 3 м/с. Исключить выполнение обработок при скорости ветра более 5 м/с, а также при неустойчивой погоды (резких порывах ветра). Необходимо помнить, что опрыскивание при скорости ветра менее 1,5 м/с может привести к уменьшению осаждения препарата и увеличить вероятность сноса;

- при низкой скорости ветра увеличить норму внесения рабочего раствора (используется большее количество воды, при этом норма внесения препарата в расчете на 1 га остается неизменной);

- при низкой относительной влажности и высокой температуре воздуха также увеличить норму внесения рабочего раствора, чтобы улучшить осаждение и минимизировать снос из-за повышенного испарения.

6) безопасность полетов.

Поскольку БЛА является источником высокого риска, безопасность полетов должна быть обеспечена на требуемом уровне, установленном нормативными требованиями

Департамента авиации Республики Беларусь [3–4]. Кроме того, к вопросам безопасности относятся охрана труда при работе с пестицидами, а также минимизация сноса рабочего раствора и исключение загрязнения окружающей среды. Для этого необходимо:

- обеспечить оператора БЛА и вспомогательный персонал средствами индивидуальной защиты для работы с пестицидами;
- обеспечить возможность оперативного взаимодействия между оператором БЛА и вспомогательным персоналом;
- при выполнении авиационных работ по опрыскиванию полей определить буферные зоны для минимизации загрязнения окружающей среды от сноса рабочего раствора (особенно при эксплуатации агродрона рядом с водными объектами, местами выпаса домашнего скота, активности пчел и пр.);
- эксплуатировать агродрон только в условиях прямой видимости и только на полях, определенных в заявке на выполнение полетов.

В настоящее время важнейшими причинами, сдерживающими интенсивное развитие и внедрение беспилотных технологий в АПК Беларуси, являются: выбор качественного БЛА из широкого спектра моделей и конфигураций, достаточно сложное правовое регулирование использования БЛА и недостаточная квалификация обслуживающего персонала.

Литература

1. Внедрение технологии внесения средств защиты растений с применением Агродрона А60-Х. Авиационные технологии и комплексы. Эл. ресурс: <https://aerotexsys.by/upload/iblock/d57/etost9an4kg8nhn0hzc25orv0f8t0p.pdf>. – Дата доступа: 05.01.2024.
2. Xuan Li, John T Andaloro, Edward B Lang, Yafei Pan. Best Management Practices for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Application of Insecticide Products on Rice / An ASABE Meeting Presentation, Paper Number: 1901493. – <https://doi.org/10.13031/aim.201901493>
3. Воздушный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: 16 мая 2006 г. № 117-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 5.01.2024 г. // Pravo.by / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.
4. Руководство по порядку государственного учета и эксплуатации гражданских беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]: приказ Департамента по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 26 дек. 2022 г, N 341 // Департамент по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://caa.gov.by/uploads/files/Rukovodstvo-po-porjadku-gosudarstvennogo-ucheta-i-ekspluatatsii-grazhdanskix-bespilotnyx-letatelnyx-apparatov-utv.-prikazom-04.10.2022-268.pdf>. – Дата доступа: 29.01.2024.

УДК 631.363.2

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНЯТИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАПРЕССОВАННЫХ КОРМОВ

Дыба¹ Э.В., к.т.н., доцент, **Пунько² А.И.**, к.т.н., доцент,
Гордиевич² А.Ю., студент, **Рацкевич² Е.А.**, студент

¹НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, ²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Интенсификация сельскохозяйственного производства на основе внедрения ресурсосберегающих технологий является стратегическим направлением, обеспечивающим прирост объемов производства всех видов сельскохозяйственной продукции. В животноводческой отрасли до 2025 г. предусматривается достижение объемов производства молока на уровне не менее 8959,5 тыс. т, выращивания крупного рогатого скота – 700,7 тыс. т [1]. Производство намеченных объемов молока и мяса немыслимо без

гарантированного обеспечения животных кормами, которые в структуре себестоимости продукции составляют до 70 % от общих затрат. Наличие кормов и их качество являются основными факторами, определяющими продуктивность животных и эффективность производства молока и мяса.

В хозяйствах республики ежегодно заготавливается более 25 млн т кормов в виде сенажа, силоса из провяленных трав и силосных культур. Массовое распространение получил сенаж. Качественный корм этого вида приготавливают при строгом соблюдении технологии его заготовки: провяливания до влажности 50...55 %, уплотнения до плотности не менее 600 кг/м³, экспозиции загрузки хранилища не более 2-3 дней и герметизации корма [2].

В последние годы разработаны и применяются новые методы закладки на хранение предварительно спрессованной до заданной плотности растительной массы с герметизацией специальными полимерными материалами. Провяленную растительную массу запрессовывают с помощью пресс-подборщиков в крупногабаритные тюки или рулоны и герметизируют путем обмотки полимерной лентой. Упакованные подобным способом тюки и рулоны складываются под навесом или на открытой площадке и хранятся так до момента использования на корм КРС. Данная технология является весьма эффективной и востребованной.

В соответствии с Программным комплексом мер по развитию кормопроизводства на 2021–2025 годы предусматривается к 2025 г. обеспечить заготовку травяных кормов с использованием полимерных материалов сельскохозяйственного назначения (стрейч-пленки) в объеме 1090,0 тыс. т. Производство отечественной стрейч-пленки сельскохозяйственного назначения освоили ОАО «Могилевский завод искусственного волокна» и ОАО «Борисовский завод пластмассовых изделий».

Стрейч-пленка относится к материалам, подлежащим вторичной переработке. В зарубежных странах новые упаковочные материалы продаются при условии сдачи использованных упаковочных материалов в объеме до 70 % от вновь закупаемых. Такой порядок использования упаковочных материалов позволяет снизить стоимость их производства, решает проблемы утилизации полимерных материалов и уменьшает риск попадания упаковочных материалов в корм животным.

В связи с тем, что машин для отделения упаковочных материалов, а также специальных устройств к фронтальным погрузчикам в Республике Беларусь нет, снятие полимерных материалов в настоящее время в хозяйствах республики осуществляется вручную, что, в свою очередь, требует дополнительно вспомогательного рабочего на погрузочных работах либо осуществляется непосредственно механизатором, что сказывается на производительности данного вида работ.

За рубежом уже более 10 лет проводятся работы, направленные на освоение в производстве машин и оборудования, позволяющих производить отделение упаковочных полимерных материалов в процессе погрузки рулонов в кормораздатчики. В 2010 г. инвестиционная компания «IDOUGH INVEST COMPANY» (Ирландия) одной из первых запатентовала конструкцию резчика рулонов с устройством для снятия полимерных материалов с запрессованных кормов, предназначенного для захвата, разрезания рулонов запрессованных кормов, загрузки их в кормораздатчик и выгрузки полимерной упаковки в месте складирования.

Анализ информации, представленной в интернет-источниках, показал, что такими фирмами, как «KELTEC ENGINEERING» (Ирландия), «HLA ATTACHMENTS» (Канада), «MANIP SAS» (Франция), «CASHELS ENGINEERING LTD» (Ирландия), «GOWEIL» (Австрия) и др., разработаны и широко применяются в сельскохозяйственном производстве резчики запрессованных травяных кормов. Предлагаемые устройства представляют собой сельскохозяйственные вилы, оснащенные ножом и гидрофицированным захватом упаковочных материалов (рисунок 1). Технологический процесс работы перечисленных машин следующий: при накалывании тюка происходит зажим полимерных упаковочных материалов гидрофицированным захватом, надрезание упаковочных материалов в верхней

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

части рулона и зажим его ножом. Производится транспортирование рулона к месту разгрузки, где происходит разрезание рулона ножом с удалением упаковочных материалов.



а – RBS («GOWEIL» (Австрия); б – KT-44 («Keltec Engineering» (Ирландия); в – BK-60 («HLA Attachments» (Канада); г – 5FT («Cashels Engineering Ltd» (Ирландия)
Рисунок 1 – Резчики запрессованных травяных кормов

Общим недостатком данных устройств является необходимость агрегатирования с телескопическими погрузчиками, так как у обычных фронтальных погрузчиков недостаточная высота подъема рабочих органов для исключения попадания упаковочных материалов в кормораздатчик. Кроме того, данные устройства эффективны только при снятии полимерных материалов с рулонов, и их использование на тюках не представляется возможным [3].

Учитывая отсутствие отечественных машин в этой области и острую потребность их использования, разработка данного устройства является актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит повысить эффективность погрузочно-разгрузочных работ.

Конструкция устройства к фронтальным погрузчикам для снятия полимерных материалов с запрессованных кормов с учетом опыта ведущих зарубежных разработок должна исключать недостатки, приведенные выше, и способствовать совершенствованию технологического процесса подготовки к скармливанию запрессованных кормов путем механизации операции снятия полимерных материалов.

В связи с этим намечен и выполняется комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию такой отечественной машины.

Литература

1. Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021 – 2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 // КонсультантПлюс. Беларусь / «ООО ЮрСпектр», Нац центр. правовой информ. Республики Беларусь. – Минск, 2024.
2. Результаты исследований технологии заготовки и хранения в полимерных рукавах крупногабаритных тюков из провяленных трав, обработанных консервантами, на качество и сохранность кормов / Э. В. Дыба [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2020. – Вып. 54. – С. 234–240.
3. Официальный сайт компании «Keltec» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://keltec.ie/product/bale-slice/>. – Дата доступа: 22.09.2024.

УДК 629.114.2

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЫГРУЗКИ ЗЕРНА САМОХОДНОГО ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Праженик Д.С., Носко В.В.

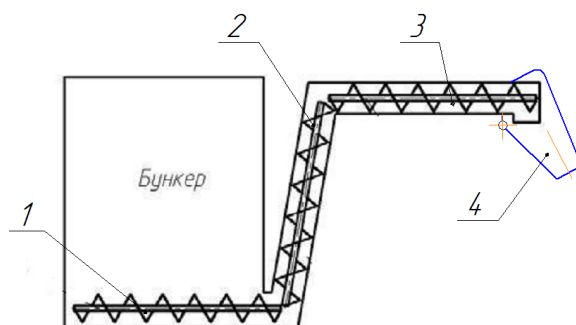
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В сельскохозяйственном комбайностроении важное место занимает процесс выгрузки зерна из бункера зерноуборочного комбайна. Не всегда возможен процесс выгрузки зерна из бункера во время движения. В этом случае для выгрузки зерна необходимо остановить комбайн и произвести выгрузку. Это приводит к увеличению общего времени на уборку урожая.

Решение задачи уменьшения время выгрузки зерна из бункера приведет к увеличению производительности выгрузной системы, что, в свою очередь, уменьшит время технологического процесса уборки зерновых культур. С другой стороны, увеличение производительности выгрузной системы может привести к увеличению повреждаемости зерна и увеличению затрачиваемой мощности на привод шнеков системы выгрузки.

Таким образом, при оптимизации технологического процесса выгрузки зерна из бункера необходимо: с одной стороны – повысить производительность, с другой стороны – снизить энергоемкость системы выгрузки и минимизировать дробление зерна.

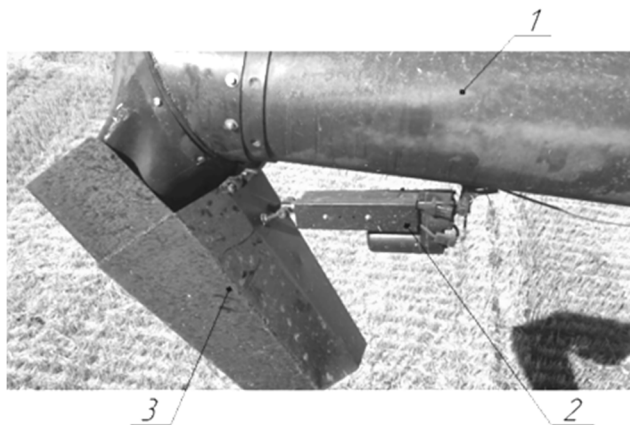
Для уменьшения энергозатрат и времени выгрузки, на шнек поворотный выгрузной зерноуборочного комбайна, устанавливается поворотный фартук (рисунок 1).



1 – горизонтальный шнек; 2 – наклонный шнек; 3 – поворотный шнек; 4 – поворотный фартук

Рисунок 1 – Выгрузная система зерноуборочного комбайна

Установка поворотного фартука на выгрузной шнек зерноуборочного комбайна (рисунок 2) упрощает подъезд к транспортному средству и позволяет производить выгрузку в транспортные средства на косогорах. Упрощается выгрузка зерна из бункеров на ходу.



1 – шнек выгрузной; 2 – электромеханизм; 3 – поворотный фартук
Рисунок 2 – Шнек поворотный выгрузной зерноуборочного комбайна

Стоит отметить, что, благодаря изменению конструкции по предложенному варианту, затраты мощности на привод системы выгрузки не изменились. Данный подход комплексного анализа параметров геометрических и кинематических выгрузной системы зерноуборочного комбайна позволяет провести всесторонний анализ конструкции и найти резервы повышения производительности выгрузной системы без значительного увеличения затрат мощности.

Литература

1. Д.С. Праженик, В.В. Носко Усовершенствование конструкции выгрузного шнека // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 24-25 ноября 2022 г. – Минск: БГАТУ, 2022. – С. 442-454.
2. Инструкция по эксплуатации. Комбайн зерноуборочный самоходный КЗС-1218 «Палессе GS12», 2017.

УДК 631.311.75

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ УБОРКИ КАМНЕЙ

Пунько А.И., к.т.н., доцент, Михалко М.В., магистрант

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Одно из важнейших мероприятий, входящее в комплекс культуртехнических работ, – очистка земель от камней, которые являются серьезным препятствием для высокоэффективного использования сельскохозяйственных угодий.

В Беларуси более 1,4 млн га сельскохозяйственных угодий засорено камнями, из которых 1,2 млн га – пахотные земли и 200 тыс. га – сенокосы и пастбища. Особенно это характерно для северных, центральных и северо-западных районов, где завалуненные пашни могут составлять 30–50 %. Наиболее засорены камнями почвы Гродненской, Минской и Витебской областей.

Экономический эффект, получаемый в результате очистки сельскохозяйственных угодий от камней, складывается из снижения затрат на обработку почвы, возделывание и уборку сельскохозяйственных культур за счет уменьшения расходов на замену и ремонт рабочих органов почвообрабатывающих и уборочных машин, повышения их производительности и снижения расхода горюче-смазочных материалов. Повышается также коэффициент использования площади и урожайности возделываемых культур за счет ликвидации огрехов, улучшается качество обработки почвы и ухода за культурами, более равномерно и эффективно вносятся удобрения, снижаются потери в процессе уборки урожая.

Для уборки камней могут использоваться различные средства механизации. В зависимости от назначения и последовательности выполнения операций они подразделяются на машины и приспособления для извлечения крупных и средних камней, уборки мелких камней, погрузочные и транспортные средства, а также средства механизации для измельчения камней [1, 2].

В настоящее время на нашем рынке представлено много производителей камнеуборочной техники, в том числе и отечественной. Так, ОАО «Минский агросервис» с 2010 г. выпускает комбинированную камнеуборочную машину ККМ-1, а компания ООО "ВЭЛАГРО" предлагает камнеуборочную машину УКП-0,7М и камнеподборщик прицепной БЛ-07 [3].

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан комплекс машин для уборки камней (рисунок 1).

Все разрабатываемые технические средства представляют функционально взаимосвязанный комплекс машин для уборки камней к тракторам класса 1,4 и 2.



а – подборщик-транспортировщик валунных камней; б – валкователь мелких камней;
в – подборщик камней из валков, г – валкователь-подборщик камней

Рисунок 1 – Комплекс машин для уборки камней

Интересен опыт создания машин для уборки камней для малых и фермерских хозяйств других производителей. Корейскими инженерами предлагается машина с цепочно-планчатým транспортером и накопительным бункером для сбора камней (рисунок 2) [3].

Еще более компактный вариант машины предлагают и китайские разработчики – навесной сборщик камней с цепочно-планчатým транспортером SH-1400 JS (рисунок 3). Размер собираемых камней определяется зазором между планками в транспортере.



Рисунок 2 – Машина для сбора камней с цепочно-планчатým транспортером и накопительным бункером



а



б

а – общий вид машины; б – процесс выгрузки камней из ковша

Рисунок 3 – Сборщик камней навесной SH-1400JS

Учитывая простоту конструкции и широкое применение в хозяйствах такой машины, как картофелекопатель навесной двухрядный КТН-2В, его вполне можно использовать в качестве базовой машины. Для этого нужно оснастить его сзади бункером для сбора камней и гидравлическим приводом для его подъема и опрокидывания для выгрузки. При этом копачи и сепарирующий транспортер (элеватор) останутся без изменений. Однако следует провести проверку конструкции машинно-тракторного агрегата на продольную устойчивость из-за изменения положения центра масс в процессе работы, а также проверку гидросистемы и расчет деформации корпуса в целом.

Такую модернизированную машину можно использовать как по назначению – для выкапывания картофеля, отделения клубней от почвы и укладывания их на поверхность поля для дальнейшей подборки, так и для сбора камней с сопоставимыми с клубнями размерами.

Литература

1. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belagromech.by/news/perspektivnye-tehnologii-i-sredstva-mehanizatsii-dlya-uborki-kamnej-2/>. – Дата доступа: 11.09.2024.
2. Сысоев, В. В. Технология и машины для уборки камней с полей в АПК / В. В. Сысоев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. / редкол.: В. В. Гусаров (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 272–249.

3. Анализ конструкций камнеуборочных машин / Г. А. Радишевский [и др.] // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 24-25 ноября 2022 г. - Минск : БГАТУ, 2022. - С. 104-106.
4. Интернет-источник. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=52JQ1ck6tBY>. Дата доступа: 11.09.2024.
5. Интернет-источник. Режим доступа: https://www.sh-ind.co.kr/xe/index.php?mid=page_stone&document_srl=46879. Дата доступа: 11.09.2024.

УДК 631.8; 631.171

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ-УДОБРИТЕЛЯ

Нукешев¹ С.О., д.т.н., профессор, **Романюк² Н.Н.**, к.т.н., доцент,
Агейчик² В.А., к.т.н., доцент, **Ахметов¹ Е.Н.**, студент

¹Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Известно, что технологиями возделывания зерновых культур на почвах, подверженных ветровой эрозии предусматриваются несколько видов обработки почвы без оборота пласта с сохранением максимального количества пожнивных остатков на поверхности поля при минимальном распылении обрабатываемого слоя:

- плоскорезная обработка на глубину 0,08-0,16 м (осенняя зяблевая обработка, первая и промежуточные обработки пара, весенняя предпосевная обработка, обработка пласта многолетних трав);
- плоскорезное рыхление на глубину 0,20-0,27 м (осенняя зяблевая обработка, первая и последняя обработка пара, обработка пласта многолетних трав);
- культивация чистого пара на глубину 0,06-0,08 м;
- поверхностная обработка почв на глубину 0,04-0,06 м (ранневесеннее рыхление почвы, пожнивное боронование, уход за посевами многолетних трав);
- пожнивное дискование почвы после уборки подсолнечника или кукурузы на зерно;
- щелевание;
- чизелевание [1].

Чрезмерное увлечение применением минимальной и нулевой технологий в условиях Северного Казахстана, исключение предпосевной, зяблевой, паровой обработки при нулевой обработке почвы привели к уплотнению почвы во многих хозяйствах региона. Известно, что увеличение плотности почвы по сравнению с оптимальным на 0,1...0,3 г/см³ приводит к снижению урожайности на 20...40%.

Для решения этих проблем в совокупности предлагается глубокая обработка почвы чизельными рабочими органами с одновременным ярусным внесением минеральных удобрений. Глубина обработки чизелями обычно составляет 35-40 см, возможна и глубина 60 см.

Как известно, корни растений располагаются не только на толщине пахотного горизонта, но и проникают в более глубокие слои за влагой. Так в засушливые годы корни яровой пшеницы были обнаружены на глубине до 1,5 м, а озимой ржи – даже до 2,5 м [2, 3]. Из вышеизложенного следует, что минеральные удобрения необходимо располагать равномерно по всей толщине пахотного слоя прослойками, чтобы не перекрывать проход корней в более глубокие слои почвы за влагой.

С учетом изложенного нами предлагается чизель-удобритель, позволяющий осуществить ярусное внесение минеральных удобрений на глубину рыхления 8-25 см. Рабочими органами удобрителя являются экспериментальные наклонные стойки, которые обеспечивают высокое качество обработки, особенно переуплотненных и пересохших почв.

В процессе работы рабочие органы приподнимают и смещают пласт, разбивают и крошат уплотненные участки почвы. Конструкция рабочего органа позволяет получать минимальные развальные борозды.

Машина содержит раму с установленными на нем наклонными чизельными рабочими органами, опорные колеса и прицеп. На раме жестко закреплен корпус распределителя удобрений с головкой, направленной вертикально вверх с подсоединенными тукопроводами.

На фронтальной части наклонного чизельного рабочего органа 2 прикреплена накладка 8 треугольного сечения, раздвигающая почву, рисунок 1. На конце стойки размещен неподвижно башмак 9, к которому с помощью болтового соединения прикреплено долото 10. В тыльной части стойки установлен рассеиватель 11 минеральных удобрений, выполненный в виде прямоугольного материалопровода, разделенного на продольные отсеки с окнами. Для получения на уровне башмака нижнего яруса к башмаку 9 приварен удлинитель 12 в форме прямоугольной трехгранной пирамиды.

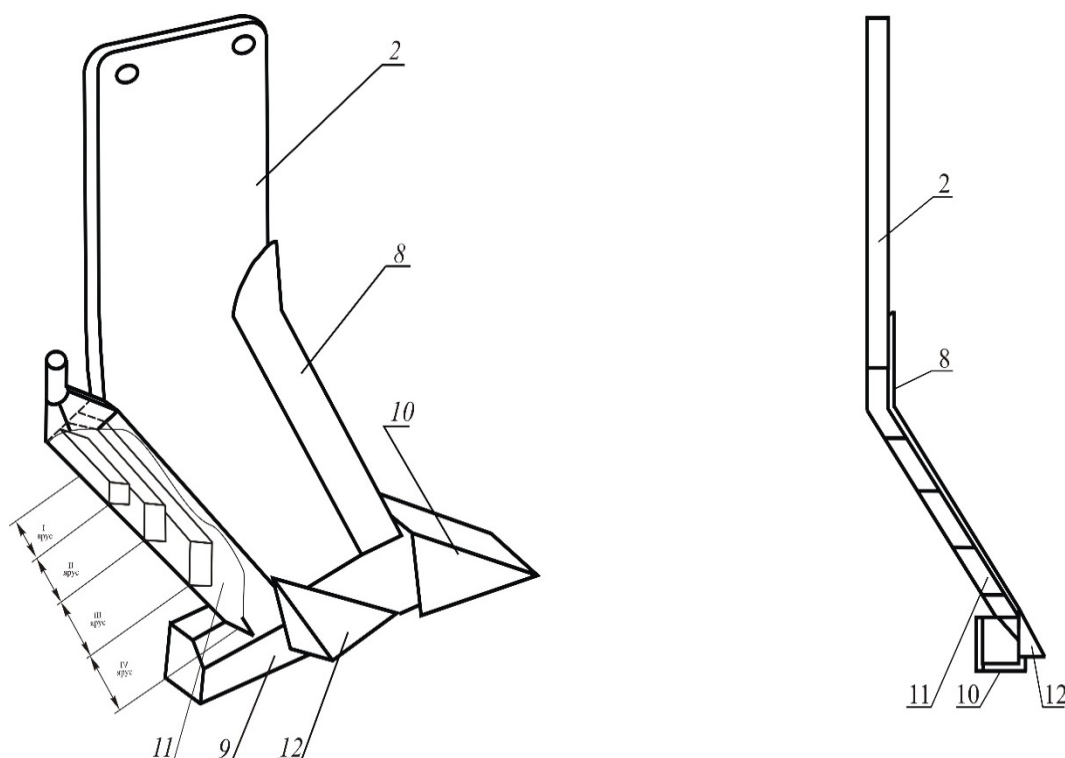


Рисунок 1 – Рабочий орган экспериментального чизельного удобрения

Машина работает следующим образом.

Транспортируемые из бункера с дозатором по трубопроводу потоком воздуха минеральные удобрения, через головку распределителя и тукопроводы попадают на рассеиватель 11 наклонного чизельного рабочего органа 2. При обработке, наклоненное к горизонту вниз и имеющее впереди скос долото 10, вскрывает почву, создавая небольшое сопротивление, поскольку его ширина составляет 50-60 мм. Удобрения, попадая в рассеиватель 11, за счет продольных отсеков делятся на потоки и направляются к окнам, являющимися продолжениями этих отсеков. При этом удлинитель 12 позволит увеличить глубину наклонно-ленточного внесения до 35 см. Эта конструкция обеспечивает 2...2,5 раза больший коэффициент использования минеральных удобрений растениями яровой пшеницы, чем при разбросном способе и на 25...35 % выше локально-рядковых [4].

Объясняется это тем, что при разбросном и локально-рядковом способах внесения удобрений, питательные вещества располагаются лишь на одном уровне пахотного слоя почвы и только часть корней растений используют их. Предлагаемая конструкция рабочего органа почвообрабатывающего орудия обеспечивает размещение удобрений от 8...9 см от

поверхности и до глубины 20...25 см, что в 1,5...2 раз больше, чем при известных способах внесения удобрений.

На раме орудия устанавливаются 12 рабочих органов. Общая ширина захвата 7,6 м. Угол наклона стоек 40-45°. Расстояние между наклонными лентами удобрений – 140 мм. Дневная выработка составляет 35-40 га.

Удобритель может работать в паре с бункером посевного комплекса как культиватор-удобритель с центральной высевающей системой, автономно со своим бункером с индивидуальными дозаторами и как орудие для основной обработки почвы.

Результаты исследований на почвенном канале показали, что тяговое усилие практически имеет линейную зависимость от угла резания долота и скорости движения агрегата и варьирует в пределах от 42,45 до 180,15 кг при глубине рыхления $h=50$ см и ширине захвата 25 см.

Исходя из условия минимальности тягового усилия можно считать оптимальными значения угла резания $\alpha=16-20^\circ$ и скорости агрегата $v=1,8-2,0$ м/с.

Литература

1. Булаев В.Е. Агротехнические основы и технология локального внесения удобрений // В кн.: Способы внесения удобрений: научные труды ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1976. – С. 5-40.
2. Рябченко И.К. и др. Механизация применения удобрений. – М.: Колос, 1982. – 291с.
3. Рекомендации по интенсивной технологии возделывания яровой пшеницы в Башкирской АССР /Н.Р. Бахтизин и др. – Уфа, 1985. -34с.
4. Nukeshev S., Ramaniuk M. et. al. A Chisel Fertilizer for In-Soil Tree-Layer Differential Application in Precision Farming. International Journal of Technology. Volume 14(1), pp. 109-118. DOI: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i1.5143>.

УДК 621.43.065.001.57

НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСЧЕТА ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА ПОРШНЕВЫХ ДВС

Белохвостов¹ Г.И., к.т.н., доцент, **Кунаш¹ М.В.**, аспирант, **Тиунчик¹ А.А.**, к.ф.-м.н., доцент, **Дубовик² Д.А.**, д.т.н., **Климук² А.С.**, **Янович² Д.Л.**

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,

²Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

Целью дополнительного анализа теоретических основ и закономерностей возникновения шума поршневых двигателей внутреннего сгорания (ПДВС), основанных на трудах известных ученых, таких как Н.Н. Андреев, А.И. Белов, Л.И. Инзель, Б.П. Константинов, Б.К. Шапиро, И.И. Ключин, В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, В.Я. Груданов, А.П. Меркулов, Д.А. Чудаков, Н.Г. Шабуня, М.А. Разумовский, Н.И. Иванов, А.И. Комкин и др. являлось уточнение отдельных позиций в правильном понимании рабочих процессов ПДВС, процессов массо- и теплообмена, в частности, газообмена, механических процессов, превращения части тепловой энергии в звуковую, формирования акустического излучения, аэроакустических, диссипативных и вихревых процессов.

Анализ аэродинамических источников шумообразования акустического излучения ПДВС показал, что отношения между ними по их интенсивности различны и зависят от типа двигателя, его конструктивных особенностей, а также от скоростного и нагрузочного режима работы.

Особый интерес представляет прогнозирование характеристик газодинамического шума для выпускных систем без заглушающих устройств, так как полученные при этом данные являются исходными для определения заглушающих характеристик систем выпуска при их разработке. Установлено влияние системы заглушения на экономические,

мощностные и экологические показатели транспортного средства, где часто одна проблема решается за счёт другой [1], [2].

Необходимо подвергнуть более тщательному анализу:

- зависимость интенсивности шума от элементарного объёма турбулентной струи, выраженная формулой:

$$dI = \frac{k_0 \rho_c^2 u_c^8}{\rho_0 c_0^5 r^2 \Phi^5(\theta, M_k)} \left(\frac{\sqrt{u'^2}}{u_c} \right)^4 \left(\frac{u_k}{u_c} \right)^4 \frac{dv}{x},$$

где $r = |\vec{x}|$ – радиус, на котором производится данное исследование, c_0 – скорость звука в среде.

Из этой формулы на основании постоянной Лайтхилла определяется суммарная акустическая мощность элементарного объёма:

$$dW = k_2 \Psi(M_k) \frac{\Pi}{D^2} \left(\frac{\sqrt{u'^2}}{u_c} \right)^4 \left(\frac{u_k}{u_c} \right)^4 \frac{dv}{x},$$

где

$$\Pi = \frac{\rho_c^2 u_c^8 D^2}{\rho_0 c_0^5},$$

$$\Psi(M_k) = \frac{1 + M_k^2}{(1 - M_k^2)^4},$$

где u_k – скорость конвекции; $M_k = \frac{u_k}{c_0}$; D – характерный геометрический размер;

$\frac{\sqrt{u'^2}}{u_c}$ – интенсивность турбулентности; u' – пульсационная скорость.

Функция $\Psi(M_k)$ характеризует эффект усиления акустического излучения вследствие конвекции источников шума.

Максимум акустической мощности генерируется в зоне наибольшей активности турбулентности, где градиент средней скорости максимален.

Большая часть акустической энергии излучается на участке от седла клапана до сечения, удаленного на расстояние 10 диаметров горловины клапана. Примерно 65% суммарной акустической энергии струи излучается на начальном участке, где произвольный объём, одна из геометрических составляющих которого равна диаметру тарелки клапана, излучает 0,10...0,15 от акустической мощности струи.

Суммарная акустическая мощность вихревого шума определяется как

$$W = (K_0 \Phi^2 + K_1 \Phi^6 + K_2 \Phi^8) \cdot F_{кл} \cdot \rho_c \cdot c_0^3 (1 - \chi),$$

$$\text{где } \chi = \frac{P_e - P_{np}}{P_e}; c = \sqrt{nRT_e}; n = \frac{c_p}{c_r}; \Phi = \left\{ \frac{2}{n-1} \left[1 - (1 - \chi)^{\frac{n-1}{n}} \right] \right\}^{0,5}.$$

Более тщательного изучения необходимо и для определения уровней звуковой мощности шума выхлопной струи турбореактивного двигателя с необходимыми уточнениями применительно к ПДВС.

Общий уровень звуковой мощности $L_{p,общ}$ в дБ выхлопной струи турбореактивного двигателя определяется по формуле

$$L_{p,общ} = 80 \lg V_e + 20 \lg \rho_e + 10 \lg F_e - 44,$$

где V_e - скорость истечения газа из сопла, м/с; ρ_e - плотность струи в выходном сечении сопла, кг/м³; F_e - площадь сопла, м².

Системы впуска и выпуска отработавших газов являются источниками шума аэродинамического происхождения. Для их шумоглушения используются специальные устройства, конструкция которых не затрагивает базовых элементов самого двигателя. Основная задача конструирования этих систем заключается в обеспечении заданных параметров заглушения при минимальных габаритах, массе и стоимости системы. При разработке системы выпуска ее акустическая эффективность задается такой, чтобы уровень излучаемой ею звуковой мощности был на 8...10 дБ А ниже уровня звуковой мощности акустического излучения, вызываемого колебаниями наружных поверхностей двигателя.

Включение в конструкцию системы выпуска нейтрализаторов способствует улучшению заглушающих свойств системы, так как принципы функционирования нейтрализаторов способствуют снижению шума выпуска

Определенные успехи в расчетных методах исследования глушителей шума ПДВС как отечественных, так и зарубежных научных школ создают хорошие предпосылки для решения прямой задачи – определения акустических характеристик глушителей шума ПДВС заданной конфигурации и размера, и обратной – определения конфигурации и размеров глушителя с требуемыми характеристиками [3-5].

Литература

1. Разумовский, М.А. Борьба с шумом на тракторах/ М.А. Разумовский.– Минск: Наука и техника, 1973 – 208 с
2. Комкин, А. И. Разработка современных методов расчета и проектирования автомобильных глушителей с требуемыми характеристиками / А. И. Комкин. — СПб.: Балтийск. гос. техн. ун-т «Военмех» имени Д. Ф. Устинова, 2012. — 48 с
3. Груданов, В. Я. Моделирование и оптимизация гидравлических и акустических характеристик глушителей шума поршневых двигателей на основе теории чисел / В. Я. Груданов, Г. И. Белохвостов, Л. Т. Ткачева // Горная механика и машиностроение. — 2020. — № 4. — С. 28—42.
4. Груданов, В. Я. Научно-практические подходы к совершенствованию конструкций глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания на основе теории чисел / В. Я. Груданов, Г. И. Белохвостов, Л. Т. Ткачева // Наука и техника. — 2021. — Т. 20, № 4. — С. 434—444
5. Новые направления в конструировании глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / В. Я. Груданов, Л. Т. Ткачёва, Г. И. Белохвостов, М. В. Кунаш // Вестник БарГУ. Сер. Технические науки. — 2022. — № 2 (12). — С. 74-84.

ОРИГИНАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ШТИФТОВОЙ КАТУШКИ ВЫСЕВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

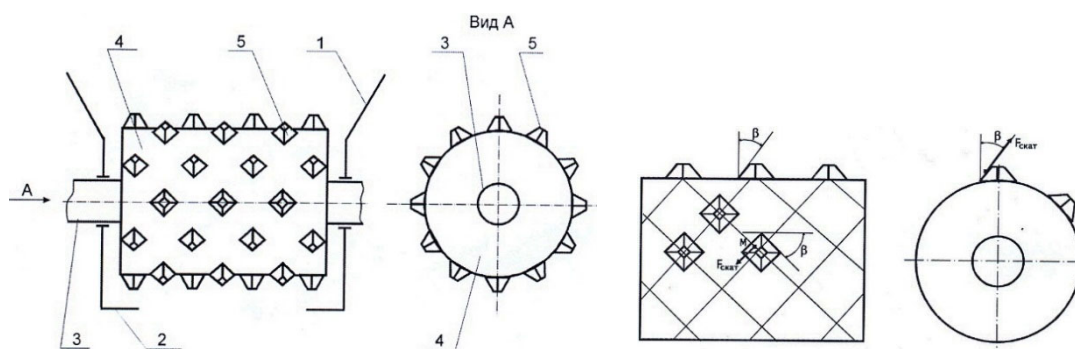
Нукешев¹ С.О., д.т.н., профессор, Романюк² Н.Н., к.т.н., доцент,
Назарбаев¹ Е., докторант, Ыскак¹ Т.Ш., студент

¹Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Существующие высевальные аппараты не в полной мере обеспечивают качество внесения минеральных удобрений. Неравномерность и неустойчивость внесения достигают 20-40% при требуемой до 15%. Это, прежде всего, связано с гигроскопичностью удобрений и несовершенством высевальных аппаратов для удобрений [1]. Особенность внутрипочвенного внесения минеральных удобрений – точное их размещение относительно корней растений – предопределяет повышенные требования к конструкциям туковывсевающих аппаратов и качеству удобрений.

Для решения проблемы обеспечения качества внесения минеральных удобрений при их внутрипочвенном дифференцированном внесении предложена оригинальная конструкция штифтовой катушки высевального устройства. Штифты катушки выполнены в форме четырехгранных усеченных пирамид, расположенных на пересечении перекрещивающихся правых и левых многозаходных винтовых линий на поверхности катушки, рис. 1.



1 – бункер, 2 – корпус высевального устройства, 3 – вал, 4 – катушка, 5 – штифт

Рисунок 1 – Экспериментальный туковывсевающий аппарат

Выполнение штифтов в форме усеченной четырехгранной пирамиды исключает «пассивные зоны», присущие серийным катушечно-штифтовым аппаратам, а расположение их на пересечении левой и правой многозаходных винтовых линий, не дает удобрениям залипать.

Для обеспечения работоспособности штифтовой катушки необходимо, чтобы грани штифта захватывали частицы и перемещали их как в радиальном направлении, так и по направлению образующей катушки. Поэтому, необходимое условие исключения «налипания» удобрений – $\beta_{kp} = \arctg f$, т.е. угол β должен быть равен углу трения частицы с поверхностью штифта катушки или углу трения между частицами.

Питание удобрениями межштифтового пространства катушки должно начинаться уже в зоне А. Во второй половине зоны В и в зоне С происходит перемещение гранул штифтами. В зоне D межштифтовое пространство разгружается от удобрений, рисунок 2.

Устанавливая связь между окружной скоростью и углом поворота катушки определим окружную скорость катушки. Если полагать, что гранула находится на краю штифта и в этой точке скорость относительного движения гранулы равна нулю, то, по принципу Даламбера, приложенные к грануле удобрения силы на естественных осях x , y будут находиться в равновесии:

$$G \times \cos(\alpha - \beta) + U_y - F = 0;$$

$$N + K_p - G \times \sin(\alpha - \beta) = 0$$
(1)

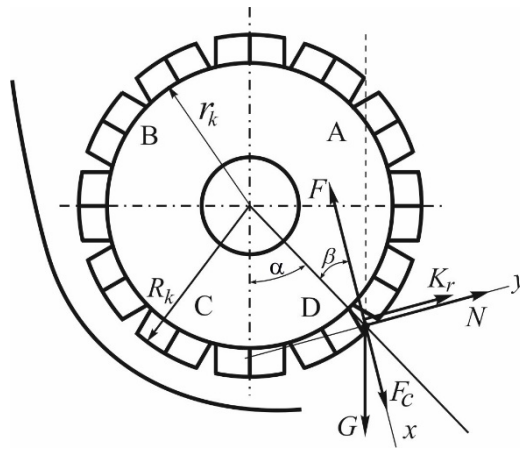


Рисунок 2 – К определению окружной скорости катушки

Как видно из рисунка 2, угол β значительно меньше угла α . В связи с этим для удобства дальнейших выкладок, без ущерба на точность вычислений, U_y можно направить по x . Также очевидно, при отсутствии относительного движения кориолисова сила равна нулю. Проводя преобразования получим:

$$\frac{\omega^2 \times R}{g \times \cos(\alpha - \beta)} = \frac{f \times g \times \sin(\alpha - \beta)}{g \times \cos(\alpha - \beta)} - 1$$

$$\frac{k}{\cos(\alpha - \beta)} = f \times \tan(\alpha - \beta) - 1,$$
(2)

где: $k = \frac{\omega^2 \times R_k}{g}$ – коэффициент кинематического режима катушки.

В (2) коэффициент кинематического режима показывает отношение центростремительного ускорения частицы к ускорению ее свободного падения и может характеризовать критическое значение угловой скорости катушки, при которых частицы удобрения будут скапливаться в межштифтовых пространствах или скатываться, освобождая их.

Выражение (2) можно преобразовать:

$$k = f \times \sin(\alpha - \beta) - \cos(\alpha - \beta);$$
(3)

Очевидно, при $k=1$, центростремительное и свободного падения ускорения равны. Поэтому это состояние катушки можно считать критическим – граничным условием скапливания или скатывания частиц из межштифтового пространства.

Подставим значение $k=1$ в (3):

$$(\alpha - \beta) = 2 \times \left(\frac{\pi}{2} - \varphi \right).$$

Из рисунка видно, что стабильное скатывание частиц по поверхности штифта возможно при:

$$(\alpha - \beta)_{\text{кр}} \leq 2 \times \left(\frac{\pi}{2} - \varphi \right).$$

Из (3) можно определить угловую скорость катушки, при которой частица на штифте будет находиться в предельном состоянии

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R} [f \times \sin(\alpha - \beta)] - \cos(\alpha - \beta)}.$$

Задаваясь конструктивным углом β и углом опорожнения катушки α , при известном коэффициенте трения f можно определить оптимальное значение коэффициента кинематического режима k . Так, если принять:

$$\alpha = \frac{\pi}{2}; f = 0,3; \beta = 20^\circ,$$

то из (3) получаем: $k = 0,3 \times \sin 70 - \cos 70; k = 0,07$

Подставив эти значения в формулу (2) определим: $\omega = 5,2 \text{ с}^{-1}$.

Зная угловую скорость катушки, можно определить число ее оборотов в минуту:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 5,2; n = 49,6 \text{ мин}^{-1}.$$

Литература

1. Nukeshev S., Eskhozhin K., Eskhozhin D., Syzdykov D. Justification of design and parameters of seeding unit for fertilizers. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. Том 39, Выпуск 4. С.1139-1149. <https://doi.org/10.1007/s40430-016-0588-5>

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ СЕПАРАТОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИКОРМОВ

Мирошниченко Я.А., аспирант

Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь

В наше время производство зерновых сталкивается с трудностями, связанными с обработкой урожая сразу после сбора. Это вызвано постоянным ростом стоимости энергоресурсов, что делает сохранение урожая без значительных потерь очень сложной задачей.

Потери зерна из-за несвоевременной обработки могут составлять от 22% до 35%. При этом, оборудование для очистки зерна, которое используется в сельском хозяйстве, устарело как морально, так и физически [1].

Большинство сельскохозяйственных машин изношены на 70-90%. При этом обеспеченность ими крупных и средних хозяйств составляет всего 35%. Малые и фермерские хозяйства не имеют необходимого оборудования.

В таких условиях поиск способов повышения эффективности сепарации зерна при минимальных затратах на капитальные и энергетические ресурсы становится важной задачей. Её решение позволит улучшить качество сепарации зерна и снизить потери [2, 3].

В современном мире развитие технологий в пищевой промышленности основывается на глубоком анализе и учёте различных факторов при проектировании и эксплуатации оборудования. Новые технологии должны соответствовать строгим требованиям.

Проведя анализ существующих на рынке технических решений, мы пришли к выводу, что гравитационные сепараторы являются оптимальным выбором. Они способны разделять продукты исключительно за счёт их потенциальной энергии, без использования движущихся частей. Это делает их простыми в конструкции, экономичными и недорогими [4].

Гравитационные сепараторы идеально подходят для создания модульных и гибких линий, которые можно легко перенастраивать под разные задачи. Их эффективность обеспечивается использованием принципиально новых разделяющих поверхностей, основанных на модели идеального сепаратора. Например, это могут быть просеивающие отверстия в форме щели, ширина которой значительно больше максимального размера частиц.

Такая поверхность проста в производстве и не требует специального дорогостоящего оборудования. Малые фермерские хозяйства могут самостоятельно ремонтировать и восстанавливать рабочие органы сепаратора.

В щелевом гравитационном сепараторе размер частиц определяется шириной щели, что отличается от традиционных плоских ситовых поверхностей. Это обеспечивает более точное разделение продуктов и повышает эффективность процесса сепарации.

В процессе перемещения зерновой смеси по поверхности распределительных решеток происходит разделение частиц по размеру. Более крупные частицы первыми попадают в отверстия решеток, что может привести к их забиванию и снижению эффективности сепарации.

Для предотвращения этого необходимо предварительно разделить исходный материал на фракции по физико-механическим свойствам. Затем каждую фракцию следует подавать в соответствующую зону сита для окончательного просеивания.

Было доказано, что для интенсификации процесса гравитационного сепарирования можно использовать щелевые сепарирующие отверстия. При этом разделяющая поверхность должна иметь продольное сечение в форме кривой брахистохронного свойства. Это позволит увеличить пропускную способность сепаратора.

Такой способ сепарации зерна с помощью поверхностей брахистохронного свойства с щелевыми отверстиями позволяет выделить зерно от крупных до мелких фракций и подать каждую фракцию на отдельную часть сита для окончательного просеивания. Это увеличивает производительность и снижает энергоёмкость процесса за счёт использования гравитационного сепарирования без дополнительных затрат энергии.

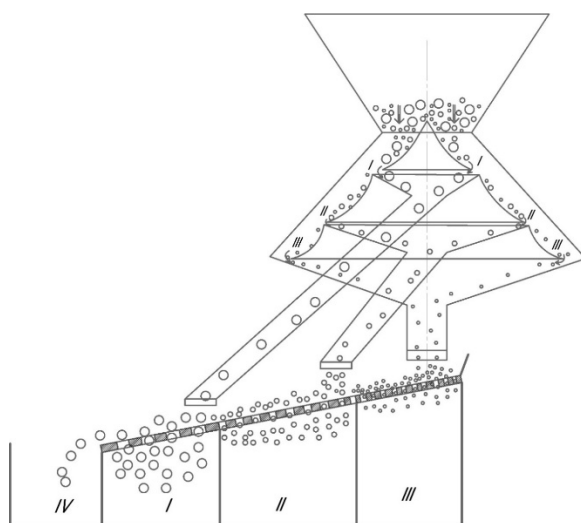


Рисунок 1 – Схема гравитационного сепаратора

На рис.1 приведена схема сепаратора, согласно которой зерновые культуры в воздушном потоке за счет регулировки щелевых зазоров I. II. III сортируются по размерам и попадая на решета проходят окончательную сортировку [5-8].

Одним из самых многообещающих векторов в создании устройств для разделения зерновых культур является использование гравитационных сепараторов. Эти устройства отличаются простотой в эксплуатации, не нуждаются в дополнительных затратах энергии и не требуют частого ремонта.

Публикация выполнена в рамках темы НИР FRRS-2023-0019 государственного задания ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет».

Литература

1. Мачихин С.А. Качество семенного и продовольственного зерна – один из аспектов продовольственной безопасности России / С.А. Мачихин, А.А. Рындин, А.М. Васильев, А.Н. Стрелюхина // Хранение и переработка сельхозсырья, 2018. – №4. – С. 139–146.
2. Васильев А.М. Повышение эффективности процессов сепарирования зерновых смесей на рифленной поверхности / А.М. Васильев, С.А. Мачихин, А.Н. Стрелюхина, А.А. Рындин // Хранение и переработка сельхозсырья, 2018. – № 3. – С. 98-105.
3. Гвоздев А.В. Способ гравитационной сепарации зерна / Т.А. Клевцова, А.В. Гвоздев, Н.А. Старовойт // Техничко-технологическое обеспечение инноваций в агропромышленном комплексе: материалы I Международной научно-практической конференции. – Мелитополь: МГУ, 2022. – С. 160– 163.
4. Гвоздев А.В. Обоснование процесса гравитационной сепарации зерна методом моделирования / А.В. Гвоздев, Т.А. Клевцова, Я.А. Мирошниченко // Вестник аграрной науки Дона, 2023. – Т.16. – №4(64). – С 27–36.
5. Гвоздев А.В. Совершенствование процесса гравитационной сепарации зерна / А.В. Гвоздев, Т.А. Клевцова, Я.А. Мирошниченко // Материалы XV Международной научно-практической конференции. – Москва, 2023. – С 117-124.
5. Авдеев Н.Е. Поиск новых принципов сепарирования / Н.Е. Авдеев, Ю.В. Чернухин, О.Г. Странацко// Вестник ВГУИТ. – 2012. – №3. –С. 24-26. 124
6. Василенко П.М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко: К. Изд-во Украинской академии сельскохозяйственных наук. – 1960. С. 163 – 168.
7. Балданов В.Б. Обоснование основных параметров гравитационного сепаратора для очистки зерна / В.Б. Балданов. – Автореф. дис. на соиск. уч. степ. к.т.н. Улан-Уде. – 2013. 22 с.
8. Клевцова Т.А. Повышение эффективности использования технических средств комбикормового производства методом системного подхода / Т.А. Клевцова, А.В. Гвоздев // Техничко-технологическое обеспечение инноваций в агропромышленном комплексе: материалы I Международной научно-практической конференции. – Мелитополь: МГУ, 2022. – С. 49-52.

УДК 631.8; 631.171

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВУ

Нукешев¹ С.О., д.т.н., профессор, **Романюк² Н.Н.**, к.т.н., доцент,
Танбаев¹ Х.К., PhD, **Бошыманов¹ Б.Б.**, студент

¹ Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана,

² Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Сохранение и повышение плодородия почв остается ключевой проблемой в земледелии любой страны, так как плодородие пахотных почв и состав гумуса ежегодно снижаются. По данным исследований ученых, в Северных областях Казахстана почвы сильно истощены, за более чем полувековой период освоения целины потеряно 1,4 млн тонн гумуса, что составляет 1/3 от исходного состояния. В среднем ежегодные потери гумуса в Казахстане составляют 0,5–1,4 т/га, эти потери особенно усиливаются на эродированных

землях. При этом уровень плодородия уменьшается на слабоэродированных почвах на 30 %, в среднеэродированных – на 50% и сильноэродированных – на 70%.

Проблему поддержания и повышения плодородия почвы можно решить за счет внесения органических, твердых и жидких минеральных удобрений (ЖМУ). В настоящее время не в полной мере разработаны механико-технологические основы внесения ЖМУ в почву при ее глубокой обработке. Поэтому разработка рабочего органа для внутрипочвенного внесения ЖМУ и обоснование его основных параметров является актуальной задачей.

Поставленную задачу можно решить с помощью чизельного рабочего органа для основной обработки почвы и внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений, содержащего вертикальный, наклонный и горизонтальный участки, причем наклонный участок каждой стойки-ножа снабжен спереди съемными лезвиями, а сзади - прямоугольным трехсекционным рассеивателем удобрений, который обеспечивает равномерное распределение удобрений внутри почвы лентой на глубины 60...80, 160...180, 230...250 мм. На наклонном участке стойки-ножа установлены боковые горизонтальные ножи, выполненные из пластины толщиной 10-12 мм. Нижний нож установлен на уровне нижнего конца первого рассеивателя удобрений с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении $N_1=20-40$ мм. Средний нож установлен на уровне нижнего конца второго рассеивателя, с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении $N_2=N_1+30$ мм. Третий верхний нож установлен с вылетом за пределы крепёжной части в заднем направлении на соответственно $N_3=N_2+30$ мм. В боковой торцевой плоскости-грани каждого ножа, которая ближе к стойке, на расстоянии 20-40 мм от задней плоскости-грани ножа высверлено внутрь в направлении перпендикулярном направлению движения агрегата горизонтальное цилиндрическое глухое отверстие диаметром 3-5 мм, образующее так называемую цилиндрическую полость ножа. Глубина полости меньше на 10-30 мм длины ножа, измеренной в направлении перпендикулярном направлению движения агрегата. В задней торцевой поверхности-грани ножа выполнена тонкая глубокая горизонтальная щель-прорезь высотой 0,5-2,0 мм, которая по всей своей высоте пересекается и сообщается с цилиндрической полостью в её верхней части, создавая общую тонкую рабочую зону для плоского равномерного внесения ЖМУ. Горизонтальная щель-прорезь в горизонтальной проекции своим внешним, по отношению к стойке, концом выполнена с закруглением радиусом 80-110 мм и этот конец полости горизонтальной щели-прорези находится на пересечении внешней боковой торцевой плоскости-грани каждого ножа и его задней плоскости-грани. К данным ножам подводятся патрубки для распыления ЖМУ, подсоединенные к цилиндрическим глухим отверстиям диаметром 3-5 мм, образующими цилиндрическую полость.

Чизельный рабочий орган для основной обработки почвы и внутрипочвенного внесения ЖМУ 1 содержит вертикальный, наклонный и горизонтальный участки, долото, причем на наклонном участке каждой стойки-ножа установлены боковые горизонтальные ножи 2, 3 и 4, которые обеспечивают равномерное распределение удобрений внутри почвы лентами на глубине 60...80, 160...180, 230...250 мм, при этом сменные лезвия, закрепленные в наклонной части чизельного рабочего органа на его передней фронтальной стороне выполнены в виде накладки клиновидной формы 7.

Чизельный рабочий орган для основной обработки почвы и внутрипочвенного внесения ЖМУ работает следующим образом.

При обработке почвы долото чизельного рабочего органа вскрывает почву при небольшом сопротивлении, поскольку её ширина составляет 40-50 мм, что объясняется близким к нулю воздействием на наклонную часть чизельного рабочего органа в перпендикулярном направлению движения агрегата плоскости изгибающего момента со стороны почвы вследствие выполнения на расположенной на передней фронтальной стороне наклонной части чизельного рабочего органа накладки клиновидной формы с площадью

обращенной вниз грани в 2,2...2,5 раза меньшей, чем площадь обращенной вверх грани накладки клиновидной формы.

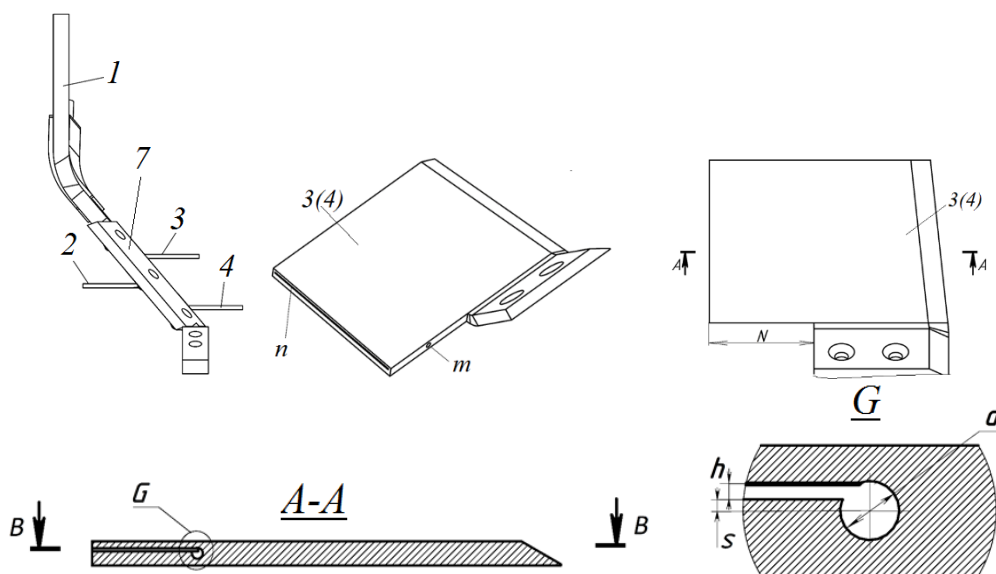


Рисунок 1 – Рабочий орган для внесения ЖМУ

Боковые горизонтальные ножи 2, 3 и 4 разрезают почву на глубинах 60...80, 160...180, 230...250 мм, через патрубки, подсоединенные к цилиндрическим глухим отверстиям диаметром $d=3-5$ мм, образующим цилиндрическую полость m , в эту полость m подаются ЖМУ. Высота $h=0,5-2,0$ мм полости горизонтальной щели-прорези n обеспечивает желаемую толщину и равномерность внесения ЖМУ в след ножа. Жидкость, заполнившая полость горизонтальной щели-прорези n , равномерно поступает в след ножа под определенным давлением, образуя также распыление (пленку) в подпочвенное пространство, образованной ножом полости, смешиваясь частицами почвы. *Flowsimulation* анализы и проведенные эксперименты показали, что кривизна внешнего конца полости горизонтальной щели-прорези n , полученная при $R=80-110^\circ$ мм, способствует плавному гашению инерции потока жидкости и получению равномерной «жидкой пленки» в следе ножа без образования пустой зоны в полости горизонтальной щели-прорези n [1].

Глубина плоской полости и её высота h рассчитаны так, чтобы предотвращать мощную инерцию струи, которая образуется под рабочим давлением в данном малом пространстве. Глубина может быть равной 10-30 мм в зависимости от давления подачи ЖМУ. Это в свою очередь создаёт благоприятное условие для равномерного плоского распыления жидкости через заднюю полость горизонтальной щели-прорези n .

Расстояние $s=1-2$ мм обеспечивает своевременное заполнение цилиндрической полости m в определенных моментах процесса внесения ЖМУ и играет большую роль для снижения давления в концевой части полости горизонтальной щели-прорези n . Диаметр d и высота h зависят от размеров ножа, а также от установленной нормы внесения ЖМУ. При этом объем цилиндрической полости m и горизонтальной щели-прорези n взаимосвязаны. Цилиндрическая полость m , заполняясь в определенных моментах работы полностью, должна обеспечить полость горизонтальной щели-прорези n жидкостью. Глубина цилиндрической полости m определяет объем полости, просверлена с запасом на 10-15 мм после пересечения полости горизонтальной щели-прорези n , чтобы образованная мелкая воздушная подушка в конце не препятствовала работе распылителя. При подаче ЖМУ под определённым давлением, и задаваясь оптимальными значениями параметров внутренней полости, можно получить равномерный распыл и повысить эффективность внутрипочвенного внесения ЖМУ послойным методом.

Литература

1. Nukeshev S., Tanbaev K., Sugirbay A. Performance evaluation of tillage knife discharge microchannel. Acta Technologica Agriculturae 4 Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2022, pp. 169–175. DOI: 10.2478/ata-2022-0025

УДК 636.085.35

ЗНАЧЕНИЕ КОХИИ ПРОСТЕРТОЙ В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Эвиев В.А., д.т.н., профессор, Абушинов Б.Б., магистрант

Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, г. Элиста

Кохия простёртая (Прутьняк, Джузгун) – это источник обеспечения животноводства большой массовой долей белка в виде кормов и сена. В этом случае обеспечение животных подобным кормом имеет важное экономическое значение за счёт содержания в Кохии Простёртой большого количества протеина, клетчатки, кальция, фосфора и жира. Поэтому можно регулировать питательную ценность корма. Использование прутняка в кормлении сельскохозяйственных животных обеспечивает баланс рациона по содержанию белка и позволяет разнообразить кормовую базу.

Животноводство является одной из основных составляющих продовольственного ресурса Калмыцкой Республики. Эта отрасль обеспечивает население разными продуктами, такими как: продукты питания (мясо, молоко, молочные продукты, яйца, сало и т.д.), сырье для легкой промышленности (шерсть, кожа и др.) которые являются дополнительными продуктами животноводства.

Прутьняк отличается высокой засухоустойчивостью, что объясняется целым рядом признаков и свойств, хорошо выраженных у него. Прежде всего устойчивость этого растения против засух определяется его мощной корневой системой, отличающейся большим простираем в глубь и в боковые стороны.

В таблице 1 представлены сравнительные показатели содержания полезных веществ в сене Прутьняка, Люцерны и Суданской травы, полученные в результате экспериментов, проведенных на опытном поле Калмыцкого государственного университета им. Б.Б. Городовикова

Таблица 1 – Выход витаминов и минеральных веществ с 1 га посевов кормовых культур

Культура	Выход с 1 га				Урожайность, т/га
	Облиственность, %	Клетчатка, %	Протеин, %	Жиры, %	
Кохия Простёртая (прутьняк) на болгаре	48-55	26-31	15,5	2,8-3,5	1,09-1,18
Люцерна на поливе	48-50	18-25	10-12	0	0,8-1,1
Суданская трава на орошении	47-51	69,1	9-12	45,7	0,54-0,85

Таким образом Кохия Простёртая имеет преимущества в условиях Республики Калмыкии перед Люцерной на поливе и Суданской травой на орошении. В ней содержится клетчатки больше по отношению с Люцерной на поливе в 1,24 раза больше, а для Суданской травы на орошении в 0,44 раз меньше. Так же при рассмотрении отношения содержания протеина Кохия Простёртая имеет преимущество над Люцерной на поливе в 1,29 раз больше, а над Суданской травой на орошении в 1,29 раз. Урожайность её в 1,07 раз больше от Люцерны на поливе и в 1,38 раз больше от Суданской травы на орошении.

Особая ценность таких кормов из прутняка для животноводства определяется высоким содержанием практически всех видов витаминов необходимых для нормальной жизнедеятельности животных.

Неоспоримыми преимуществами прутняка по сравнению с другими кормовыми травами являются:

1. Возможность возделывания без полива в условиях аридного климата.
2. Высокое содержание в зелёной массе и сене протеина и клетчатки.

Заключение

Таким образом, возможный потенциал этих растений дают основания утверждать, что Прутняк может использоваться в качестве разнообразия в кормовую базу животноводческой отрасли Калмыкии не только как пастбищный корм, но и как страховой корм на зиму в виде прессованного сена.

Литература

1. Шамсутдинов Н. З. Ксерогалофильный кормовой полукустарничек кохия простёртая и селекция её сортов для фитомелиорации аридных пастбищ / Н. З. Шамсутдинов, Г. К. Кенжегалиев. - Алматы : Каз. науч. иссл. ин-т жив-а и корм-ва, 2019.
2. Бегучев П. П. ПРУТНЯК (ЗУЛТРГАН) - ЦЕННАЯ КОРМОВАЯ КУЛЬТУРА В КАЛМЫКИИ / П. П. Бегучев, И. П. Леонтьева, - Элиста : Калмыцкое книжное издательство, 1960.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЙ (СМТ) ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ДО 2035 ГОДА И НА ПЕРИОД ДО 2050 ГОДА

Горгодзе А.Р.

Союз промышленников «Прогресс», г. Москва

Что есть система машин, и для каких целей её создавали и обновляли? В первую очередь – это комплексный развёрнутый справочник и нормативный документ одновременно.

В основе этого документа всегда стояло понятие «ТИПАЖ», как совокупность научно-обоснованных параметров машин. То есть в типаже может быть множество моделей и марок техники, объединяемых общими показателями назначения.

Для примера проиллюстрируем из известного учебника структуру тракторного парка по тяговым классам и назначению, в соответствии ГОСТ 27021-86 (рис. 1).

Исторически, необходимость описания типажей машин и систематизации в единый документ сложилась на рубеже 40-50 годов прошлого столетия. Быстро развивающемуся государству требовалось расширение ассортимента потребляемых продуктов, что влекло за собой создание и освоение интенсивных технологий в сельскохозяйственном секторе. Парк машин был очень разномарочный. Жизненно важно стало создание и освоение собственных агротехнологий, основывающихся на собственных машино-тракторных комплексах, адаптированных ко всем почвенно-климатическим условиям большой страны.

Таким образом, большой труд, под сокращённым названием «Система машин» являлся документом, определяющим научно-технологическую политику государства.

В СССР система машин разрабатывалась для всех республик и являлась одним из главных документов, определявших техническую политику и перспективы развития с/х машиностроения. Постепенно она утрачивала значение по мере возникающих рыночных отношений.

В Российской Федерации система 1995 года, несмотря на привязку технических средств к технологическим системам, также строилась на принципах директивности. Но и это не подняло престиж такого нормативного документа.

Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве

0.2	0.6	0.9	1.4	2	3	4	5	6 (10)	15	25	35									
10 12	24	28	50	75-80	50-60	75-90	110-120	150	130	150-170	200	280-300	140-160	180	220	300	330	500		
0.35	1.5	2.4	2.8	3.4	6.0	6.3	6.4	8	11	11.5-13	15	15-18	27	25-27	35					
Сельскохозяйственные										Промышленные										
Ездовой 3х2																				
	Универсально-пропашной				Секловодческий				Общего назначения				Общего назначения							
Ездовой 4х2																				
	Самоеходное шасси		Универсально-пропашной повышенной проходимости, 4х4		Виноградный		Болотоходный		Общего назначения			Болотоходный	Мелиоративный							
Пешеходный																				
	Самоеходное шасси для чайных плантаций		Хлопководческий		Портальный виноградный		Крутосклонный		Мелиоративный			Общего назначения	База под трубоукладчик		База под трубоукладчик		База под трубоукладчик			
Ездовой 4х4																				
	Горное самоеходное шасси		4х2, 4х4						Общего назначения		База под погрузчик		База под погрузчик		База под погрузчик		База под погрузчик			
	Высоклиренсный для питомников		Низклиренсный для работы в горной зоне		Крутосклонный		Садовый		Трелевочный		Для работы со скрепером и др. орудиями		Трелевочный		Трелевочно-транспортный					
			Лесохозяйственный 4х4		Лесохозяйственный		Трелевочный с гидроманипулятором		Для работы с погрузчиком		Валочно-трелевочная машина									
					Трактор-амфибия для лесосплава		Трелевочно-транспортный													
					Лесохозяйственный															

Колёсная формула:
4х4 — все колёса ведущие,
4х2 — два ведущих колеса
3х2

Базовые модели Модификации

Рисунок 1 – Типаж тракторов на 1971-80:

P — тяговое усилие, тс; N — эффективная мощность двигателя трактора, л. с.; G — масса трактора, т

К примеру, последняя СМТ в Российской Федерации, 2012 года была востребована Минпромторгом и получила признание, однако, с 2020 года утратила статус нормативного документа и не актуализировалась. При этом надо отметить, что в Республике Беларусь, в настоящее время, утверждена Система машин для реализации перспективных технологий производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь на 2021-2026 годы и на период 2030 года.

Необходимость документа обусловлена тем, что для научно-обоснованного принятия решений по государственной поддержке тех или иных машин, требуется наличие технико-технологических требований, которым должны соответствовать показатели назначения этих машин, орудий и агрегатов. Так как, на сегодняшний день, например, нормы, предусмотренные Постановлением Правительства РФ №740, опираются на требования стандартов сорокалетней давности и не учитывают требования к таким машинам, как тракторы выше пятого тягового класса.

Функционально СМТ должна стать нормативно-информационным документом, оптимизирующим типаж техники на рынках Беларуси и России, и регулирующим программу разработки машин.

Группы требований к технике, включаемой в СМТ, следует подразделить:

- на нормативные, обязательные к исполнению всеми участниками ее разработки (наукой, КБ), производителями машин и их потребителями, посредниками и надзорными органами;

- информационные, рекомендуемые к исполнению.

Обязательными условиями СМТ являются государственные требования по безопасности машин с гармонизацией параметров безопасности с мировыми требованиями.

Информационная функция СМТ позволит обосновано прогнозировать какие параметры техники и для каких технологий будут в будущем востребованы, а также «отраслевые» требования по взаимоувязке параметров машин при их агрегатировании, что придаст СМТ функцию «сборочного цеха» для оптимального агрегатирования машин при выполнении агротехнологий.

Организационно необходимо согласовать следующие предложения:

- целесообразно разрабатывать СМТ на период до 20 лет с возможностью корректировки по пятилеткам;
- гармонизировать с типажом машин, производимых транснациональными компаниями сельхозмашиностроения и рекомендованных на рынок стран Союзного государства;
- трансформировать в машинно-технологическую систему (СМТ), имея в виду первенство технологий в построении системы техники;
- утвердить соответствие машинно-технологической системы ландшафтным и экономическим параметрам агрозон, районирование комплекса машин с учетом почвенно-климатических условий. Кроме того, обеспечить привязку каждого типа машины к технологической операциям и агрегатированию с определенным тяговым классом трактора. Установить типаж машин, соответствующие техническим требованиям для каждой агрозоны;
- цифровизация СМТ для вывода необходимой информации по отдельным типажам технических средств, включая экономическую и технологическую обоснованность данной позиции;
- принятие нормативно-правовой базы и комплекса мер государственной поддержки для сельхозмашиностроительных предприятий, выпускающих технику, включенную в СМТ.

На основании изложенного можно сделать следующие предложения:

- разработать СМТ, как постоянно актуализируемый источник научно-обоснованных требований, предъявляемым государствами к показателям назначения машин и научной основой для принятия стандарта, аналогичного техническим регламентам, как, например, стандарт одобрения типа машин в автомобильной промышленности.
- признать СМТ информационно-нормативным документом, представляющий интересы потребителей и сельхозмашиностроителей в Союзном государстве.

Заказчиком этой работы, по нашему мнению, может выступать Постоянный Комитет Союзного государства.

Литература

1. Конструкция, основы теории и расчет тракторов [Учебник для техникумов по специальности 0534 "Тракторостроение"]. — Москва : Высш. школа, 1971. — 431 с. черт.; 26.;
2. Годжаев З. А., Лавров В. А. Горгодзе А. Р. Система машин как главный аспект сельхозмашиностроения Союзного государства. Сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства») №57, с.254, - Минск, РУП «Издательский дом «Беларуская навука», 2024.

УДК 635.15

ЗНАЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ГРЯД И ГРЕБНЕЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВОЩНЫХ КОРНЕПЛОДОВ

Зыкун А.С., Чеботарев В.П., д.т.н., профессор

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Каждая овощная культура для своего нормального развития требует определённой структуры почвы с оптимальными водно-физическими и температурными показателями. Это влияет не только на максимальную продуктивность отдельных растений, но и на суммарную урожайность всех посадок. В связи с этим возникает проблема создания такой структуры почвы, чтобы обеспечить необходимые водно-физические и температурные показатели для достижения вышеуказанных результатов.

Обработка почвы – это одна из важнейших операций в общей технологии возделывания любой сельскохозяйственной культуры. Она значительно влияет как на урожайность культуры, так и на плодородие почвы. Ввиду того, что в республике в различных видах овощеводства возделывается более 60 видов овощных культур, которые заметно различаются между собой по требованиям к плодородию почвы, а также водно-физическим и температурным показателям, то это требует использования различных способов возделывания, в том числе размещения культур на ровной или профилированной поверхности почвы, посадку и посев по различным схемам. Использование этих технологий требует как значительных материальных и трудовых затрат, так и широкой номенклатуры технических средств [1].

Традиционно большая часть овощных культур возделывается на ровной поверхности почвы. Известно, что при таком способе возделывания после сильных осадков почва сильно уплотняется, образуется почвенная корка, особенно это проявляется на среднетяжелых почвах. Это ведёт к тому, что ухудшаются её физико-механические свойства, в почве снижается содержание кислорода, что впоследствии неблагоприятно отражается на развитии надземной части и корневой системы растений. В уплотнённую почву плохо проникают осадки и при этом они быстро испаряются. В рыхлой же почве поступившие осадки накапливаются и удерживаются длительное время, а природный водный потенциал используется наиболее эффективно.

Как показывает мировой и отечественный опыт, наиболее эффективно выращивать овощные корнеплоды на профилированной поверхности почвы – грядках и гребнях. Это даёт увеличение плодородного слоя в зоне расположения корневой системы растений, повышает прогреваемость и аэрацию почвы ранней весной, исключает её избыточное увлажнение при сильных осадках, приводит к снижению дозы внесения минеральных удобрений. На профилированной поверхности появляется возможность увеличить производительность и точность вождения при междурядной обработке растений за счет использования направляющей колеи. Кроме того, уборка корнеплодов комбайном на гребнях и грядках осуществляется значительно легче. Некоторые учёные отмечают, что в начальный период вегетации на гребнях прорастают сорняки быстрее, чем на ровной поверхности. Это даёт возможность их уничтожить ещё до появления всходов корнеплодов. Использование гряд и гребней при возделывании овощных корнеплодов позволяет получить большее количество собранных корнеплодов с единицы площади, а также повысить стандартность и массу корнеплода.

Большинство учёных считают, что для возделывания овощных корнеплодов профиль поперечного сечения и гряды, и гребня должен быть близок к трапеции. Различия между грядой и гребнем заключаются в геометрических размерах ширины и высоты трапеции. В разных странах в зависимости от технологии возделывания и вида овощной культуры существуют свои рекомендации к размерам профиля гряд и гребней.

В Канаде для возделывания овощных культур применяют гряды с шириной у основания – 180...160 см, в Болгарии – 160 см, в Германии – 125 см, в США – 100...50 см. Высота гряды обычно составляет – 20...25 см. В Беларуси наиболее часто используют гряды с шириной 140 см и высотой 20 см (рисунок 1).

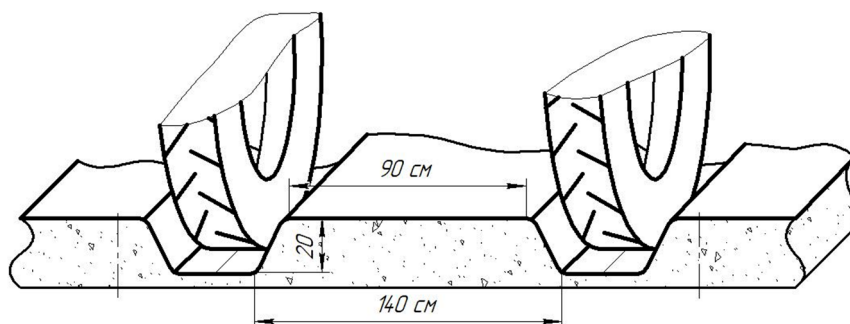


Рисунок 1 – Схема размеров гряды для возделывания овощных культур

Рекомендованные размеры гребней несколько отличаются от гряд: высота профиля гребня – 15...25 см, ширина верхней части – 20...25 см, угол наклона боковой поверхности 50...55°.

В Беларуси используется технология, согласно которой овощные культуры возделываются на гребнях с шириной верхней части 20 см, нижней – 40 см и высотой – 18-20 см (рисунок 2) [2] Авторы этой технологии для обозначения гребней используют термин – «узкопрофильные гряды».

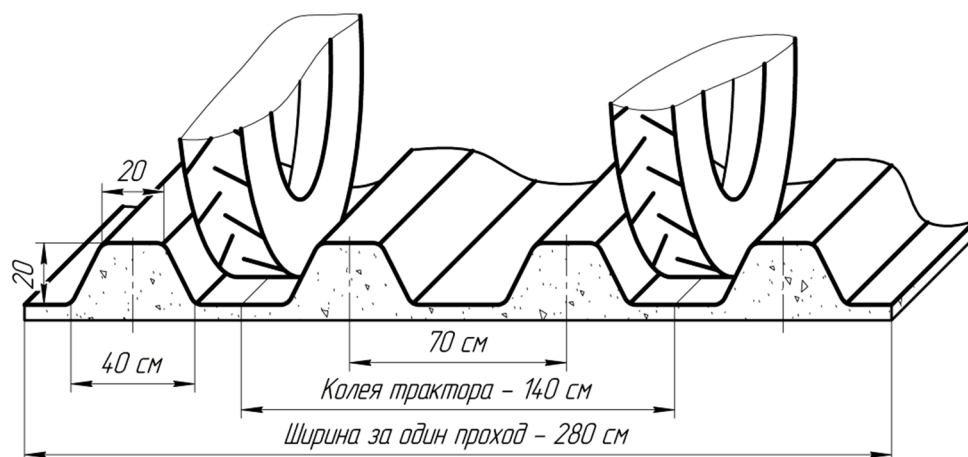


Рисунок 2 – Схема размеров гребней для возделывания овощных культур

По исследованиям РУП "Институт овощеводства Национальной академии наук Беларуси" [3] в гребнях высотой 15 см в соответствующих по уровню слоях плотность ниже на 0,8, 0,9 и 1,2 кг/см², чем на ровной поверхности. В процентном соотношении эта разница составляет 50, 43 и 46 % соответственно, что является существенным показателем. То есть, применение гребней приводит к значительному снижению плотности почвы в верхнем слое в период вегетации. Температура почвы также заметно отличается. В гребне по слоям сверху вниз она выше на 1, 4,9 и 3,6 °С соответственно, чем на ровной поверхности. В процентном соотношении – это прирост на 3,3, 21, 17 % соответственно. Влажность почвы в гребне высотой 15 см по слоям сверху вниз ниже на 1,8, 2,2 и 3,4 %, чем на ровной поверхности в соответствующих по уровню слоях.

Таким образом, установлено, что применение гребней в технологиях возделывания овощных корнеплодов приводит к снижению плотности почвы по слоям в среднем на 46%, повышению температуры на 14 %, снижению влажности на 20 %, то есть, для возделывания овощных и других культур наиболее пригодны и предпочтительны гребни как по водно-физическому, так и по температурному состоянию почвы.

Литература

1. Современные технологии производства овощей в Беларуси / А. А. Аутко [и др.]. - Молодечно.: тип. "Победа", 2005. - 272 с.: ил.
2. Приоритеты современного овощеводства./ А.А.Аутко, Г.И.Гануш, Н.Н.Долбик. – Мн.: УП Технопринт, 2003. – 157 с.
3. Технологии возделывания овощных, бахчевых культур, картофеля, пряно-ароматических и лекарственных растений / А. А. Аутко [и др.] ; под общ. ред. А. А. Аутко / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2021. – 615 с.

УДК 631.332.7

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПОЧНО-ЛОЖЕЧНОГО
ВЫСАЖИВАЮЩЕГО АППАРАТА КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКИ****Никулин А.В.**, к.т.н., **Кошелев Р.В.**, к.т.н., доцент,**Тихонов А.А.**, к.т.н., доцент, **Разживин Е.И.**, магистр,**Леващук А.В.**, магистр, **Конин В.В.**, магистр, **Спиридонов Д.О.**, магистр

Нижегородский государственный агротехнологический университет, г. Нижний Новгород

Важным аспектом в возделывании любой культуры является качественное и своевременное проведение операций посева или посадки. Отклонение от агротехнических требований ведет к снижению урожайности культур и как следствие уже на начальном этапа нет возможности полноценной реализации биологического потенциала культуры [1, 2].

В современных условиях производства картофеля для посадки клубней нашли широкое применение машины для посадки клубней картофеля с высаживающими аппараты элеваторного типа. Высаживающий аппарат представляет собой ремень или цепь (цепи), на специальных звеньях которых расположены ложечки. Ложечки могут быть расположены в один или несколько рядов.

Технологический процесс перемещения клубней картофеля высаживающим аппаратом в борозду, открываемую сошником, протекает следующим образом: ложечка проходит слой клубней в питательном ковше картофелесажалки, в котором постоянно поддерживается требуемый уровень клубней, поступающих из бункера, захватывает клубень и транспортирует его. После огибания верхней звездочки (шкива) клубень падает на дно впереди идущей ложечки и ограниченный в пространстве кожухом и дном ложечки транспортируется до нижней звездочки (шкива). При достижении зазора между кожухом и ложечкой достаточного для прохождения клубня он падает на дно борозды. Согласно исследованиям ученых Нижегородской ГСХА Вольникова А.И. и Никулина А.В. [1,3] частота посадки цепочно-ложечного высаживающего аппарата при слое клубней 15-25 см и пропусках в пределах агротехнических требований для фракции 50-80 г не должна превышать 4,9 кл./с, что соответствует при густоте посадки 50 тыс. кл./га скорости движения агрегата 5,04 км/ч. При оборудовании питательного ковша высаживающего аппарата подвижным клапаном оптимальная частота посадки по критерию пропусков клубней картофеля ложечками высаживающего аппарата повышается до 5,2-6,75 кл./с, что потенциально может повысить его производительность до 35%. Однако конструкция штатных цепочно-ложечных высаживающих аппаратов картофелесажалок белорусского производства Л- 201, Л202, Л-207 при данных скоростных режимах не обеспечивает количество повреждений клубней картофеля в пределах агротехнических требований, которые не должны превышать 3% [4].

На клубень, находящийся в ложечке, при движении ее на ведомой звездочке при угле поворота 90° действуют сила инерции $F_{\text{и}}$ и сила тяжести $F_{\text{г}}$. Дифференциальное уравнение движения клубня в момент начала перемещения по ложечке имеет вид:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \omega^2 (R + r) - g \cdot \cos\varphi. \quad (1)$$

где ω – угловая скорость ведомой звездочки, с^{-1} ;

R – радиус ведомой звездочки, м;

$r = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}$ – приведенный радиус клубня (где a, b, c – геометрические размеры клубня), м;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; φ – угол поворота ведомой звездочки, м.

Движение клубня по оси X возможно в том случае, если:

$$\omega^2 (R + r) > g \cdot \cos\varphi, \quad (2)$$

Откуда

$$\omega > \sqrt{\frac{g * \cos\varphi}{R + r}}. \quad (3)$$

Дифференциальное уравнение движения клубня по оси Y:

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = mg * \sin\varphi, \quad (4)$$

Движение клубня по оси Y возможно в том случае, если:

$$g * \sin\varphi > 0, \quad (5)$$

т.е. при $\varphi > 90^\circ$ клубень будет иметь ускорение по оси Y. Частота высадки (на одну цепь) определяется по формуле:

$$v = \frac{\omega R}{4t} \quad (6)$$

где t – шаг цепи.

Из формулы (2) следует, что радиус ведомой звездочки составит

$$R \geq \frac{g * \cos\varphi}{\omega^2} - r, \text{ м} \quad (7)$$

Результаты расчетов необходимого радиуса ведомой звездочки для посадочной фракции клубней картофеля (50-80 г.) в зависимости от допустимого скоростного режима работы высаживающего аппарата представлены графически на рисунке 1.

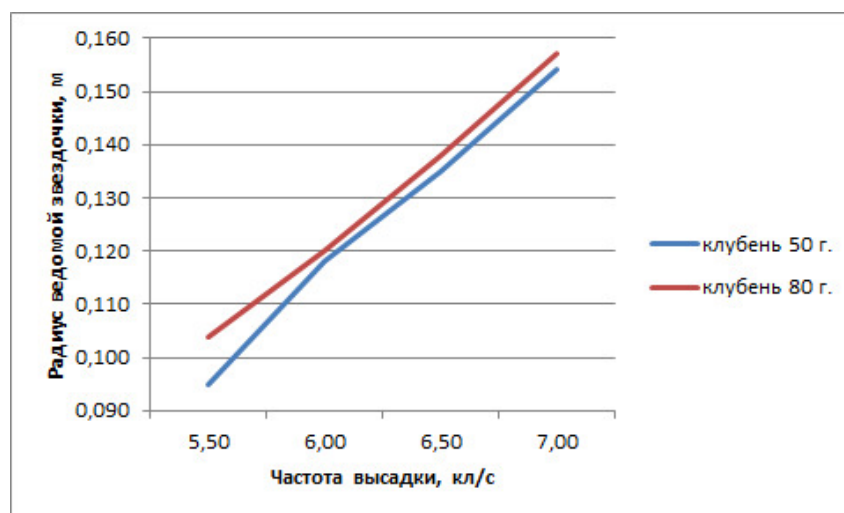


Рисунок 1 – Минимальный радиус ведомой звездочки

Проведенные теоретические исследования показали, что необходимо увеличивать диаметр ведомой звездочки, штатная звездочка ($z=11$) не обеспечивает условие движения клубня без отрыва от ложечки при огибании ведомой звездочки, что приведет к повышенному повреждению клубней картофеля.

На основании теоретических исследований согласно ГОСТ 592-81 «Звездочки для пластинчатых цепей методы расчета и построения профиля зубьев. Предельные отклонения» [5] были рассчитаны параметры для построения профиля зуба звездочки.

Для расчетов приняли максимально возможное число зубьев звездочки ($z=13$), обеспечивающее возможность ее монтажа без изменения конструкции рамы высаживающего аппарата. На основании расчетов была создана 3d модель звездочки (рисунок 2)/

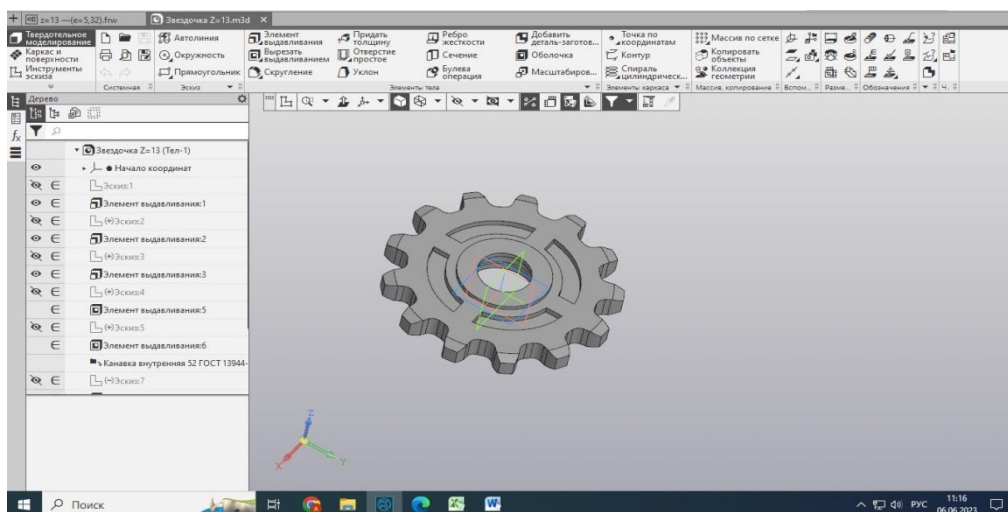


Рисунок 2 – 3D модель ведомой звездочки $Z=13$

По построенной модели были напечатаны 2 звездочки из полимерных материалов на 3d принтере. Изготовленные звездочки были смонтированы на лабораторной установке (рисунок 3).



Рисунок 3 – Монтаж звездочки на лабораторной установке

При монтаже разработанных звездочек было установлено, что конструкция аппарата позволяет обеспечить натяжение обеих цепей при условии установки на одной цепи звездочки $z=13$, а на второй штатной $z=11$. Натяжение осуществлялось штатным натяжным устройством и разной регулировкой пружин механизма встряхивания.

Установка одновременно и штатной звездочки и звездочки с увеличенным числом зубьев позволила нивелировать влияние различных факторов на количество повреждений клубней картофеля и повысить чистоту эксперимента.

Лабораторные испытания базового и модернизированного высаживающих аппаратов подтвердили результаты теоретических исследований. Частота посадки цепочно-ложечного высаживающего аппарата картофелесажалки при повреждениях в пределах агротехнических требований не должна превышать 5,7 кл/с. Частота посадки высаживающего аппарата с увеличенными ведомыми звездочками при повреждениях в пределах агротехнических требований, достигает 6,62 кл/с.

Литература

1. Никулин, А.В. повышение качества посадки клубней картофеля с обоснованием параметров цепочно-ложечного высаживающего аппарата/ дис. кан. тех. наук. А.В. Никулин: Пенза – 2012.
2. Туболев, С.С. Машинные технологии и техника для производства картофеля / С.С. Туболев, С.И. Шеломенцев, К.А. Пшеченков, В.Н. Зейрук. – М.: Агрспас, 2010. – 316 с.
3. Никулин А.В. Расчет конструкции модернизированного высаживающего аппарата картофелесажалки / А.В. Никулин, Р.В. Кошелев, А.А. Лагун, А.В. Степанов, А.А. Каштанов // Сельский механизатор. – М.: 2022 № 12, с. 15.
4. ГОСТ 28306-2018 Техника сельскохозяйственная МАШИНЫ ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОФЕЛЯ Методы испытаний. – Москва: Стандартинформ, 2019 – 28 с.
5. ГОСТ 592-81 Звездочки для пластинчатых цепей методы расчета и построения профиля зубьев. Предельные отклонения. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002 – 16 с.

УДК 635.1

ЗНАЧЕНИЕ ОВОЩНЫХ КОРНЕПЛОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Зыкун¹ А.С., Чеботарев¹ В.П., д.т.н., профессор, Карбанович² Т.М., к.б.н.

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,

²Управление картофелеводства, плодоовощеводства, агрохимии и защиты растений
Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, г. Минск

Производство овощной продукции является одной из важнейших составляющих продовольственного ресурса Республики Беларусь. Эта отрасль поставляет растительные продукты, обладающие ценными питательными и целебными свойствами, которые имеют большое значение для обеспечения полноценного рациона питания людей. Овощи содержат в легкоусвояемой форме все основные энергосодержащие вещества: углеводы, белки и жиры. Кроме того они содержат высокое количество основных видов витаминов для нормальной жизнедеятельности организма человека (А, В и С), отличаются богатым содержанием минеральных веществ, содержат различные ферменты, фитонциды, органические кислоты, эфирные масла, богаты микроэлементами (марганец, молибден, йод, бор, цинк медь и др.) [1].

Всемирная организация здравоохранения считает одним из основных принципов здорового питания человека – употребление в пищу именно овощей и фруктов (кроме картофеля) в количестве – не менее 400 г в день [2], что составляет 146 кг в год. В Республике Беларусь Советом Министров утверждена своя рациональная норма потребления овощей, бахчевых культур и продуктов их переработки – 124 кг в год на одного человека [3].

Опираясь на рациональные нормы потребления овощей, численность населения республики и естественную убыль в ходе реализации, Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2021-2025 годы определены целесообразные объёмы валового производства овощной продукции к концу 2025 г. в объёме 1,9 млн. тонн в

хозяйствах всех категорий, из них в общественном секторе – 0,6 млн. тонн. Площадь сева овощей в открытом грунте – 14,8 тыс. га при средней урожайности 335 ц/га [4].

Многолетняя производственная практика и изучение адекватности биологии овощных растений природным условиям Беларуси дают основание утверждать, что на территории республики можно продуктивно выращивать овощные корнеплоды – морковь столовую, свеклу столовую, репу, редьку, редис, брюкву, дайкон, а также капустные, луковые, зеленные культуры и другие – всего 60-65 видов растений, в том числе в промышленном овощеводстве – до 25 культур [1].

Среди овощных корнеплодов наибольшую ценность и значимость представляют морковь столовая и свёкла столовая, кроме того, эти культуры относятся к социально-значимым продуктам республики.

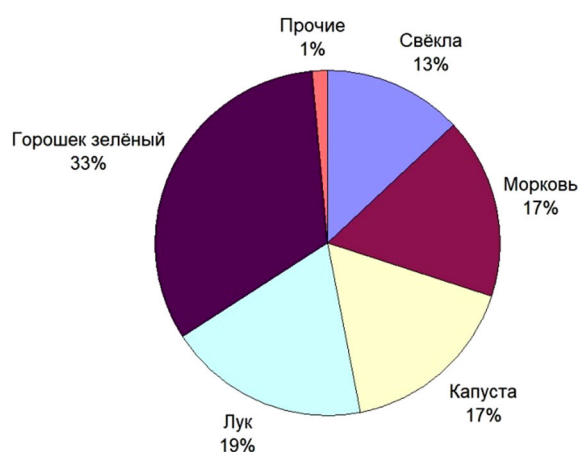
Общий объём занимаемых площадей под овощные культуры в республике по данным Министерства статистики Республики Беларусь представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Посевные площади овощных культур по всем категориям хозяйств, тыс. га

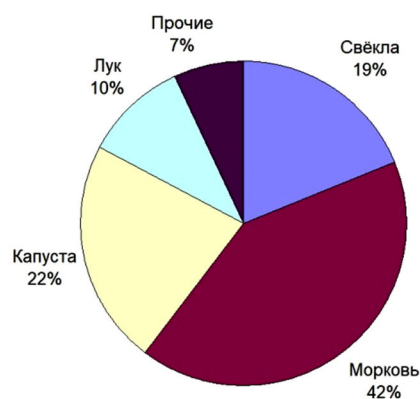
Категория хозяйства	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее значение	Соотношение, %
Сельскохозяйственные организации	5,6	5,0	4,8	4,7	4,0	4,8	5,0
Крестьянские (фермерские) хозяйства	11,0	9,7	9,9	10,7	10,0	10,3	10,7
Хозяйства населения	85,3	82,5	80	78	77	80,6	84,3
Всего	101,9	97,2	94,7	93,4	91	95,6	100

Из таблицы 1 видно, что по республике в общем объёме занимаемых площадей преобладают посевные площади хозяйств населения – более 84 %. Доля площадей в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах значительно меньше. Это говорит о высоком спросе на овощные культуры со стороны населения республики, высоком их значении и недостаточном внимании со стороны сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств.

В сельскохозяйственных организациях по данным Министерства сельского хозяйства Республики Беларусь в общем объёме занимаемых площадей преобладают: зелёный горошек – 33 %, лук репчатый – 19 %, капуста – 17 %, морковь столовая – 17 %, свёкла столовая – 13 %. На прочие культуры (огурцы и томаты) приходилось чуть более 1 % посевных площадей (рисунок 1, а).



а) сельскохозяйственные организации



б) крестьянские (фермерские) хозяйства

Рисунок 1 – Структура посевных площадей под овощными культурами за 2019-2023 гг.

Суммарное среднее значение площадей основных корнеплодных культур (морковь и свёкла) в сельскохозяйственных организациях за 2019-2023 гг. – составляет 1345 га, что составляет 30 %, то есть почти 1/3 часть от общих площадей (4513,8 га). В крестьянских (фермерских) хозяйствах посевные площади под основные овощные корнеплоды значительно превышают аналогичные в сельскохозяйственных организациях – 6240 га, это составляет более 60%, то есть почти 2/3 части от общих площадей (10300 га) (рисунок 1, б). С одной стороны это говорит о важности и высокой значимости овощных корнеплодов с точки зрения получения прибыли от реализации и потребления для собственных нужд, с другой стороны наблюдается заметный дисбаланс по отношению к другим овощным культурам. Производство овощей в хозяйствах населения достаточно трудно поддаётся учёту и носит непредсказуемый характер, но при этом занимает наибольшую долю по посевным площадям в сравнении с сельскохозяйственными организациями и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами.

По данным Министерства сельского хозяйства Республики Беларусь среднее значение валового сбора основных корнеплодных культур в сельскохозяйственных организациях за 2019-2023 гг. составляет 38,4 тыс. т – это чуть менее 20 % от общего среднегодового объёма производства всех овощей сельскохозяйственными организациями республики – 200,4 тыс. т. Среднее значение валового сбора основных корнеплодных культур в крестьянских (фермерских) хозяйствах за 2019-2023 гг. составляет 242,2 тыс. т – это 64 % от общего среднегодового сбора – 379,4 тыс. т, это значительно больше, чем в сельскохозяйственных организациях, что говорит о более высоком спросе и значимости на данный вид овощной продукции в этом секторе.

Таким образом, так как бóльшая часть производства овощных корнеплодов, как одних из важнейших овощных культур и социально-значимых продуктов республики, сосредоточена в крестьянских (фермерских) хозяйствах и в хозяйствах населения, можно утверждать, что в сельскохозяйственных организациях производству овощных корнеплодов необходимо уделять больше внимания.

Литература

1. Современные технологии производства овощей в Беларуси / А. А. Аутко [и др.]. - Молодечно.: тип. "Победа", 2005. - 272 с.: ил.
2. Здоровое питание [Электронный ресурс] // ВОЗ. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>. – Дата доступа: 30.03.2024.
3. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 дек. 2017 г., № 962 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21700962>. – Дата доступа: 30.03.2024.
4. О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2021–2025 годы и внесении изменений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 декабря 2023 г. № 952 [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февраля 2021 г., № 59 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: 30.03.2024. <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059>. – Дата доступа: 30.03.2024.

УДК 631.348

**ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПАДЕНИЯ КАПЕЛЬ ПРИ
ВНЕСЕНИИ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ ПЕСТИЦИДОВ ШТАНГОВЫМИ
ОПРЫСКИВАТЕЛЯМИ****Крук¹ И.С.**, к.т.н., доцент, **Гордеенко² О.В.**, к.т.н., доцент, **Гантулга³ Г.**, к.т.н., профессор, **Лхагвасурэн⁴ Л.**, к.т.н., **Тиунчик¹ А.А.**, к.ф.-м.н., доцент, **Анищенко¹ А.А.**¹Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск,²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки,³Монгольская академия аграрных наук,⁴Монгольский государственный аграрный университет, г. Улан-Батор

Моделированию процесса движения капель жидкости в различных средах посвящено большое количество работ. Исследования движения капель в воздушной среде позволяют определить скорость и координаты падения на обрабатываемую поверхность, обосновать конструкцию, размеры, оптимальные режимы работы и параметры установки распылителей, что особенно важно на стадии проектирования конструкций распылителей полевых опрыскивателей.

Однако существующие модели могут в разной степени использоваться для описания закономерностей и определения кинематических параметров падения капель рабочих растворов пестицидов. Моделирование движения капель пестицидов в воздушной среде является сложным процессом, так как механизм их падения сложен и многообразен. Капля, оторвавшись от выброшенной из сопла распылителя струи жидкости, обладая запасом кинетической энергии, замедленно движется под действием силы тяжести и силы сопротивления воздушной среды. Спустя некоторое время, когда эти силы взаимно уравновесятся, она достигает конечной скорости, и движется по определенной траектории в направлении обрабатываемой поверхности, параметры которой определяются начальными условиями истечения жидкости из сопла и состоянием окружающей среды (влажность, температура и восходящие потоки воздуха, наличие ветра) [1-3]. Испарение капель в условиях полевого опрыскивания – сложный физический процесс. Он происходит на трех этапах полета капель: при формировании факела распыленной жидкости, при их падении и осаждении и во время нахождения на поверхности обрабатываемого объекта. Опытами установлено, что при тонком распыле процесс испарения идет значительно быстрее, чем при крупном, так как меньшие капли обладают большей удельной поверхностью. На скорость и время падения капель влияют температура и влажность воздуха, воздействие направленных воздушных потоков, в том числе и ветра, а также высота установки распылителя по отношению к обрабатываемому объекту [1-3]. Использование воды в качестве растворителя активного вещества препарата приводит к тому, что капли диаметром 100 мкм при температуре 32°C, влажности воздуха 46 % и скорости ветра 1...2 м/с теряют от испарения 50 % массы [1]. Кроме этого, следует отметить особенную сложность проведения экспериментальных исследований в постоянно изменяющихся условиях и поддержании постоянных параметров окружающей среды.

Исходя из цели проводимых исследований, могут быть приняты следующие расчетные модели процесса падения капель пестицидов:

– полет капель осуществляется под действием сил тяжести без учета сил воздействия окружающей среды;

– полет капель осуществляется под действием сил тяжести в неподвижной сопротивляющейся окружающей среде без учета изменения массы и геометрических размеров капель;

– полет капель осуществляется под действием сил тяжести в неподвижной сопротивляющейся окружающей среде с учетом изменения массы и геометрических размеров капель;

– полет капль осуществляется под действием сил тяжести в подвижной сопротивляющейся окружающей среде без учета изменения массы и геометрических размеров капль;

– полет капль осуществляется под действием сил тяжести в подвижной сопротивляющейся окружающей среде с учетом изменения массы и геометрических размеров капль.

Обычно при моделировании принимается оптимальный диаметр капль пестицидов, определяемый из агротехнических условий с учетом предельного порога сноса препаратов за пределы обрабатываемой поверхности, испарения и удерживаемости на обрабатываемом объекте. Также обосновано могут быть приняты следующие исходные предпосылки: расчетная форма капли в виде шара; возможности использования (на различных этапах исследований) подвижных и неподвижных осей координат; силы сопротивления полету капль в воздушной среде пропорциональны квадрату скорости и зависят от ряда параметров воздуха и жидкости.

Рассмотрим процесс моделирования на примере исследований закономерностей движения капли пестицида в идеальных условиях [4] (отсутствие воздействия окружающей среды, капля на протяжении всего полета не меняет своей формы, массы и размеров). Совместим начало неподвижной системы координат xOz с точкой O вылета капли из сопла распылителя, направив ось Oz вертикально вниз. Для исследования движения капли, свяжем с ней подвижную систему координат τMn (естественные оси координат), направив ось $M\tau$ по касательной к траектории движения в сторону возрастания дуговой координаты OM , а ось Mn – по радиусу кривизны траектории в сторону ее вогнутости. Составим дифференциальные уравнения движения капли в проекциях на естественные оси

$$m_k \frac{dv_k}{dt} = m_k g \cdot \cos \gamma_p; \quad m_k \frac{v_k^2}{r} = m_k g \cdot \sin \gamma_p,$$

где m_k – масса капли, кг; v_k – скорость движения капли, м/с; γ_p – угол наклона вектора скорости капли к вертикальной оси, рад; g – ускорение свободного падения, м/с²; r – радиус кривизны траектории точки M в заданный момент времени, м.

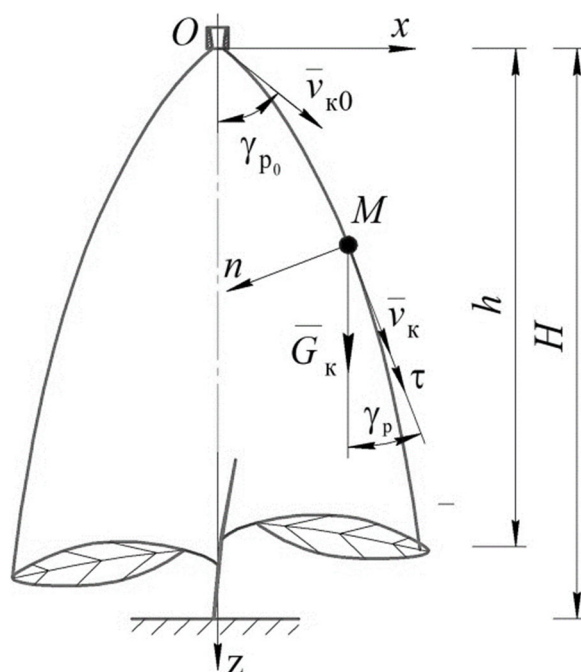


Рисунок 1 – Схема к определению параметров падения капли пестицида

Решая данные равенства при заданных начальных условиях можно определить кинематические параметры движения капли:

- скорость $v_k = v_{k0} \cdot \frac{\sin \gamma_{p0}}{\sin \gamma_p}$,

- координату по оси Ox $x = v_{k0} \cdot \sin \gamma_{p0} \cdot t$,

- координату по оси Oz $z = \frac{gt^2}{2} + v_{k0} \cdot \cos \gamma_{p0} \cdot t$,

- время падения с заданной высоты $t = \frac{-v_{k0} \cdot \cos \gamma_{p0} + \sqrt{v_{k0}^2 \cdot \cos^2 \gamma_{p0} + 2 \cdot g \cdot z}}{g}$,

где v_{k0} , γ_{p0} – начальные параметры вылета капли.

Полученные зависимости могут использоваться при сравнительном анализе полученных моделей движения капель для других условий падения.

Работа выполняется в соответствии с грантом Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований Т24МН-005.

Литература

1. Крук, И. С. Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей / И. С. Крук, Т. П. Кот, О. В. Гордеенко. – Минск : БГАТУ, 2015. – 284 с.
2. Защита растений в устойчивых системах землепользования: в 4 кн. / под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск : Орех, 2004. – Кн. 4. – 374 с.
3. Клочков, А.В., Маркевич, А.Е. Механизация химической защиты растений : монография / А.В. Кочков, А.Е. Маркевич. – Горки: БГСХА. – 2008. – 228 с.
4. Гордеенко, О.В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / О.В. Гордеенко. – Горки, 2004. – 169 с.

УДК 621.313

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМАССЫ ПЛОЩАДИ ПОСЕВА С ПОМОЩЬЮ ЕЕ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Черных А.Г., к.т.н., доцент

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, п. Молодежный

Широкие возможности, предоставляемые современными цифровыми технологиями, позволяют существенно расширить методики прогноза текущей урожайности для большинства возделываемых сельскохозяйственных культур в процессе их вегетационного периода. В частности на величину возможного урожая оказывает существенное влияние выбранная технологическая схема, как правило, программируемого возделывания культуры. Например, обеспечение оптимальной величины вносимой в почву влаги. Величина вносимой влаги определяет энергию на транспортировку водным раствором питательных веществ во все части растения, которая влияет на увеличение зеленой массы связанной с ее ростом. Цифровые технологии позволяют оценить текущую величину биомассы для выбранной единицы площади посева с помощью ее цифрового изображения. Условная единица площади посева, как правило, определяется общей площадью и геометрической формой орошаемой площади в соответствующей плоскости на земной поверхности. При орошении площади посева дождевальными машинами кругового движения относительно центральной поворотной башни, целесообразно в качестве условной единичной площади выбирать

замкнутые кольцевые фигуры. При этом, для каждого из колец радиусы пары соответствующих концентрических окружностей связаны с расположением и определяются удалением двух смежных дождевателей на основном трубопроводе дождевальной машины от центральной поворотной башни. Другими словами, необходимо исследовать набор кольцевых фигур, каждая из которых имеет достаточно большую площадь, на предмет плотности и однородности находящейся в пределах ее площади однородной массы. Очевидно, что с учетом низкой угловой скорости вращения центральной поворотной башни и, как следствие, вращения основного трубопровода машины целесообразно в процессе обследования использовать мобильные средства, например, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) [3]. Оборудованные современной профессиональной измерительной и вычислительной аппаратурой БПЛА позволяет визуализировать восприятие атрибутов урожая и дистанционно определить урожай биомассы обследуемой сельскохозяйственной культуры [1].

Использование БПЛА на базе портативных беспилотных технологий – Mavic 2 Pro позволяет производить облет исследуемой площади (кольца) по кругу (функция Trace) на высоте 2,3 метра. С помощью цифровой камеры в режиме фотосъемки для интервалов времени, удовлетворяющих дискретному ряду 2/3/5/7/10/15/20/30/60 секунд, получить соответствующий массив изображений в формате JPEG. Полевой эксперимент по применению БПЛА проводился на пахотных землях орошаемых с помощью широкозахватной круговой дождевальной машины (ШКДМ) фирмы T-L Irrigation company [2]. Конструкция ШКДМ состоит из центральной поворотной башни (ЦПБ) и одиннадцати опорных тележек. Расстояния между элементами конструкции ШКДМ приведены в таблице 1.

Таблица 1– Удаление самоходных тележек многоопорной дождевальной машины кругового действия от центральной поворотной башни

№ тележки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	концевая пушка
Расстояние, м	48	102	156	210	264	318	372	426	480	534	588	608,9

При линейной скорости полета БПЛА равной 2,5 м/сек и его удалении на расстоянии 600 метров относительно ЦПБ, время облета кольца составит 1500 секунд. Для интервала времени в 2 секунды можно получить 750 снимков биомассы в исследуемом кольце. Для каждого локального снимка необходимо составить цветовой профиль в цветовом пространстве RGB (рисунок 1), а затем рассчитать нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI – Normalised Difference Vegetation Index [4]) по выражению

$$NDVI = \frac{G - R}{G + R}.$$



Рисунок 1 – Цветовой профиль для участков орошения соответствующих системам почва-растительность (а) и почва (б)

Далее необходимо, косвенным способом вычислить количество биомассы, соотнесенной с каждым из полученных цветовых профилей можно с использованием выражения

$$VVI = \left[\left(1 - \left| \frac{R - R_0}{R + R_0} \right| \right) \left(1 - \left| \frac{G - G_0}{G + G_0} \right| \right) \left(1 - \left| \frac{B - B_0}{B + B_0} \right| \right) \right].$$

где R, G, B – красный, зелёный и синий каналы изображения (целые числа от 0 до 250), $R_0=1$, $G_0=58$, $B_0=24$ – эталонные значения каналов R, G, B для цветовой схемы типа «моно» [5].

После расчета NDVI для каждого из 750 снимков, необходимо сравнить каждую расчетную величину с некоторым эталонным значением. В качестве эталонного принимается величина NDVI, которая позволяет оценить урожайность биомассы в пределах рассматриваемого кольца, выраженная числом с размерностью кг/га. Для определения NDVI в этом случае используется портативный ручной датчик биомассы GreenSeeker от Trimble, модель HSC-100. Данный датчик крепится к корпусу рассмотренного ранее типа БПЛА. В соответствии с техническими условиями датчик, расположенный на корпусе БПЛА может перемещаться на высоте не более 1,2 метра от поверхности земли и линейной скорости движения не выше 0,6 м/сек. Соответственно время облета увеличится до 6000 секунд. При интервале между смежными измерениями в 60 секунд, можно получить 100 измерений текущего значения NDVI с помощью портативного датчика биомассы. Каждое из полученных измерений можно считать эталонным для полученных ранее 7 снимков. Однако в практических целях целесообразно сравнивать некоторое среднее значение NDVI на базе имеющихся 100 измерений с каждым из 750 значений NDVI соответствующих цифровым профилям.

Предложенный алгоритм определения биомассы на площади посева отличается достаточной простотой и экономичностью и позволяет выявить и определить месторасположение разряженных относительно поверхностной плотности зеленой биомассы участков на орошаемой поверхности.

Благодарности: Автор выражает благодарность директору КФХ «ИП Кичигина Л.П.», Иркутская область, Усолье-Сибирское, село Мальта за помощь в проведении настоящих исследований. Работа проводится в рамках хоздоговорной научно-исследовательской работы «Разработка и исследование системы дождевания с переменной интенсивностью дождя в закрытых оросительных системах применительно к технологиям точного и прецизионного орошения».

Литература

1. Черных А.Г. Оценка величины зеленой массы на единицу площади посева с помощью наземной цифровой фотосъемки // «Аграрная наука – сельскому хозяйству», материалы XIX Международной научно-практической конференции текстовое электронное издание / – Барнаул: ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет, 2024. – С.136-138.
2. Черных А.Г. Структура и состав закрытой системы орошения механическим подъемом воды и поливом широкозахватными круговыми дождевальными машинами / А.Г. Черных // Ежеквартальный научный журнал «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета», 2022, №4 (69), – С. 171-183.
3. Сметнев А.С. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельскохозяйственном производстве / А.С. Сметнев, В.К. Зимин, Ю.Б. Юдин, И.Н. Скобеев // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета им. В.И. Вернадского, 2015, – №18 (23), – С. 51-56.
4. Черепанов А.С. Вегетационные индексы: справочные материалы // Геоматика. – 2011. – № 2. – С. 98-102.
5. Старовойтов В.В. Цифровые изображения: от получения до обработки / В.В. Старовойтов, Ю.И. Голуб. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2014.– 202 с.

ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СНОСА КАПЕЛЬ ФАКЕЛА РАСПЫЛА ПЕСТИЦИДОВ

Гордеенко¹ О.В., к.т.н., доцент, **Мельников¹ В.А.**, магистрант,
Крук² И.С., к.т.н., доцент, **Карпович³ С.К.**, к.э.н., доцент, **Анищенко² А.А.**

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки,

²Белорусский государственный аграрный технический университет,

³Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, г. Минск

Снос капель из факела распыления является функцией баланса двух видов энергии. Первый, энергия капли, представляет собой произведение диаметра капли и скорости. Чем больше энергии в каплях, тем труднее их сместить, и именно поэтому более крупные и тяжелые капли меньше подвергаются сносу и быстрее оседают на целевом объекте. Второй, энергия смещения, возникает из-за относительного движения воздуха, либо из-за скорости движения вперед опрыскивателя, либо из-за ветра и связанной с ним турбулентности [1, 2]. Изучению процесса сноса пестицидов в настоящее время уделяется большое внимание. В работе [3] авторы исследовали снос факела распылителей, используемых в сельскохозяйственных дронах. Для этого было построена аэродинамическая труба, где изучался снос капель с использованием водочувствительной бумаги при разных скоростях бокового ветра. В результате отмечено, что выбор форсунки для опрыскивания, а именно генерируемый ими размер капель, оказывает существенное влияние на качество выполняемых мероприятий. Исследования совокупного воздействия процессов испарения и сноса уменьшающихся в размере капель пестицидов (metalaxyl-m, dichlorovos, diazinon, lindane и trifluralin), имеющих различные значения коэффициента Генри, проводились в испарительной камере [4] (рис. 1). При этом скорость ветра на дне камеры составляла 0,3 м/с, в центре камеры – 0,55 м/с и на выходе из камеры – 3,5 м/с, а температура и относительная влажность воздуха поддерживались постоянными на уровне 18° С и 65 %. Эксперименты показали, что тенденции улетучивания и скорость улетучивания могут существенно различаться в зависимости от физико-химических свойств пестицидов.

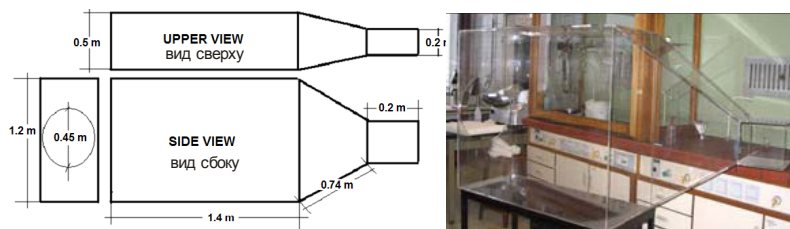


Рисунок 1 – Камера испарения, используемая для исследования сноса [4]

Особенно важно предотвратить снос при ленточном опрыскивании, когда незначительное смещение факела за пределы защитной зоны растений оказывает существенное влияние на эффективность проводимых мероприятий. Для изучения влияния скорости ветра на качество ленточной обработки пестицидами была разработана лабораторная установка (рис. 2), состоящая из опрыскивателя с исследуемым распылителем 1, объекта обработки 2, вентилятора 3. В качестве объекта обработки использован полнопрофильный макет гребня, на верхней *a* и боковых поверхностях которого отфрезерованы, отполированы и покрыты водоотталкивающим составом приемные канавки глубиной и шагом в 0,01 м (64 канавки). Распылитель 1 с помощью системы кронштейнов и шарниров устанавливается над геометрическим центром макета гребня на заданной высоте *H*. Капли рабочей жидкости улавливаются приемными канавками макета и стекают по шлангам в мерные цилиндры 4. Направленный воздушный поток создается центробежным вентилятором 3, привод которого осуществляется от электродвигателя. Скорость *U* потока воздуха в зоне установки распылителя изменяется в пределах от 0,5 до 10 м/с дроссельным

устройством, состоящим из заслонки 5 и регулятора 6. В качестве исследуемых приняты щелевой TP400155E «Teejet», вихревой 30HCX3 «Lurmark» и центробежный РОК-0.6 распылители, обеспечивающие требуемый минутный расход для ленточного опрыскивания. Высота установки распылителя, ориентация факела распыла и давление в магистрали определялись для каждого типа распылителя исходя из обеспечения заданного качества обработки при скорости ветра равной нулю.

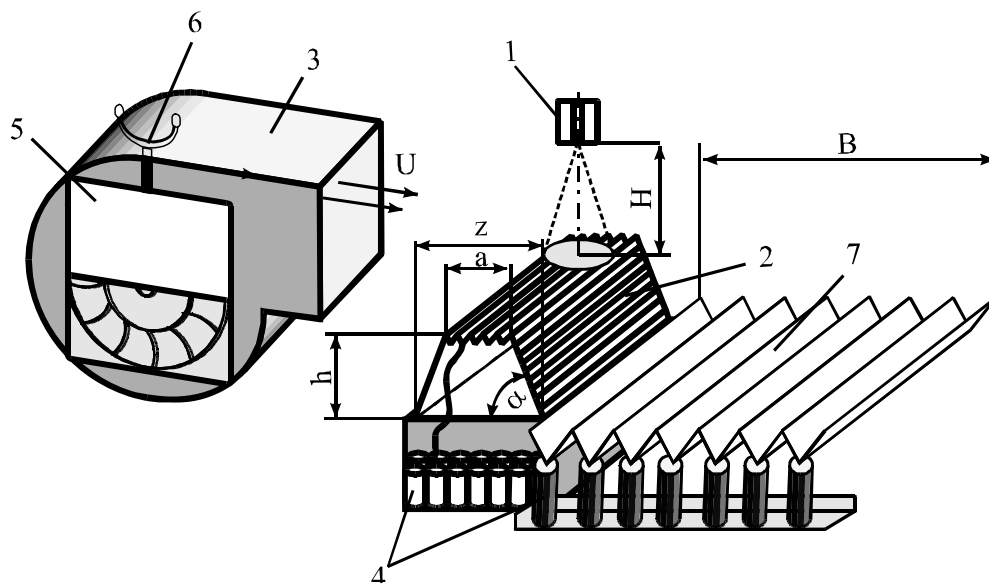


Рисунок 2. – Схема установки для изучения влияния ветра на качество опрыскивания защитной зоны гребня [5].

Для количественной оценки параметров сноса распыленной жидкости из зоны обработки использована дополнительная приемная поверхность 7 (рис. 2), которая установлена на одном уровне с приемной поверхностью макета гребня 2. Объем жидкости, снесенный воздушным потоком за область, ограниченную поверхностью макета гребня и дополнительной приемной поверхностью, определялся как разность между объемом жидкости пролитой через распылитель и суммарным объемом жидкости в цилиндрах 4 за время опыта. Дальность сноса распыленной жидкости от границы защитной зоны в направлении воздушного потока определяется с помощью мерительной ленты (рулетки).

В результате исследований определено влияние скорости воздушного потока на количество жидкости, снесенной за границу защитной зоны в направлении воздушного потока (рис. 3). Анализ полученных результатов показал, что воздействие направленного воздушного потока на факел распыленной жидкости оказывает существенное влияние на ее распределение по объекту обработки. Отмечено, что при оптимальных условиях опрыскивания и скорости воздушного потока 2 м/с, от 17 % до 29 % жидкости, распыленной исследуемыми распылителями, сносится из зоны обработки на расстояние до 0,2 м от границы защитной зоны. Это означает, что при ленточном внесении пестицидов даже при агротехнически допустимой скорости ветра оказывается значительное негативное влияние на качество обработки.

Увеличение скорости воздушного потока свыше 5 м/с приводит к резкому увеличению объема жидкости, уносимой за пределы защитной зоны. Так, при 7 м/с, из зоны обработки сносится до 77 % капель жидкости, генерируемых распылителем TP4005E. Учитывая вышесказанное при проведении ленточного опрыскивания в ветреную погоду необходимо оградить факел распыла от прямого воздействия ветра применением ветрозащитных устройств.

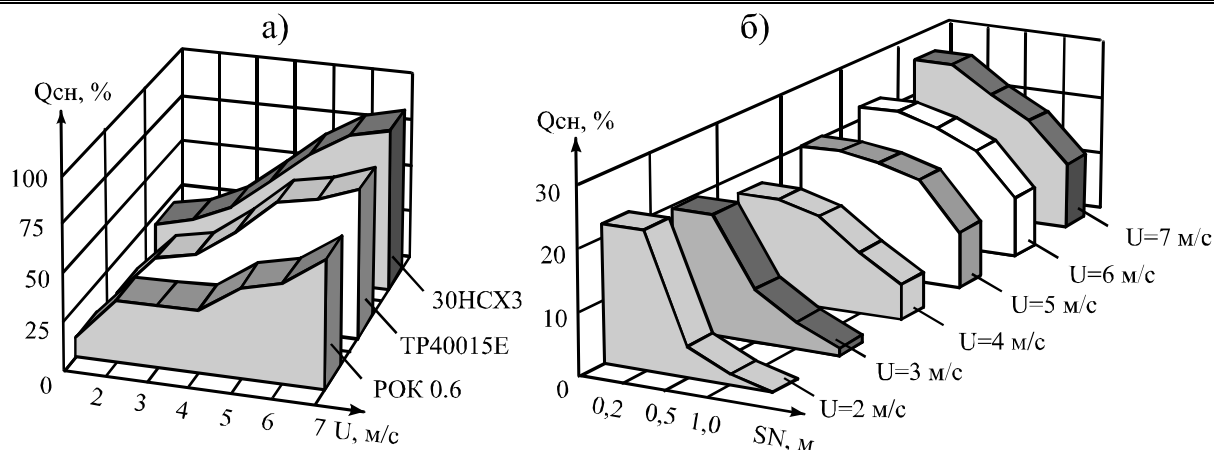


Рисунок 3. – Влияние скорости воздушного потока на количество жидкости снесенной за пределы защитной зоны исследуемыми распылителями $Q_{сн} (\%)$; количество $Q_{сн} (\%)$ и дальность $SN (м)$ смещения жидкости за пределы защитной зоны распылителем TP40015E

Литература

1. Клочков, А. В. Снижение потерь пестицидов при опрыскивании: монография / А. В. Клочков, П. М. Новицкий, А. Е. Маркевич. – Горки: БГСХА, 2017. – 230 с.
2. Крук, И. С. Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей: монография / И. С. Крук, Т. П. Кот, О. В. Гордеенко. – Минск : БГАТУ, 2015. – 284 с.
3. Effect of Injection Angle on Drift Potential Reduction in Pesticide Injection Nozzle Spray Applied in Domestic Agricultural Drones [Электронный ресурс] // <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs42853-021-00093-y> (дата обращения: 10.09.2024).
4. Evaporation drift of pesticides active ingredients [Электронный ресурс] // https://www.researchgate.net/publication/24024746_Evaporation_drift_of_pesticides_active_ingredients (дата обращения: 12.09.2024).
5. Гордеенко О.В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: Дис. к. т. наук / БГСХА. – Горки, 2004. – 218

УДК 628.941.8

К РАЗРАБОТКЕ СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ПТИЧНИКА С КЛЕТОЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ

Коняев Н.В., к.т.н., доцент, Варавин В.И., к.т.н., доцент
Курский ГАУ, г. Курск

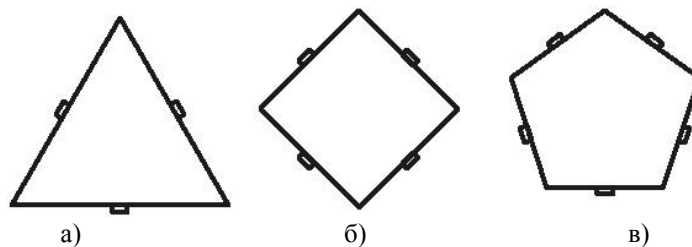
Особенностью освещения в птичниках с клеточным содержанием является то, что клетки, где содержится птица имеют вертикальное ярусное расположение. На каждом ярусе в зоне кормления необходимо обеспечить нормированную освещенность, т.е. освещенность должна на каждом ярусе быть одинаковой. Для решения этой задачи в птичниках с клеточным содержанием применяются различные осветительные системы, оснащенные лампами накаливания, люминесцентными лампами, ртутно-дугowymi и светодиодными лампами [1]. Применяемые осветительные приборы имеют соответственно свои достоинства и недостатки.

Для получения равномерной освещенности на всех ярусах клеток предлагаем применить вертикальную линейную конструкцию светильника, прототипом которой является светильник с люминесцентной лампой низкого давления.

Основным недостатком такого светильника является, то, что световой поток распределяется перпендикулярно расположению клеток. А это очень некомфортно для птицы, так как перпендикулярный поток света слепит их, и птица плохо видит корм. Для

снижения энергозатрат возможно применения светильников, оснащенных светодиодными лампами [2-4]. Однако для таких светильников характерны также ранее озвученные недостатки.

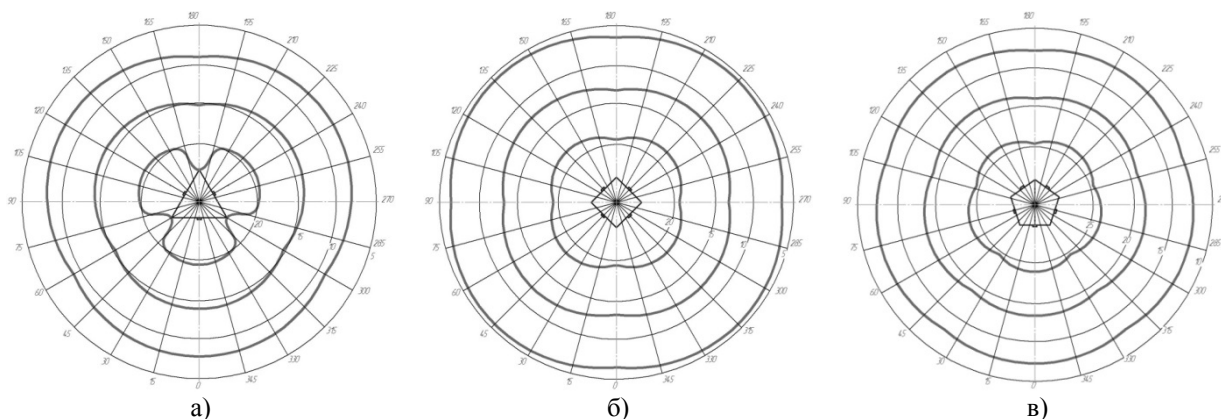
При конструировании светильника и предупреждения недостатков существующих моделей светодиодных осветительных установок, предлагаем конструкцию светильника с модульным расположением светодиодов [5]. Рассмотрим несколько вариантов. Предлагаем рассмотреть светильник с тремя, четырьмя и пятью световыми панелями.



а) светильник с тремя световыми панелями; б) светильник с четырьмя световыми панелями;
в) светильник с пятью световыми панелями

Рисунок 1 – Формы светодиодных светильников (поперечное сечение)

Распределение светового потока измеряли для моделей светильников в поперечной плоскости. Полученные кривые светораспределения показаны на рисунке 2. Датчик люксметра для первой кривой находился на расстоянии 0,25м от светильника, для второй кривой на расстоянии 0,5м и для третьей на расстоянии 1м. Измерения показаний люксметра фиксировали по координатной сетке для 360^0 через 10^0 и на графиках на соответствующих лучах откладывали показания люксметра, соединив полученные точки потом в кривые.

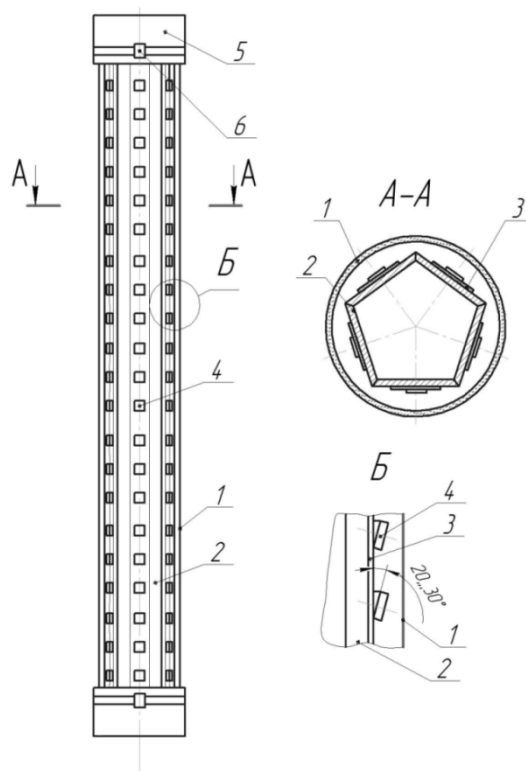


а) светильник с тремя световыми панелями; б) светильник с четырьмя световыми панелями;
в) светильник с пятью световыми панелями

Рисунок 2 - Кривые распределения светового потока

Из кривых светораспределения видно, что наиболее равномерное освещение получено при использовании пятигранной модели, кроме того суммарные показания люксметра намного выше, чем у трехгранной и четырехгранной модели светильника. В дальнейшем можно рассматривать пятигранную модель для проектируемого светильника, изображенного на рисунке 3.

Светодиодный осветительный прибор содержит корпус 1, выполненный в форме прозрачной трубки из поликарбоната. Торцы трубки закрыты пластиковыми заглушками 5 с кольцевыми хомутами 6. Линейки светодиодов закреплены на монтажных платах 3, которые установлены на поверхности металлического пятигранного профиля 2, причем светодиоды 4 установлены на монтажной плате 3 под углом $20-30^0$ к ее поверхности.



1 – прозрачная трубка, 2 – алюминиевая осветительная панель, 3 – светодиодная монтажная лента, 4 – светодиод, 5 – заглушка, 6 – кольцевой хомут

Рисунок 3 – Проектируемый светильник

Предлагаемая конструкция светильника позволит обеспечить нормированную освещенность на всех уровнях клетки, не создаст слепящего эффекта и поспособствует энергосбережению.

Литература

1. Коняев, Н.В. Обзор систем освещения для птицеводческих помещений [Текст] / Н.В.Коняев, Б.С.Блинков, Ю.В.Назаренко, П.Ю.Колкнев, А.С.Злобин // В сборнике: Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию А.П.Тарасенко, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, В.И. Оробинского, И.В. Баскакова. - 2017. - С. 22-30.
2. Коняев, Н.В. Современное освещение птичников [Текст] / Н.В.Коняев, Р.С.Новиков, Н.С.Половинкина // В сборнике: Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. - 2016. - С. 224-228.
3. Новиков, Р.С. Универсальная система освещения в птичнике [Текст] / Р.С.Новиков, Н.В. Коняев // Региональный вестник. - 2016. - №1 (2). - С. 40-41.
4. Коняев, Н.В. Система освещения для птичников [Текст] / Н.В. Коняев, П.Ю.Колкнев, Ю.В. Назаренко // В сборнике: Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. - 2016. - С. 204-207.
5. Половинкина, Н.С. Новое в освещении птичников [Текст] / Н.С. Половинкина, Н.В. Коняев // Региональный вестник. - 2016. - №1 (2). - С. 39-40.

СЕКЦИЯ 2

**ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АПК**

УДК621.385.6

**СВЧ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ДЕФРОСТАЦИИ И РАЗОГРЕВА МОЛОЗИВА
ЖИВОТНЫХ****Тихонов¹ А.А.**, к.т.н., доцент, **Романюк² Н.Н.**, к.т.н., доцент,**Новикова³ Г.В.**, д.т.н., профессор, **Ершова⁴ И.Г.**, д.т.н., **Федоров³ М.Е.**, аспирант¹Нижегородский государственный агротехнологический университет, г. Нижний Новгород,²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск,³Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, г. Княгинино,⁴ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва

Решения задачи сохранения кормовой ценности молозива животных при дефростации и термообработке в условиях фермерских хозяйств остается актуальной.

СВЧ установка с тороидальным резонатором для дефростации и разогрева молозива животных в непрерывном режиме (патент РФ № 2799864) (рис. 1) [1]. Она содержит тороидальный резонатор 3, состоящий из тора 9 прямоугольного сечения и конденсаторной части. Внутри резонатора соосно установлена диэлектрическая круглая платформа 5 диаметром, равным диаметру резонатора, и толщиной, уменьшающейся к центру, на уровне конденсаторной части. Над диэлектрической платформой 5 расположен ротор 7 с диэлектрическими лопастями, вращающийся от электропривода. В конденсаторной части на нижнюю пластину соосно установлен керамический цилиндр 8, куда пристыкован запредельный волновод с шаровым краном 11, через нижнее основание резонатора. На кольцевых основаниях резонатора, средний периметр которых кратен половине длины волны, имеются отверстия для тары, состыкованные с соответствующими шлюзовыми затворами 1, 10.

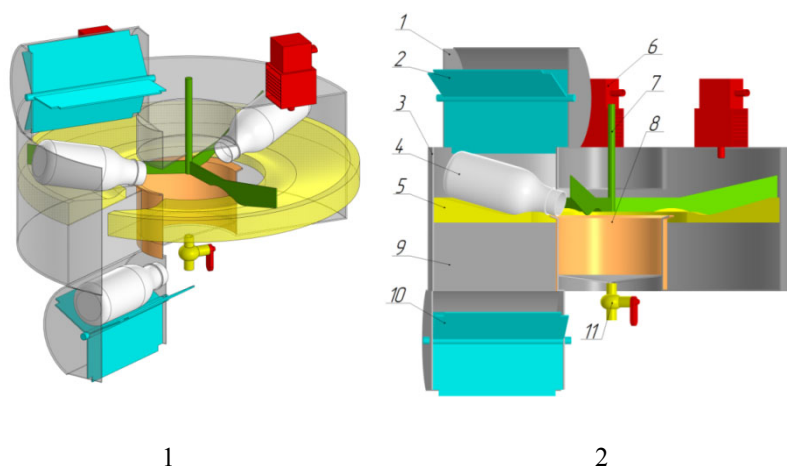


Рис. 1. Цифровая модель СВЧ установки с тороидальным резонатором для дефростации и разогрева молозива животных в непрерывном режиме:

- 1 – общий вид; 2 – общий вид в разрезе с позициями; 1 – шлюзовой затвор; 2 – отсеки роторного питателя;
2; 3 – тороидальный резонатор; 4 – молозиво в пластиковой бутылке; 5 – диэлектрическая наклонная платформа; 6 – волновод, магнетрон и вентилятор; 7 – ротор с диэлектрическими лопастями;
8 – керамический цилиндр-отражатель в конденсаторной части резонатора; 9 – тороидальная часть резонатора;
10 – шлюзовой затвор; 11 – шаровой кран в запредельном волноводе

Технологический процесс дефростации и разогрева коровьего молозива происходит следующим образом. Закрыть шаровой кран 11, Включить электропривод ротора с диэлектрическими лопастями 7. Включить электропривод шлюзового затвора 1. Загрузить бутылки с замороженным сырьем в отсеки 2 с открытой крышкой в сторону центра

резонатора. Как только бутылка 4 окажется в резонаторе под наклоном и начинает перемещаться в тороидальной части резонатора, на уровне емкостного зазора, включить генераторы (магнетроны 6) на определенную мощность. Доза воздействия ЭМП СВЧ такова, что за один оборот весь объем замороженного сырья размораживается и стекает в керамическую емкость-отражатель. Здесь молозиво нагревается до 38-40°C, обеззараживается за счет высокой напряженности электрического поля. Керамический цилиндр-отражатель 8 способствует концентрации ЭМП, снижает потери, а, следовательно, увеличивает собственную добротность резонатора (КПД установки). Открыть шаровой кран 11 и слить готовую продукцию для выпойки телят. В связи с тем, что диэлектрическая платформа имеет отверстие над шлюзовым затвором 10 на нижнем основании резонатора, поэтому пустые бутылки падают через отверстие в отсеки шлюзового затвора 10. Шлюзовые затворы 1, 10 обеспечивают электромагнитную безопасность при работе установки в непрерывном режиме. По окончании процесса подготовки молозива к выпойке выключить генераторы 6, остановить электроприводы лопастного ротора, шлюзовых затворов 1, 10, промыть керамический цилиндр-отражатель 8, для этого залить с помощью шланга моющее средство и слить через запредельный волновод 11 при открытом шаровом кране.

Наименование	Параметры
Производительность, л/ч	14,5-15
Потребляемая мощность СВЧ установки, кВт	3,4
Мощность электродвигателя вентилятора, кВт	0,8
Мощность привода диэлектрического контейнера, кВт	0,2
Потребляемая мощность трех СВЧ генераторов, кВт	2,4
Удельная мощность генератора, Вт/г	0,4
Энергетические затраты, кВт·ч/кг	0,23

Выводы

1. Малая продолжительность перехода из замороженного агрегатного состояние в жидкое состояние, обеспечивает высокое качество продукта с сохранением кормовой ценности. Скорость передвижения пластиковых бутылок-4 зависит от мощности генераторов и от объема сырья в резонаторе.

2. Эффективные режимы дефростации и разогрева молозива в СВЧ установке с тороидальным резонатором: производительность 14-15 л/ч, температура разогретого молозива 35-38°C. Результаты исследования электродинамических параметров показывают, что напряженность электрического поля в емкостном зазоре может составить до 5 кВ/см, а собственная добротность тороидального резонатора составляет 52237.

Результаты исследования показывают, что при размещении 6 бутылок с замороженным сырьем по 400 г, то при удельной мощности 1,0 Вт/г (2400 Вт/ 2400 г) продолжительность дефростации (в тороидальной части) и разогрева до 38°C (в конденсаторной части) составит 260 с.

При удельной мощности 1,6 Вт/г, мощность четырех генераторов 3840 Вт, (по 960 Вт), продолжительность всего процесса составит 220 с. При удельной мощности 2 Вт/г продолжительность дефростации и разогрева 200 с, если использовать 6 генераторов по 800 Вт.

Литература

1. Патент РФ № 2799864 СВЧ-установка с тороидальным резонатором для дефростации молозива животных в непрерывном режиме / Тихонов А. А., Новикова Г. В.; Басонов О. А., Ершова И. Г., Просвирякова М. В., Михайлова О. В.
2. Дробахин, О. О. Резонансные свойства аксиально-симметричных микроволновых резонаторов с коническими элементами / О.О. Дробахин, П. И. Заболотный, Е. Н. Привалов // Радиофизика и радиоастрономия, 2009, Т.1, № 4, – С. 433-441.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЖИДКИЕ СРЕДЫ**

Корко В.С., к.т.н., доцент, **Дубодел И.Б.**, к.т.н., доцент, **Кардашов П.В.**, к.т.н., доцент
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В сельскохозяйственном производстве распространены различные электрофизические методы обработки жидких сред, осуществляющие энергетические воздействия для получения технологического эффекта, под которым понимается направленное изменение параметров, характеристик и потребительских свойств обрабатываемых объектов, снижение энергетических и материальных издержек, улучшение условий труда, экологичности производства и др.

В электротехнологии научный интерес представляют исследования влияния энергетических факторов на жидкие и влажные среды, которые являются важным составным компонентом биологических систем. Технологическое действие таких растворов и дисперсных систем на их основе на биологические объекты определяется их химическим составом и рядом физических параметров, характеризующих жидкую или влажную среду с энергетической точки зрения как сложную структурированную систему, свойства которой становятся более выраженными после перехода ее в неравновесное термодинамическое состояние путем активации.

Изменение свойств и активацию воды, водных растворов, других жидких сред можно осуществить с помощью физических, химических или биологических методов. Среди физических методов наиболее исследованы воздействия электрическим, магнитным, акустическим полем, путем электролиза и др. Основные энергетические факторы (электрический ток или поле, теплота, магнитное поле, ультразвуковые колебания) при поглощении жидкой средой в определенной степени изменяют ее физико-химические свойства (удельную теплоемкость, тепло- и температуропроводность, удельную объемную массу, проводимость, показатель pH и др.) [1-5].

Под воздействием внешних сил в жидкой среде происходит отклонение внутренней потенциальной энергии от термодинамически равновесного значения пропорционально величине поглощенной средой энергии. В результате изменений кластерной структуры воды, химических связей происходит активация обрабатываемой среды, во многом определяющая ее новые технологические эффекты и области применения в сельском хозяйстве. Такие методы энергетических воздействий на жидкие среды как электрохимическая активация, обработка ультразвуковыми колебаниями, магнитным полем можно отнести к нетепловым методам обработки материалов, так как на термические процессы в них затрачивается относительно небольшое количество энергии.

В сравнительных экспериментах нами и другими авторами установлено, что по степени влияния на изменение электрофизических свойств, структуры показателей физико-химической активности, энергоемкости в технологических процессах наибольший эффект достигается при электроактивации, затем следуют ультразвуковые технологии и обработка магнитным полем [1, 6].

Технологические действия магнитного поля связывают с физико-химическими эффектами, вызывающими перестройку кластерной структуры воды, ослабление водородных связей, определенное влияние поля на ионы и примеси железа. Активированную магнитным полем воду используют в сельском хозяйстве для повышения всхожести семян, полива растений, очистки и обеззараживания плодоовощной продукции, снижения накипеобразования в котлах, парогенераторах и т.п.

Ультразвук в несколько большей степени, чем магнитное поле, изменяет pH воды и существенно увеличивает ее электропроводность, в том числе и в результате повышения температуры. В качестве объяснения механизма воздействий ультразвуковых колебаний на жидкие среды следует привести наличие более широкого спектра специфических эффектов

(акустическое течение, кавитация, диспергирование, дегазация, коагуляция, фонтанирование и др.), под действием которых в жидкофазных средах возрастает поглощение энергии, увеличиваются поверхности взаимодействия частиц, уменьшается величина диффузионного граничного слоя, ускоряются химические реакции и другие явления [1, 6].

В качестве примеров использования в сельском хозяйстве активированной с помощью ультразвука воды можно привести эффективные технологии сокращения сроков всхожести семян, повышения энергии роста и урожайности растений, улучшения их биохимического состава, мойки и обеззараживания плодоовощной продукции и т.п.

Электрохимическая обработка жидких сред по сравнению с другими способами активации имеет ряд преимуществ: мембранный электролиз является одним из наиболее воспроизводимых и поддающийся регулированию процессов; одновременно и быстро получают щелочной католит и кислотный анолит с заданными электрохимическими свойствами – водородным показателем pH и окислительно-восстановительным потенциалом; в анолите и католите достигаются такие их сочетания, которые не могут быть получены в жидких средах, не подвергавшихся электрохимическим воздействиям и др.

В результате опытов по практическому применению электроактивированных растворов в сельском хозяйстве доказана эффективность их использования в процессах консервирования кормов, поения животных, повышения всхожести и энергии роста растений, раскисления кормов и других сред [2, 5, 6].

Электрокоагуляция как метод эффективной обработки сточных вод крахмального производства, молочной сыворотки предполагает электрохимическое изменение pH среды и извлечение ценных продуктов для дальнейшего использования в производстве кормов, пищевых продуктов, повышения экологичности перерабатывающей промышленности [1, 4]. Достоинства электрокоагуляции также включают компактность установки, простоту управления; отсутствие химических реагентов; невысокое потребление электроэнергии; малую чувствительность к изменению условий проведения очистки (pH среды, температура и т.д.); высокую степень очистки, получение осадка с хорошими структурно-механическими свойствами; возможность получения белков для производства корма для животных.

Литература

1. Акопян, С.Н. Исследование удельной электропроводности воды при воздействии постоянного магнитного поля, электромагнитного поля и низкочастотных механических колебаний / С.Н. Акопян, С.Н. Айрапетян. – Биофизика, 2005. – с. 265-269.
2. Корко, В.С. Активация жидких сред и предпосевная обработка семян ультразвуковым полем / В.С. Корко и [др.]. - Агропанорама, 2017, № 3. – с. 21 – 25.
3. Родионов, Г.В. Влияние электромагнитного излучения и электрохимически активированной воды на качество молока и молочных продуктов / Г.В. Родионов [и др.]. Известия ВУЗов. Прикладная химия и электротехнология. – 2016, т. 6, № 2. – с. 94-103.
4. Иванова Т.Н. Электрохимическая активация для регулирования кислотности молока / Т.Н. Иванова, М.А. Тарасова, О.В. Мартынова. Пищевая промышленность, № 11, 2008. – с. 46-48.
5. Корко, В.С. Исследование электротехнологии активации растворов в кормоприготовлении и поении животных / В.С. Корко, П.В. Кардашов. - Агропанорама, 2019, № 3. – с. 14-17.
6. Корко В.С. Исследование воздействий электрических полей на изменение свойств жидких сред. Агропанорама, № 2, 2024. – с. 21- 25.
7. Дубодел, И.Б., Кардашов П.В., Корко В.С. Технология обработки белковосодержащих сред / И.Б. Дубодел, П.В. Кардашов, В.С. Корко. Материалы V Всеукраинской НПК «Перспективы и тенденции развития конструкций и технического сервиса сельскохозяйственных машин и орудий», 28-29 марта 2019 года. Житомирский агротехнический колледж, 2019. – с. 132-134.

УДК 681.5

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ И МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕХОВОГО УРОВНЯ**Барашко О.Г.**, к.т.н., доцент, **Кобринец В.П.**, к.т.н., доцент

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Одной из основных трудностей технической поддержки систем управления цехового уровня является высокая сложность интерфейсов первичного учета. При внедрении ERP-систем сложность интерфейсов компенсируется уровнем подготовки людей, которые ведут в них учет – бухгалтера, экономисты, специалисты по учету, операторы. В MES первичный учет выполняется теми, чья основная функция – выполнять производственные/складские операции. Для того, чтобы такая система работала, ее интерфейсы должны очень хорошо продуманы: учет первичной операции в MES должен быть быстрее, чем учет этой же операции на бумаге; вероятность ошибки должна быть сведена к минимуму; интерфейсы должны помогать, а не сильно мешать. Такие интерфейсы непросто сделать с первого раза. Их в принципе трудно сделать, ведь при разработке учетных систем исторически больше внимания уделяется организации хранения и обработки данных, чем удобству их ввода и взаимодействия с ними.

Другим фактором является низкая производительность системы. Ввиду того же факта, что для сотрудников, осуществляющих учет в MES сам учет является вторичной задачей, MES-система должна иметь более быстрый отклик при учетных операциях, чем ERP. У низкой производительности решений MES-систем, как правило, две причины: неподходящая архитектура решения, например, когда задачи оперативного производственного учета решают в ERP-системе; низкое качество программного кода.

При реализации методической поддержки учетные операции часто не соответствуют реальности. Причины появления этого в системе разные. Например, какой-то руководитель запретил редактировать состав погруженной в автомобиль продукции и складскому хозяйству при возникновении ошибки приходится сканировать заново всю погруженную продукцию. Еще одно особенностью является внедрение оперативного учета в одной базе с регламентированным. По международным стандартам проектирования информационной среды предприятий MES и ERP – системы разного уровня. Подразумевается, что это отдельные информационные базы. Самая понятная, хоть и не единственная проблема учета в одной базе – высокие требования к производительности и отказоустойчивости MES-уровня, которым противоречат огромные размеры и, соответственно, высокие системные требования баз ERP. Кроме того, это сложности при обновлении, более высокие риски отказа оперативного учета. В реальности же накладывается кривое исполнение, обновление усложняется в разы, а интерпретация данных из контура MES в ERP работает на порядок хуже, чем если бы это была интеграция через какую-нибудь готовую шину данных.

УДК 663.43

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ**Бондарчук¹ О.В.**, к.т.н., **Бондарь¹ Н.Ф.**, к.х.н.,**Пашинский² В.А.**, к.т.н., доцент, **Селюк¹ Ю.Н.**¹Белорусский государственный аграрный технический университет, ²Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск

Биологические эффекты электрофизических воздействий описаны многократно в работах Н. Д. Девяткова, И. А. Рогова, М. К. Бологи, С. Г. Ильясова, М. Г. и других ученых. Тем не менее, многие из них не изучены с точки зрения производства солода, где важнейшим критерием является не всхожесть, а образование необходимых для расщепления крахмала ферментов.

Нами разработан электротехнологический способ обработки пивоваренного ячменя в переменном электрическом поле, который способствует повышению качества солода [1]. В первую очередь электрообработка оказывает влияние на изменение влагосодержания зерна ячменя. Обработанный ячмень содержит большее количество влаги, чем необработанное зерно.

Появление в объеме зерна свободной влаги ведет к изменению биохимических показателей ячменя. Известно, что вода служит средой для целого ряда химических реакций и участвует в гидролитических процессах, что приводит к значительному ускорению химических и ферментативных реакций [2].

Следовательно, обработка зерна в электрическом поле с последующим выделением свободной влаги приводит к изменению биохимических показателей: ферментативной активности и ионного состава.

Наибольший интерес среди ферментов в солодоращении представляют амилалитические, которые расщепляют крахмал на простые сахара, необходимые для сбраживания [3]. Активность ферментов вычисляют по методу Виндиша-Кольбаха [4]. В исследовании амилалитической активности использовали партию ячменя, обработанного в электрическом поле до солодоращения и контрольный образец.

Согласно [4] содержание мальтозы в сухом веществе солода должно соответствовать: для светлого пива – 300 ед./г, темного – 400 ед./г. Из результатов экспериментов следует, что амилалитическая активность ячменя, обработанного в электрическом поле напряженностью $2,5 \cdot 10^5$ В/м на пятые сутки соответствует 424 ед./г, а контрольного образца – 283 ед./г. Следовательно, обработка ячменя в переменном электрическом поле влияет на амилалитическую активность солода и позволяет сократить сроки солодоращения в среднем на 40% [5].

Определение ферментативной активности – трудоемкий и продолжительный по времени анализ. Параллельным признаком амилалитической активности считают продолжительность осахаривания – время, за которое крахмал полностью превратится в сахара под действием ферментов [6]. Так как данный эксперимент прост по своему выполнению, то по нему можно оценивать эффективность режимов электрообработки.

Мы определили зависимость продолжительности осахаривания солода от:

напряженности электрического поля в зерне; времени обработки пивоваренного ячменя; количества воздействий электрического поля на одну партию зерна; времени паузы между электрообработками.

Анализ результатов исследований показывает, что наименьшая продолжительность осахаривания наблюдается у партий ячменя, обработанных в переменном электрическом поле с напряженностью в зерне $(2,0 \dots 2,5) \cdot 10^5$ В/м; временем воздействия 7–11 с; количеством воздействий на одну партию ячменя 2–3 раза [5].

Следует учесть, что в исследованиях указано суммарное время воздействия электрического поля. При осуществлении двукратной обработки время на каждую сокращается вдвое и составляет 4–6 с, при трехкратной – 2–4 с.

Так как основным показателем качества солода является экстрактивность (содержание массовой доли экстракта в сухом веществе), были выполнены однофакторные эксперименты, в которых выделяли влияющие факторы, стабилизировали не влияющие, поочередно варьировали параметры электрического поля. Обработку выполняли на экспериментальной установке.

Известно, что для зерна, помещенного в электрическое поле, характерно явление остаточной поляризации, вызванной влиянием внешнего электрического поля на заряды клеток зерновки [7]. После снятия внешнего поля ячмень еще некоторое время находится в наэлектризованном состоянии. В клетке наступает рефрактерный период, представляющий собой отрезок времени после воздействия, в течение которого клетку нельзя возбудить [7]. Он характеризуется тем, что даже сверхпороговые раздражения не вызывают появления реакции и для растительных объектов период может составлять от доли до десятков

секунд [7]. Следовательно, более эффективным было многократное непродолжительное воздействие на ячмень, чем однократное, но длительное по времени.

На основании проведенных исследований установлены факторы, влияющие на повышение экстрактивности солода: напряженность переменного электрического поля в ячмене $(2,0 \dots 2,5) \cdot 10^5$ В/м; время воздействия 3 с; количество воздействий на одну партию ячменя 3 раза; время паузы между электрообработками 5 с.

Исследованные биохимические показатели имеют небольшой диапазон изменений параметров, но огромное влияние на конечный продукт. Например, повышение экстрактивности солода на один процент увеличивает выпуск пива на 50...60 литров с одной тонны солода. В масштабах Беларуси это может дополнительно составить 150 тыс. дал пива на сумму более 2,4 млн. руб. в год, в ценах 2024 года.

Помимо экономического эффекта, электротехнологический способ обладает выраженным экологическим эффектом, позволяющим снизить воздействие на окружающую среду солодовенного производства по сравнению с химическими и биологическими способами обработки пивоваренного ячменя.

Литература

1. Способ обработки пивоваренного ячменя в сухом виде : пат. ВУ 22032 / О. В. Бондарчук, В. А. Пашинский, Н. Ф. Бондарь. – Оpubл. 30.10.18.
2. Decagon Devices [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://decagon.ru/aw/activity-of-water>. – Дата доступа: 24.11.2023.
3. Федоренко, Б. Н. Инженерия пивоваренного солода : учеб.-справ. пособие / Б. Н. Федоренко. – СПб. : Профессия, 2004. – 248 с.
4. Косминский, Г. И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков : лабораторный практикум по техническому контролю производства / Г. И. Косминский. – Минск : Дизайн ПРО, 1998. – 352 с.
5. Пашинский, В. А. Увеличение амилалитической активности солода / В. А. Пашинский, Н. Ф. Бондарь, О. В. Бондарчук // Агропанорама. – 2009. – № 2 – С. 17–21.
6. Кунце, В. Технология солода и пива : пер. с нем. / В. Кунце, Г. Мит. – СПб. : Профессия, 2001. – 912 с.
7. Беркинблит, М. Б. Электричество в живых организмах / М. Б. Беркинблит, Е. Г. Глаголева. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 288 с.

УДК 681.5

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ КОНЦЕНТРАТА KCl В УСЛОВИЯХ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

Кобринец В.П., к.т.н., доцент, **Барашко О.Г.**, к.т.н., доцент
Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Основная задача управления процессом сушки KCl – это получение готового концентрата с заданным влагосодержанием.

Основным продуктом калийной промышленности является хлорид калия (KCl), который используется в качестве удобрений и как составляющая сложных удобрений в сельском хозяйстве.

Промышленная переработка калийных руд выполняется преимущественно флотационным и галургическим способом.

Технология переработки сильвинитовой руды флотационным способом в условиях ОАО «Беларуськалий» включает следующие операции: измельчение, классификацию, обесшламливание, флотацию, обезвоживание продуктов обогащения, осветление оборотных потоков и сушку концентрата.

Галургический метод переработки калийных руд также содержит операцию сушки. Сушка является завершающей стадией на пути для получения товарного продукта. Высушивание проводится до остаточной влажности не более 1%, если продукт предназначен для отправки потребителю, и не более 0,5%, если он идет после сушки на грануляцию.

В калийной промышленности в основном применяются барабанные сушилки (и сушилки с псевдоожиженным кипящим слоем (аппараты КС). Все эти аппараты имеют топки для сжигаемого топлива, а сушка проводится горячими продуктами сжигания. Процесс осуществляется при прямом контакте между теплоносителем и концентратом KCl . При этом наиболее эффективным по производительности по энергосбережению является процесс сушки в аппаратах КС, особенности автоматизации которого представляют практический и научный интерес [1].

В аппарате КС взаимодействие твердых частиц и газов происходит в псевдоожиженном слое, создаваемым на газораспределительной решетке, при подаче на нее сверху влажного продукта, а снизу теплоносителя, который создает эффект псевдоожижения. Скорость газа в слое 1-2 м/с в зависимости от крупности частиц, продолжительность высушивания – несколько минут.

Основной задачей автоматического контроля и управления процессом сушки в аппарате КС является минимизация расхода топлива при получении продукта заданной конечной влажности. Основными возмущающими воздействиями являются изменение количества сырого материала или его начальной влажности, или того и другого вместе взятых. Основной выходной параметр – конечная влажность продукта.

Особенностью установок для сушки в аппарате КС является большая интенсивность процесса и большая скорость изменения параметров, которые характеризуют процесс сушки. Одной из основных задач регулирования промышленных установок КС является поддержание теплового баланса процесса путем стабилизации температуры слоя в аппарате. Этот параметр является наиболее важным показателем процесса сушки в КС, потому что однозначно определяет конечную влажность продукта.

Регулирование температуры слоя можно осуществить двумя разными способами. При первом способе стабилизируется температура и количество теплоносителя, которые определяют природную часть теплового баланса, а постоянство температуры слоя поддерживается путем регулирования количества влажности материала, подаваемого в слой. При таком способе регулирования температуры слоя между сушкой и предыдущим процессом целесообразно установить промежуточный бункер, который должен сглаживать возможные небольшие колебания нагрузки.

Второй способ регулирования температурного слоя можно использовать в том случае, если по технологическим условиям установка КС должна работать без промежуточного бункера. Стабилизация температурного слоя достигается в этом случае изменением температуры теплоносителя. Поскольку при постоянном расходе воздуха температура теплоносителя определяется только расходом топлива, то этот способ сводится к регулированию расхода топлива в зависимости от температуры слоя [2].

Выбор способа регулирования температуры зависит от конкретных условий сушки и работы предыдущих ей производственных отделений.

Кроме управления температурой слоя, для нормальной работы аппарата КС необходимо также поддерживать на определенном заданном уровне сопротивление слоя, от которого зависит аэродинамический режим сушки. Сопротивление слоя может быть измерено по разности давлений среды до и после него. При этом стабилизация сопротивления слоя может быть достигнута путем изменения количества выгружаемого из слоя сухого материала при помощи изменения производительности разгрузочного устройства.

Для нормальной работы аппарата КС также необходимо обеспечить определенную скорость газа в слое, т.е. подачу определенного количества воздуха в систему путем стабилизации величины разряжения в верхней части аппарата КС.

Проведенный анализ динамических свойств установки КС показал, что по каналам связи «загрузка – температура в слое», «влажность материала – температура в слое» установка КС может быть описана апериодическими звеньями 1-го порядка. Эти динамические характеристики могут быть использованы для синтеза системы управления процессом сушки, инвариантной к указанным возмущениям.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кузьміцкі, І.Ф. Аўтаматызацыя хімічна-тэхналагічных працэсаў і вытворчасцяў. І.Ф. Кузьміцкі, В.П. Кобрынец. – Мн.: БДТУ, 2004. – 232 с.
- 2 Головкин, Б.Ю. Системы и средства автоматизации обогатительных фабрик. Б.Ю. Головкин, Л.А. Рейбман, Г.Т. Колмаков. – М.: Наука, 1990. – 232 с.

УДК 620.9(476)

СТРУКТУРНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Клинцова В.Ф.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Энергетический переход – значительное структурное изменение топливно – энергетического комплекса (ТЭК) страны под влиянием научно-технического прогресса при существующих вызовах экологической, энергетической и экономической безопасности страны. В ходе энергоперехода увеличивается доля новых первичных источников энергии, вовлечение их в энергосистему страны, постепенное снижение старых источников в общем объеме энергопотребления.

Основными направлениями современного энергоперехода являются:

- экологичность;
- энергоэффективность;
- децентрализация;
- цифровизация;

При современном энергопереходе доминирует экологический показатель, ежегодно только в агропромышленном комплексе Республики Беларусь образуется около 70 млн тонн отходов которые требуется очистить и переработать.

Частичный технологический переход отечественной энергетики от генерации на основе ископаемых видов топлива, доминантом выступает закупочный природный газ к возобновляемым энергоресурсам формирует новые тренды, требующее больших финансовых вложений, наукоемких и высокотехнологичных разработок, особенно важных для энергетической отрасли.

Из большого комплекса направлений и способов снижения зависимости от углеродного топлива возможно отметить наиболее значимые. В связи с тем, что ТЭК страны базируется на использовании органических видов топлива, требуется активная трансформация технологий снижения углеродного следа, с созданием климатически нейтральных электростанций и установок без существенных выбросов парниковых газов в атмосферу за счет повышения энергоэффективности, новых технологий и утилизации парниковых газов.

Приоритетное развитие получают мероприятия по переходу на энергосберегающие технологии, на эффективное использование вторичных энергоресурсов, на применение когенерации и тригенерации, возобновляемых источников энергии.

Значительным потенциалом обладают биогазовая генерация, которая становится из наиболее интересных и перспективных отраслей. Данная технология является из наиболее перспективных направлений в сфере возобновляемых источников энергии, поскольку решает сразу энергетическую и экологическую проблему – проблему утилизации отходов. Ввиду

особенностей технологического процесса биогазовой установки рекомендуется размещать их на крупных агропромышленных комплексах, где существуют условия для полного экологического цикла переработки отходов и нет недостатка в сырье.

Преобразуя навоз, биомассу и органические отходы в удобрение, биогазовые комплексы производят одновременно электрическую и тепловую энергию. Их внедрение повышает культуру производства на животноводческих комплексах и фермах, решает комплекс экологических проблем. Следует отметить, что энергетический потенциал биогаза составляет около 23% суммарного эффекта от его использования. Около 31% приходится на эффект использования получаемых при этом качественных удобрений, 46% – это экологический эффект, то есть более чистая окружающая среда.

В процессе термофильной обработки органических отходов образуются экологически чистые органические удобрения. Одна тона таких удобрений по своему эффекту на растение эквивалентна 80-100 т исходного навоза, 1 м³ биогаза эквивалентен 0,6 м³ природного газа, 0,7 литра мазута, 0,4 л бензина, 3,5 кг дров. [1]

Наглядным показателем при оценке энергоперехода служит коэффициент энергетического возврата на единицу затраченной энергии (EROI). Дотируемые для своего развития ВИЭ до настоящего времени имеют значения EROI ниже энергоэкономического порога. Практически коэффициент EROI на порядок выше у газовой по сравнению с ВИЭ.

При существующих небольших значениях EROI процессы получения биогаза и последующего его использования будут менее эффективными по сравнению с ГЭС или АЭС, на которых EROI значительно выше. В соответствии с этим, выстраивание энергетики преимущественно на ВИЭ есть решение, которое может привести к энергетическим проблемам и постепенной деградации (при отсутствии прогресса в создании более эффективных технологий в этой области).

Вместе с тем, тенденции к увеличению значений EROI альтернативных источников энергии и снижению значений EROI энергетики на органических видах топлива за счет более сложных условий логистики, закупочных цен, экологичности позволяют спрогнозировать перспективность альтернативных решений (гибридных энергоустановок с использованием биогазовых технологий). В качестве критериев эффективности биоэнергоустановок используются, экологические, энергетические, экономические показатели]. Эффективность энергокомплексов (ЭК) с использованием биогазовых установок чаще выполняется, как более достоверная, с учетом жизненного цикла, воздействия его на окружающую среду и нормированной (выравненной) стоимости генерации энергии.

Выравненная стоимость электрогенерации (Levelized Cost of electricity (LCOE)) для ЭК

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Cap_t + N_t + B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}},$$

где t – время службы ЭК (количество полных лет); Cap – инвестиционные затраты в год (руб/год); N_t – операционные затраты и затраты на содержание в год (руб); B_t – затраты на топливо в год (руб); E_t – производство электроэнергии в год; r – ставка рефинансирования; n – жизненный цикл ЭК, лет.

В выравненную стоимость электроэнергии включаются также издержки, связанные с мероприятиями по снижению выбросов и оплатой загрязнения окружающей среды. [2]

Многообразие вышеперечисленных критериев позволяет более обоснованно и комплексно подходить к выбору приоритетов развития систем и энергокомплексов энергетической отрасли. Из условий обеспечения экологической, энергетической, экономической безопасности страны, формируются направления энергоперехода с учетом

сложившейся инфраструктуры энергетики, климата, экологических показателей и научно-технических достижений.

Литература

1. Портал изданий отделения аграрных наук Национальной академии наук Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://econagro.belal.by/> 27.09.2024
2. Международный Конгресс «Энергосбережение и энергоэффективность» IT Технологии. Энергосбережение. Экология. Санкт-Петербург 2023/ При поддержке и участии государственных структур и общественных профессиональных объединений – Санкт-Петербург 2023 – с.22

УДК 652.52

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ В БАРАБАННЫХ СУШИЛКАХ

Кобринец В.П., к.т.н., доцент, **Барашко О.Г.**, к.т.н., доцент

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Процесс сушки концентрата КСІ в условиях ОАО «Беларуськалий» производится в барабанной сушилке, которая состоит из трех основных частей: топки, в которой происходит сгорание топлива (газа) за счет подачи первичного воздуха, смесительной камеры, в которой смешиваются подаваемые в неё топочные газы и вторичный воздух, и формируется теплоноситель с определенной температурой и влагосодержанием; сушильного барабана, где теплоноситель, взаимодействуя с высушиваемым материалом, отнимает у него влагу.

Основные цели системы управления процессом сушки материала в барабанной сушилке: поддержание желаемого качества высушенного продукта, независимо от возмущения в процессе сушки и колебания подачи питания; максимизация пропускной способности при оптимальной энергетической эффективности и минимуме затрат; избежание пересушки и недосушки; стабилизация процесса сушки; оптимизация производительности процесса сушки.

Для решения данных задач необходима разработка математической модели данного процесса сушки с учетом химико-технологических процессов, происходящих в нем и конструктивных особенностей барабанной сушилки.

Процессы тепло- и массообмена (влагообмена) в барабанной сушилке зависят от ее конструктивных характеристик (размеров, числа и профиля лопаток и т. д.), а также от технологических параметров (числа оборотов барабана, угла наклона аппарата, расхода, температуры и влагосодержания воздуха и материала на входе в сушилку). При определении динамических свойств данного аппарата естественно считать его конструктивные характеристики неизменными. Таким образом, в качестве возмущающих воздействий (входных величин) принимаем изменения расхода, температуры и влагосодержания материала и воздуха на входе в сушилку.

При составлении математической модели барабанной сушилки сделаем следующие допущения:

1. Теплоемкости материала, влаги (воды) и барабана и коэффициенты теплоотдачи от воздуха к материалу и барабану постоянны по длине и в поперечном сечении сушилки, а также во времени;
2. Температура и влагосодержание материала распределены по длине аппарата и сосредоточены в его поперечном сечении (одномерная задача), так как при вращении барабана материал хорошо смешивается;
3. Поперечное сечение слоя материала, находящегося на лопастях барабана, значительно меньше его длины, а скорость воздуха намного больше скорости перемещения

материала вдоль сушилки. Температура и влагосодержание воздуха одинаковы по длине и в поперечном сечении слоя материала и равны температуре и влагосодержанию на выходе;

4. Передачей тепла материалу при соприкосновении его с лопастями барабана пренебрегаем;

5. Движение материала по сечению аппарата происходит равномерно, без турбулентного смещения.

При составлении уравнений сохранения энергии для воздуха и материала учитываем лишь тепло, затраченное на нагрев «сухого» материала, поскольку тепло, переданное воздухом материалу и затраченное на испарение влаги из него, возвращается обратно в воздух вместе с испаренной влагой.

На основании анализа процесса сушки как объекта управления можно определить воздействия, оказывающие влияние на данный объект:

–возмущающие воздействия: входное влагосодержание материала; расход материала; входное влагосодержание воздуха;

–регулирующие воздействия: расход теплоносителя; расход первичного воздуха; расход вторичного воздуха;

–регулируемая величина: выходное влагосодержание материала.

Для разработки математической модели процесса сушки с учетом распределенности параметров с учетом приведенных допущений составляем следующие дифференциальные уравнения:

Уравнение сохранения энергии для воздуха

$$LI_1 - LI_2 - \alpha_{f,г.м.} F_M \left(t_{2г} - \frac{t_{1м} - t_{2м}}{2} \right) - \alpha_{f,г.б.} F_6 (t_{2г} - t_6) = M_r \frac{dI_2}{d\tau}.$$

Уравнение сохранения массы для влаги в воздухе

$$L(d_1 - d_2) + G(w_1 - w_2) = M_r \frac{dd_2}{d\tau}.$$

Уравнение сохранения энергии для материала

$$c_m G \frac{\partial t_m}{\partial \bar{y}} + c_m t_m \frac{\partial G}{\partial \bar{y}} - \alpha_{f,г.м.} F_M (t_{2г} - t_m) + \frac{\partial}{\partial \tau} (c_m M_m t_m) = 0.$$

Уравнение сохранения массы для сухого материала

$$\frac{\partial G}{\partial \bar{y}} + \frac{\partial M_m}{\partial \tau} = 0.$$

Уравнение сохранения массы для влаги в материале

$$G \frac{\partial w}{\partial \bar{y}} + w \frac{\partial G}{\partial \bar{y}} + K F_M (w - w_{равн.}) + \frac{\partial}{\partial \tau} (M_m w) = 0.$$

Уравнение сохранения энергии для сушильного барабана

$$\alpha_{f,г.б.} F_6 (t_{2г} - t_6) = c_6 M_6 \frac{dt_6}{d\tau},$$

где L – расход теплоносителя (по абсолютно сухому веществу), I – энтальпия, α_f – поверхностный коэффициент теплообмена, F – площадь, t – температура, M –

количество вещества, d – влагосодержание теплоносителя, G – расход материала (по абсолютно сухому веществу), c – истинная теплоемкость, K – коэффициент сушки

На основании данных уравнений, которых получена система нелинейных уравнений в частных производных. Проведена линеаризация данной системы и получена математическая модель процесса сушки по основным динамическим каналам.

УДК 621.311.18

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СУТОЧНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ИНСОЛЯЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Андрианов В.М., д.ф.-м.н., профессор, **Зайцев Е.В.**, магистрант

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Оптимизация использования панельных фотоэлектрических преобразователей для повышения эффективности электроснабжения является одной из ключевых задач в сфере возобновляемых источников энергии. Первым шагом к оптимизации использования панельных фотоэлектрических преобразователей является определение суммарной солнечной инсоляции в точке установки. На основании объединения существующих расчетных методик суточная солнечная инсоляция может быть определена:

$$W_n = \frac{12}{\pi} \cdot 10^{-3} \cdot \int_{\omega_k}^{\omega_n} Q_{\text{НАКЛ}} d\omega, \quad (1)$$

где $Q_{\text{НАКЛ}}$ - суммарная солнечная инсоляция, падающая на наклонную плоскость фотоэлектрического модуля, Вт/м²; ω_n и ω_k - часовые углы Солнца, соответствующие моментам времени восхода и заката.

Суммарная солнечная инсоляция, падающая на наклонную плоскость фотоэлектрического модуля, вычисляется по формуле[1]:

$$Q_{\text{Накл}} = Q_{\text{ПР}} + Q_{\text{РАС}} + Q_{\text{ОТР}}, \quad (2)$$

где, $Q_{\text{ПР}}$ - прямое солнечное излучение, поступающее на наклонную поверхность ФМ, Вт/м²; $Q_{\text{РАС}}$ - рассеянная солнечная инсоляция, падающая на наклонную плоскость ФМ, Вт/м²; $Q_{\text{ОТР}}$ - излучение, отраженное от поверхности земли и поступающее на поверхность ФМ, Вт/м².

Первое слагаемое в выражении (2) определяется с использованием формулы Кастрова:

$$Q_{\text{ПР}} = Q_{\text{ОТР}} \cdot \cos \theta = \frac{Q_0 \cdot \sin \alpha}{\sin(\alpha + c)} \cdot \cos \theta,$$

где $Q_{\text{отр}}$ - прямое солнечное излучение, поступающее на ортогональную солнечным лучам поверхность ФМ, Вт/м²; θ - угол падения прямого солнечного излучения на плоскость фотоэлектрического модуля, рад; Q_0 - солнечная постоянная при АМО, 1370 Вт/м²; α - высота Солнца, рад; c - величина степени прозрачности атмосферы.

Для определения угла падения прямого солнечного излучения на поверхность ФМ используется выражение[2]:

$$\cos \theta = \sin \delta \cdot \cos s \cdot (\sin \varphi - \cos \varphi \cdot \sin \varphi \cdot \cos \gamma \cdot \cos \delta \cdot \cos \varphi \times \\ \times \cos \omega) + \cos \delta \cdot \sin s \cdot (\sin \varphi \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega + \sin \gamma \cdot \sin \omega) \quad (3)$$

где δ - склонение Солнца, рад; φ - географическая широта расположения поверхности ФМ, рад; s - угол наклона ФМ к горизонту, рад; γ - азимут ФМ, рад; ω - часовой угол Солнца, рад. Склонение Солнца находится по формуле:

$$\delta = \arcsin \{ \sin \beta \cdot \cos \varepsilon + \cos \beta \cdot \sin \varepsilon \cdot \sin \lambda \} \quad (4)$$

где β - широта Солнца ($\beta = 0$); ε - наклон эклиптики; λ - долгота Солнца. Значение среднего наклона эклиптики к экватору задается формулой:

$$\varepsilon = 23^{\circ}27'08,26'' - 46,845''T - 0,00059''T^2 + 0,001811''T^3, \quad (5)$$

где T - число юлианских веков, прошедших с эпохи 5 января 1900 г.

Высоту Солнца можно найти из решения выражения [3]:

$$\sin \alpha = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega. \quad (6)$$

Рассеянную солнечную инсоляцию Q , падающую на наклонную плоскость ФМ, определяем по выражению:

$$Q_{\text{РАС}} = Q_{\text{РАС\_ГОР}} \times [0,55 + 0,434 \cdot \cos \theta + 0,313 \cdot (\cos \theta)^2], \quad (7)$$

где $Q_{\text{РАС\_ГОР}}$ - поток рассеянной солнечной энергии, поступающий на горизонтальную поверхность ФМ, Вт/м². Его можно вычислить по формуле Берлаге [4]:

$$Q_{\text{РАС\_ГОР}} = \frac{1}{3} \cdot (Q_0 - Q_{\text{ОТР}}) \cdot \sin \alpha. \quad (8)$$

Отраженное от поверхности Земли излучение $Q_{\text{ОТР}}$, поступающее на наклонно установленную плоскость ФМ, учитываемое в выражении (2) для суммарной солнечной инсоляции, относительно мало и в первом приближении его не учитываем.

Выражение для расчета солнечной инсоляции, падающей на плоскость ФМ в условиях облачности, запишется в виде[4]:

$$Q_{\text{НАКЛ}} = (Q_{\text{ПР}} + Q_{\text{РАС}}) \times [1 - (a + b \cdot n) \cdot n], \quad (9)$$

где a - коэффициент, зависящий от широты местности установки ФМ в составе системы автономного электропитания (см. табл. 1); $b \approx 0,38$ - коэффициент, который при всех условиях оказывается примерно одинаковым; n - количество облаков ($n = 0$ при отсутствии облаков, $n = 1$ при сплошной облачности).

Таблица 1 – Зависимость коэффициента «а» от широты расположения систем автономного электропитания

Φ	0	10	20	30	40	50	60	70	75	80	85
A	0,38	0,4	0,37	0,36	0,38	0,4	0,36	0,18	0,16	0,15	0,14

На основе вышеприведенных соотношений (1)-(9) для определения среднемесячной солнечной инсоляции, падающей на поверхность ФМ, логичным является разработка программного продукта для применения на мобильных средствах.

Сравнения полученных результаты с данными по солнечной инсоляции проекта NASA «Prediction Of Worldwide Energy Resources» [5], выявлена приемлемая погрешность для применения в инженерных расчетах.

Литература

1. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учеб, пособ. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015.128 с.
2. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar engineering of thermal processes. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013. 928 p.
3. Duffett-Smith P., Zwart J. Practical Astronomy with your Calculator or Spreadsheet. New York: Cambridge University Press, 2011. 238 p.
4. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации.-Л.: Гидрометеиздат, 1968. 229 с.
5. NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources [Электронный ресурс]. URL: <https://power.larc.nasa.gov> (14.09.2024).

УДК 537.868.3

БИОСЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МОЛОКА

Крылова Н.Г., к.ф.-м.н., доцент, **Крутов А.В.**, к.т.н., доцент, **Ковалев В.А.**, к.т.н., доцент
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Республика Беларусь входит в пятерку ведущих стран мира по экспорту молочной продукции. Объемы производства молока составляют около 9 млн. тонн в год. Обеспечение качества молока – важная задача. От сортности поставляемого на переработку молока зависит качество молочной продукции, доходность отрасли. Молоко становится не пригодным к употреблению при заболевании животного маститом. По наблюдениям животноводов известно, что об этом заболевании коровы сигнализируют ряд факторов:

- уменьшение суточного удоя молока;
- замедление молокоотдачи, более продолжительная дойка;
- изменение цвета молока.

Основную проблему составляют маститы с субклиническим течением, т.е. без проявления клинических признаков болезни. Своевременное выявление данного заболевания позволяет не допускать его дальнейшего развития и получать высококачественное молоко.

Подтверждение этого заболевания дает только лабораторный анализ физико-химического состава молока, определение количества соматических клеток в 1 см³ молока, его электропроводности.

Установлено, что при маститах электропроводность молока животных повышается. В молоке при этом заболевании уменьшается содержание жира, казеина, лактозы, солей кальция, калия, фосфора, магния. Изменяются и другие показатели его состава. Экспресс оценка удельной электропроводности молока широко применяется в настоящее время при роботизированной дойке коров, в современном доильном оборудовании.

Нами проанализированы приборные методы диагностики мастита коров, в частности современные методы электрохимического анализа молока с использованием нанобиосенсоров. Биосенсор – это устройство, способное распознать объект исследования и

преобразовывать полученную информацию в электрический сигнал. Биосенсорные системы способны непрерывно сигнализировать о биологическом состоянии исследуемого объекта в режиме реального времени. В настоящее время активно ведутся исследования встречноштыревых структур электродов (ВШСЭ), направленные на оптимизацию топологии структуры, а также подбор материалов электродов и чувствительного покрытия. ВШСЭ из углеродных материалов (в том числе наноматериалов, таких как углеродные нанотрубки) и металлов зарекомендовали себя как подходящая платформа для создания биосенсоров для биомедицинских приложений. Биосенсоры на основе ВШСЭ могут использовать различные методы электрофизического детектирования: амперометрия, потенциометрия, дифференциальная вольтамперометрия, импедансная (диэлектрическая) спектроскопия. Значительное усиление сигнала в биосенсорах на основе ВШСЭ позволяет обнаруживать биоаналиты в сверх низких концентрациях, поэтому ВШСЭ платформа является на сегодняшний день наиболее востребованной для разработки электрохимических клеточных, ДНК- и иммуносенсоров. [1].

Использование биосенсоров в диэлектрической спектроскопии с широким диапазоном частот позволяет детектировать изменения многокомпонентного профиля состава молока, значительно повышая чувствительность и селективность анализа. Электрохимические сенсоры позволяют исследовать широкий спектр процессов с участием микро- и наночастиц [1-3]. Они сочетают в себе как возможности для оценки качественных параметров (удельная электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал), так и для выделения вклада отдельных составляющих в комплексную диэлектрическую проницаемость. В то же время, это требует разработки корректных многопараметрических моделей процесса описания протекающих электрохимических реакций при заболевании маститом. Окислительно-восстановительный потенциал (редокс-потенциал) молока является количественной мерой окисляющей и/или восстанавливающей способности. Потенциал нормального свежего молока, определенный потенциометрическим методом, равен 250-350 мВ и поддерживается рядом окислительно-восстановительных систем, включающих аскорбиновую кислоту, токоферолы, цистеин, рибофлавин, молочную кислоту, коферины окислительно-восстановительных ферментов (дегидрогеназ, оксидаз), кислород, металлы и др. Так, определяя комплексную диэлектрическую проницаемость молока на различных частотах исследуется поляризация различных компонентов молока. Различные профили изменения состава молока будут давать различный отклик электрохимической системы. Например, в дипольную поляризацию будут давать вклад молекулярные диполи белков и шариков жира. При этом каждый из типов диполей будет характеризоваться своим микроскопическим временем релаксации, что обуславливает необходимость учета распределения по временам релаксации. Таким образом, время релаксации перестает быть дискретной величиной, а описывается неким распределением около своего среднего значения.

Изменения в кислотности, вязкости, содержании жира, количестве ферментов (каталаза, липаза) в молоке, полученном от больных коров, будут приводить к изменению зависимости импеданса молока от частоты. Использование многопараметрической модели может обеспечить значительно большую чувствительность и селективность метода импедансной спектроскопии по сравнению с кондуктометрическими и электрометрическими методами.

В работе для описания электрохимической ячейки с молоком в сенсоре исследована модель, в которой электроды изолированы, что препятствует протеканию электрохимических реакций на поверхности электрода. Для этого электроды покрываются тонкими изолирующими покрытиями, которые препятствуют переносу заряда между электродом и электролитом. Подобные сенсоры являются емкостными и позволяют изучать электрохимические процессы и определять диэлектрическую проницаемость образца в приэлектродной области. В это случае, наиболее значимым измеряемым параметром является емкость сенсора, определяемая, в первую очередь, емкостью двойного слоя Гельмгольца. В зависимости от природы носителей заряда в электролите и концентрации

зарядов в приэлектродном слое варьируется ширина двойного слоя и величина напряженности электрического поля в приэлектродной области. Редокс-зонды также обеспечивают значительное повышение чувствительности сенсоров этого типа.

Эффективность сенсорной системы рассчитывалась по величине отклика в активном и реактивном сопротивлениях ячейки с молоком, при варьировании величины его проводимости. Величина отклика сенсора изучалась в зависимости от параметров встречно-штыревой структуры (ширины и длины электродов, межэлектродного расстояния) и типа сенсорного покрытия (в отсутствии или при наличии диэлектрического слоя). Моделирование и подбор наиболее точной эквивалентной электрической схемы наряду с выбором схемы проведения электрофизических измерений являются необходимыми этапами для корректного анализа получаемых экспериментальных данных.

Литература

1. Грушевская, Г. Одномолекулярное EIS-секвенирование ДНК на композитах нанопористых структур: достижения и перспективы / Г. Грушевская [и др.] // Наука и инновации – 2019. – № 4 (194). – С. 23-28.
2. Dielectrophoretic barrier-based microsystem for separation of microparticles / D.Chen, H. Du // Microfluidics and Nanofluidics. – 2007. – Vol. 3. – P. 603–610.
3. Dielectrophoretic platforms for bio-microfluidic systems / K. Khoshmanesh [et al.] // Biosensors and Bioelectronics. – 2011. – Vol. 26, № 5. – P. 1800–1814.
4. 3D paired microelectrode array for accumulation and separation of microparticles / D. Chen [et al.] // Journal of micromechanics and microengineering. – 2006. – Vol. 16. – P. 1162–1169.

УДК 681.5

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕХОВОГО УРОВНЯ

Барашко О.Г., к.т.н., доцент, **Кобринец В.П.**, к.т.н., доцент

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Организационная поддержка систем управления цехового уровня является сталкивается с целым рядом проблем, связанных с отсутствием ответственности персонала цеха (мастеров и начальника) за учет. За учет в MES системе должны отвечать сотрудники цеха, иначе информация в MES-системе не будет достоверной. В каждом цеху существуют формы, в которых производство отчитывается за свои результаты: перед бухгалтерией, перед руководством, перед технологом и руководителем производства. Эти формы должны быть заменены документацией, реализованной в качестве отчетов в MES-системе. Процесс заполнения форм должен быть заменен процессом подтверждения корректности информации и результатов работы смены в цеху.

Если результаты учета в MES не используются в качестве первичной информации для бухгалтерии, если из MES не печатаются первичные документы, если отчеты из MES не запрашиваются регулярно руководителями, то учет в MES становится задачей второго порядка и им будут пренебрегать. Соответственно, информация в MES не будет достоверной.

Функционал первичного учета в MES в идеале должен быть таким, чтобы новый сотрудник мог быстро обучиться, а контрольные, аналитические операции и процедуры планирования должны быть описаны для того, чтобы новые рядовые сотрудники могли самостоятельно обучаться работе с системой. Техническая документация нужна для того, чтобы специалисты второй линии поддержки, решающие сложные вопросы и выполняющие доработки системы понимали, как работает система и выполняли доработки оптимальным образом, не придумывая велосипеды и не ломая существующий функционал.

У информации, функционирующей на цеховом уровне, должны быть потребители: главный технолог, который хочет иметь больше возможностей для анализа, руководитель производства, который хочет более тотального контроля, финансовый директор, который хочет более достоверной информации. Только эти люди могут проконтролировать полноту и корректность учета. Если они не видят смысла в MES-системе, не формируют спрос на информацию из MES-системы, не участвуют непосредственно во внедрении, не обеспечивают работу производителей с системой, то система работает лишь на бумаге. Отсутствие координаторов внедрения – самая частая причина срыва сроков проектов MES: задержки в поставках, монтаже или настройке оборудования. В команде проекта должен быть человек, который будет контролировать все работы проекта – и на стороне разработчиков, и на стороне предприятия, и на стороне поставщиков.

УДК 537.868.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛИКА СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОПОЛОГИИ ЭЛЕКТРОДНОЙ СТРУКТУРЫ

Крылова¹ Н.Г., к.ф.-м.н., доцент, Олейников¹ Д.А., студент, Крутов¹ А.В., к.т.н., доцент, Ковалев¹ В.А., к.т.н., доцент, Грушевский² В.В., к.х.н.

¹ Белорусский государственный аграрный технический университет,

² Государственный комитет судебных экспертиз Республики Беларусь, г. Минск

Электрические и электрохимические сенсорные системы могут обеспечить микробиологический и молекулярно-биохимический контроль в экспресс-режиме со значительной экономической выгодой [1]. Однако большинство предлагаемых систем все еще требуют разработки технологических решений, конструктивных особенностей, высокоселективных покрытий, а также методов и протоколов работы (в том числе подготовку проб и их очистку) для каждой задачи ввиду сложности композитного состава биологических образцов. Целью данной работы является оценка эффективности применения импедансного сенсора на основе встречно-штыревой структуры электродов как средства мониторинга и экспресс диагностики свойств молока. Для этого проведено теоретическое моделирование отклика сенсора в зависимости от его конструктивных особенностей.

В работе исследована модель электрохимической ячейки с молоком, представленная на рис.1а.

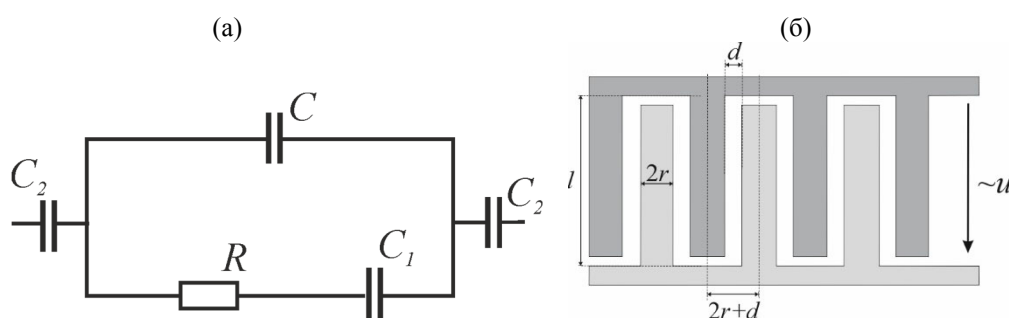


Рисунок 1 – Простая эквивалентная схема электрохимической ячейки с молоком для сенсора нефарадеевского типа (а); схема встречно-штыревой электродной структуры (б)

В этой модели параллельно с емкостью двойного электрического слоя Гельмгольца C , формирующегося на границе с электродом, включено электрическое сопротивление R , величина которого определяется объемной электрической проводимостью молока, и емкость C_1 , обусловленная поляризацией белковых молекул и жировой фракции. Введением дополнительных емкостей C_2 моделируется сенсор нефарадеевского типа, в котором

электроды изолированы диэлектрическим покрытием, что препятствует протеканию электрохимических реакций.

Импеданс цепи определен методом эквивалентных преобразований. В явном виде он выражается формулой:

$$Z_{\text{неФ}} = \frac{C_1^2 R}{C^2 C_1^2 R^2 \omega^2 + (C + C_1)^2} - j \left(\frac{C C_1^2 R^2 \omega^2 + C + C_1}{C^2 C_1^2 R^2 \omega^3 + \omega (C + C_1)^2} + \frac{2}{\omega C_2} \right). \quad (1)$$

Рассматривается импедансный сенсор, выполненный в виде встречно-штыревой электродной структуры (рис. 1б), где каждая пара электродов представляет собой электрохимическую ячейку. Введены следующие параметры: r – полуширина электрода; d – расстояние между электродами; l – длина электрода. Результирующая величина комплексной проводимости сенсора определяется как сумма комплексных проводимостей параллельно соединенных ячеек. Чтобы выявить зависимость отклика сенсора от параметров электродной структуры, для нахождения R использовалась модель двухпроводной линии. Принято условие, что $d \ll l$; $R = \frac{0,5}{\pi \gamma l} \ln \left(2 + \frac{d}{r} \right)$; для определения C_1 предполагалась обратнопропорциональная зависимость от ширины зазора: $C_1 = \frac{a_c \varepsilon}{d} \gamma$.

Проводимость молока ($\gamma = 5,9$ См/см для здоровой коровы и $7,2$ См/см для коровы, больной маститом), ε – абсолютная диэлектрическая проницаемость молока, a_c – коэффициент пропорциональности. Рассчитывалась разность импеданса для здорового и маститного молока $\Delta Z = \Delta R + j \Delta X = \Delta Z(\gamma = 7,2) - \Delta Z(\gamma = 5,9)$. Расчеты проводились для низких частот ($\omega = 314$ рад/с).

На рис. 2 представлены результаты моделирования.

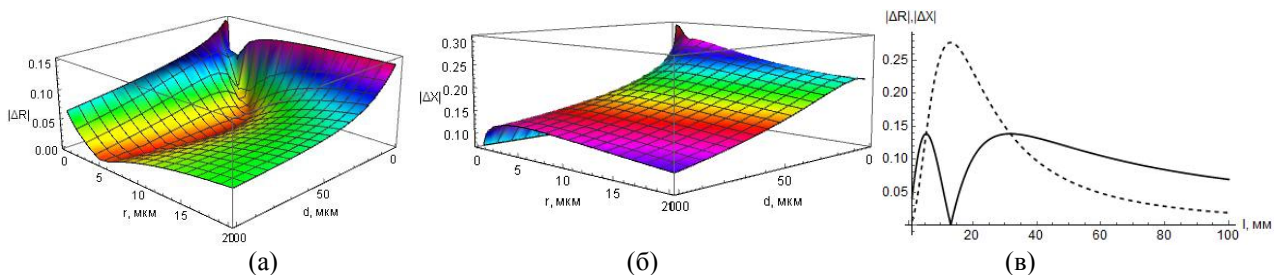


Рисунок 2 – Зависимость отклика сенсора от параметров сенсорной системы:

- (а), (б) – зависимости абсолютных значений разности активного $|\Delta R|$ и реактивного $|\Delta X|$ сопротивлений для здорового и маститного молока от полуширины электродов r и межэлектродного расстояния d при длине электродов $l = 10$ мм; (в) зависимости разности активного $|\Delta R|$ (сплошная) и реактивного $|\Delta X|$ (пунктирная) сопротивлений для здорового и маститного молока от длины электродов l при $r = 2$ мкм, $d = 10$ мкм.

Как видно из рис.2а,б реактивная составляющая $|\Delta X|$ имеет максимум при $r < 5$ мкм, после чего наблюдается плавное снижение, однако при этих значениях параметра активная составляющая $|\Delta R|$ имеет выраженный минимум. При $r > 5$ мкм с ростом межэлектродного расстояния активная и реактивная составляющие убывают по величине. В то же время, при $r < 5$ мкм наблюдается максимум $|\Delta R|$ в области значений $d = 10$ – 30 мкм. Для дальнейшего анализа выбраны следующие величины: $r = 2$ мкм, $d = 10$ мкм. Как видно из рис.2в, изменения реактивной составляющей импеданса имеют максимум при $l = 13$ мм, при этом активная составляющая разности импеданса равна нулю. Поэтому, в качестве оптимальных параметров следует выбрать значения, соответствующие максимуму функции $|\Delta R|$: $l = 5,4$ мм и $l = 31,7$ мм.

Выводы

Путем моделирования сенсора нефарадеевского типа методом эквивалентных электрических схем найдены следующие оптимальные параметры: длина электродов – 5,4 мм, ширина – < 5 мкм, межэлектродное расстояние – 10-30 мкм.

Литература

1. Biosensors for on-farm diagnosis of mastitis. / S.A.M. Martins [et al.] // Front. Bioeng. Biotechnol. – 2019. – Vol. 7. – Article 186.

УДК 621.35 : 633.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ НА СЕМЕНА ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ

Кардашов П.В., к.т.н., доцент, **Корко В.С.**, к.т.н., доцент, **Дубодел И.Б.**, к.т.н., доцент
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Одними из основных посевных показателей качества семян, определяемых государственными стандартами (СТБ 1123-98 и СТБ 1894-2008), является их лабораторная всхожесть, энергия прорастания, длина проростков и длина корней. Соответственно задачами экспериментальных исследований являлось определение влияния электроактивированных растворов с различным уровнем водородного показателя (рН) и окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) на вышеуказанные стандартные показатели при обработке семян пшеницы и ячменя по сравнению с проращиванием в обычной водопроводной воде.

В качестве объекта активирования использовали раствор поваренной соли NaCl концентрацией 4 г/л в водопроводной воде, имеющей исходные $pH = 7,2 \dots 7,4$ и ОВП = +240 ... 300 мВ. Электроактивированные растворы, параметры которых представлены в таблице 1, приготовлены в электрохимическом реакторе при напряжении питания 12 В и рабочем токе 4 А.

Таблица 1 – Показатели электроактивированных растворов

Катодит		Анолит		Смесь католита и анолита 1:1	
рН	ОВП, мВ	рН	ОВП, мВ	рН	ОВП, мВ
9,7...10,3	-355... -435	1,9...2,2	+65...+82	7,2...7,5	-200... -250

Эффективность воздействия электрохимически активированных растворов на исследуемые материалы была оценена путем определения энергии прорастания и всхожести образцов по отношению к контрольным партиям.

Исследования проводили по следующей методике. Бралось пять проб по 100 штук семян без выбора из чистой фракции исследуемых культур. Каждая проба помещалась отдельно в раcтильни, чашки Петри. При этом семена раскладывали рядами на увлажненную до полной влагоемкости фильтрованную бумагу. Раcтильни закрывались стеклом и помещались в термостаты, поддерживающий температуру +21°C. Состояние ложа проверяли ежедневно, при необходимости смачивая его электроактивированными растворами, не допуская переувлажнения. Энергию прорастания определяли на 5 сутки для пшеницы и на 7 сутки для ячменя, соответственно всхожесть - на 10 и 14 сутки. К числу всхожих относили семена, корешки которых достигали половины их длины.

Среднеарифметические значения результатов опытов приведены на рисунках 1 и 2.

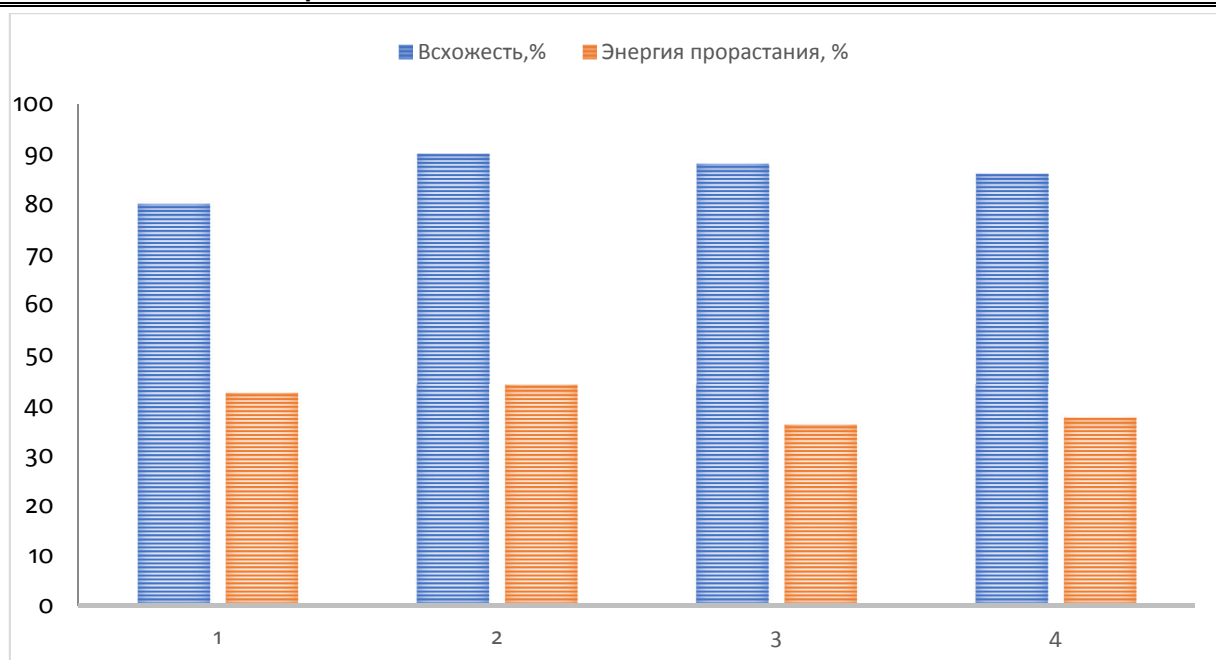


Рисунок 1 – Показатели энергии прорастания и всхожести пшеницы:
1 – контроль, 2 – католит, 3 – анолит, 4 – смесь католита и анолита

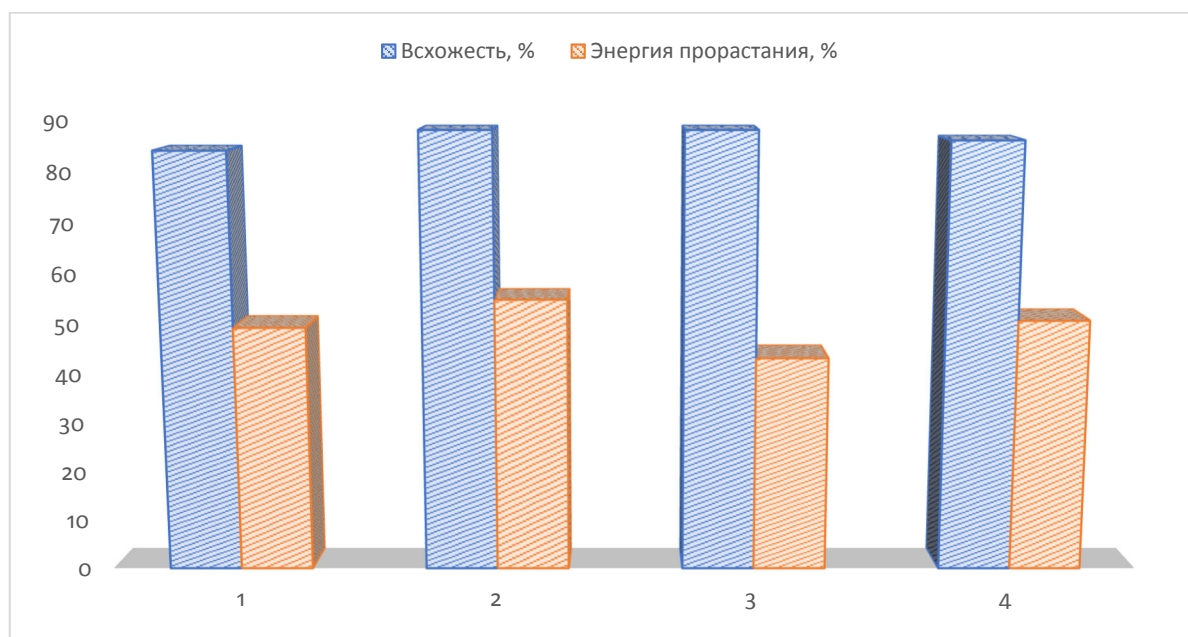


Рисунок 2 – Показатели энергии прорастания и всхожести ячменя:
1 – контроль, 2 – католит, 3 – анолит, 4 – смесь католита и анолита

Анализ результатов исследования (рисунки 1 и 2) показывает, что во всех опытных партиях наблюдается положительный эффект стимуляции жизнедеятельности семян, однако неодинаковый для разных культур и для исследуемых показателей. В результате обработки электроактивированными растворами заметно увеличилась энергия прорастания семян обеих культур, за исключением отрицательного воздействия анолита на семена ячменя (снижение энергии прорастания на 6,0%). Весьма заметное стимулирующее воздействие на семена оказывает обработка католитом, которая обеспечивает повышение энергии прорастания пшеницы на 1,6% и ячменя - более чем на 5,5%.

Общая всхожесть семян контрольной партии составила 80% для пшеницы и 84% для ячменя, что соответствует показателю их кондиции. В опытных партиях общая всхожесть выше по сравнению с контролем, т.е. семена, которые находились в глубоком покое и не проросли в обычных условиях, в результате стимуляции дали всходы, тем самым повысив

кондиционность. Причем, в католите общая всхожесть пшеницы увеличилась более чем на 10%, а ячменя - на 4%. Аналогично в анолите всхожесть пшеницы увеличилась на 8% и ячменя – на 4%. В то же время смесь католита и анолита обеспечила повышение всхожести пшеницы на 6% и ячменя – на 2%.

Таким образом, улучшение посевных качеств семенного материала и повышение биологической активности растений в среде электроактивированных растворов выражается в более быстром и полном выходе семян из состояния покоя, возрастании всхожести, увеличении энергии прорастания.

УДК 621.385.6

РЕЗОНАТОР С СВЧ ЭНЕРГОПОДВОДОМ ДЛЯ РАЗМОРАЖИВАНИЯ СЛИЗИСТЫХ СУБПРОДУКТОВ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Воронов Е.В., к.э.н., доцент, **Смирнов Р.А.**, к.т.н., доцент, **Новикова Г.В.**, д.т.н., профессор
Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, г. Княгинино

Целью исследований является обоснование электродинамических параметров резонатора с источниками электромагнитных излучений, предназначенного для размораживания, термообработки с обеззараживанием и нейтрализацией неприятного запаха вторичного мясного сырья.

Для разработки технологических процессов, конструирования соответствующих установок и цифровых моделей взаимодействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) с сырьем при его термообработке в объемном резонаторе необходимо знать его диэлектрические и физические параметры в широком диапазоне температур. Эти характеристики сырья, в том числе слизистых субпродуктов жвачных животных меняются скачкообразно в областях близких к фазовым переходам, так как дефростация замороженного мясного сырья сопровождается нелинейным течением коагуляционно-денатурационных процессов. Все эти особенности следует учитывать при разработке дефростера для вторичного мясного сырья с нейтрализацией неприятного запаха. Преобладающим компонентом в указанном сырье является лед, вода и жир, поэтому они определяют характер изменения диэлектрических параметров от температуры.

По данным Рогова И. А. диэлектрическая проницаемость льда при фазовом переходе равна 92...92,7, а воды – изменяется от 89 до 53,7 в зависимости от температуры 0...100°C. Диэлектрическая проницаемость измельченного мясного сырья от влажности и жирности из-за разнообразности форм связи влаги имеет сложный характер (рис. 1).

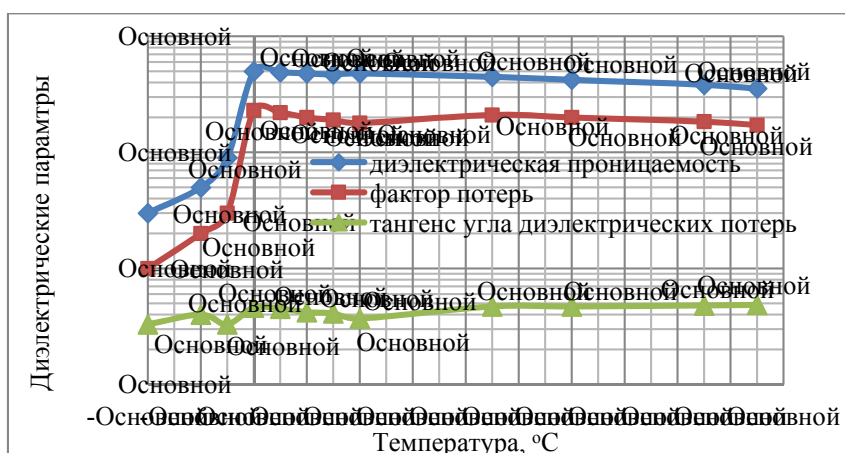


Рисунок 1 – Изменение диэлектрических параметров измельченного замороженного вторичного мясного сырья, жирностью 6...10 % (Источник – Рогов И. А., с. 66, 72) [1]

На частоте 2400 МГц фактор диэлектрических потерь с увеличением жирности (2,2...21,5 %) уменьшается с 17,3 до 10,6, а при добавлении соли (0...3 %) возрастает с 16,6 до 34. Максимальные значения диэлектрической проницаемости и фактора потерь замороженного измельченного мясного сырья будут при температуре 0...2 °С, т.е. при фазовом переходе льда в воду.

Глубина проникновения электромагнитного поля в замороженное мясное сырье намного больше, чем при положительных температурах (рис. 2).

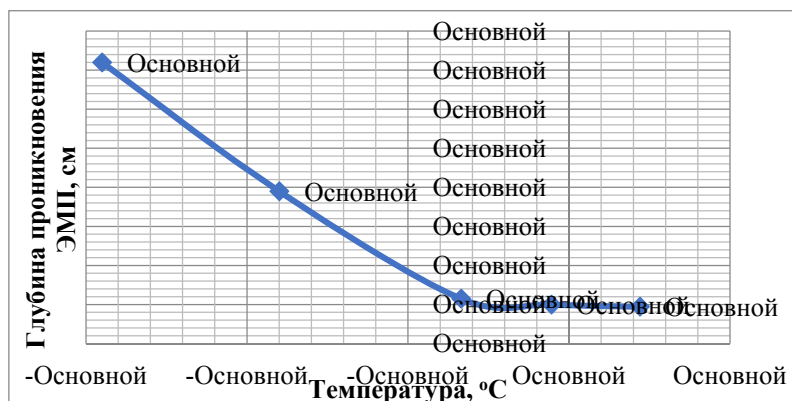


Рисунок 2 – Изменение глубины проникновения ЭМП в измельченное замороженное мясное сырье, жирностью 6...10 % (Источник – Рогов И. А., с. 109) [1]

Для размораживания измельченного вторичного мясного сырья можно воспользоваться установкой с коаксиальным резонатором.

Установка с коаксиальным резонатором (рис. 3). Создана СВЧ установка с коаксиальным резонатором с внутренним спиральным цилиндром для термообработки вторичного мясного сырья в непрерывном режиме (заявка 2023127788, положительное решение от 04.06.2024 г). Инновационная идея состоит в том, что боковая поверхность внутреннего цилиндра выполнена в виде спирали. Это позволит существенно увеличить мощность потока излучений в коаксиальном резонаторе. При этом внутрь спирального цилиндра поток мощности излучений проходит через межвитковую щель. Благодаря большому объему коаксиального резонатора при малой площади его поверхности увеличивается собственная добротность всей резонансной системы и, следовательно, стабильность частоты. Шаг спирали и длина одного витка подобраны так, чтобы усилить энергию СВЧ бегущей волны в объеме коаксиального резонатора. Установка предназначена для размораживания, термообработки с обеззараживанием и нейтрализацией неприятного запаха измельченного вторичного мясного сырья комплексным воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ), бактерицидного потока УФ лучей и озона в непрерывном режиме. Установка содержит в вертикально установленном неферромагнитном цилиндре 2 с перфорированным нижним основанием 7, соосно расположенный неферромагнитный спиральный цилиндр 4 и электроприводной фторопластовый шнек 5, со сплошной винтовой поверхностью. Средний периметр кольцевого объема, между цилиндрами, образующего коаксиальный резонатор 3, и его высота кратны половине длины волны. К нижнему перфорированному основанию цилиндра прикреплен накопительная емкость 8, содержащая запредельный волновод 9 с шаровым краном, а на верхнее неферромагнитное кольцевое основание установлена загрузочная емкость 1 с задвижкой. К внутренней стороне кольцевого основания цилиндра с радиальным сдвигом установлены неферромагнитные коронирующие щетки 13, под которыми радиально расположены электрогазоразрядные лампы 12, запитанные от генераторов килогерцовой частоты. Под лампами расположена керамическая кольцевая сферическая поверхность 11. По периметру боковой поверхности цилиндра со сдвигом на 120 градусов и сдвигом по высоте установлены волноводы с магнетронами 6 и вентиляторами.

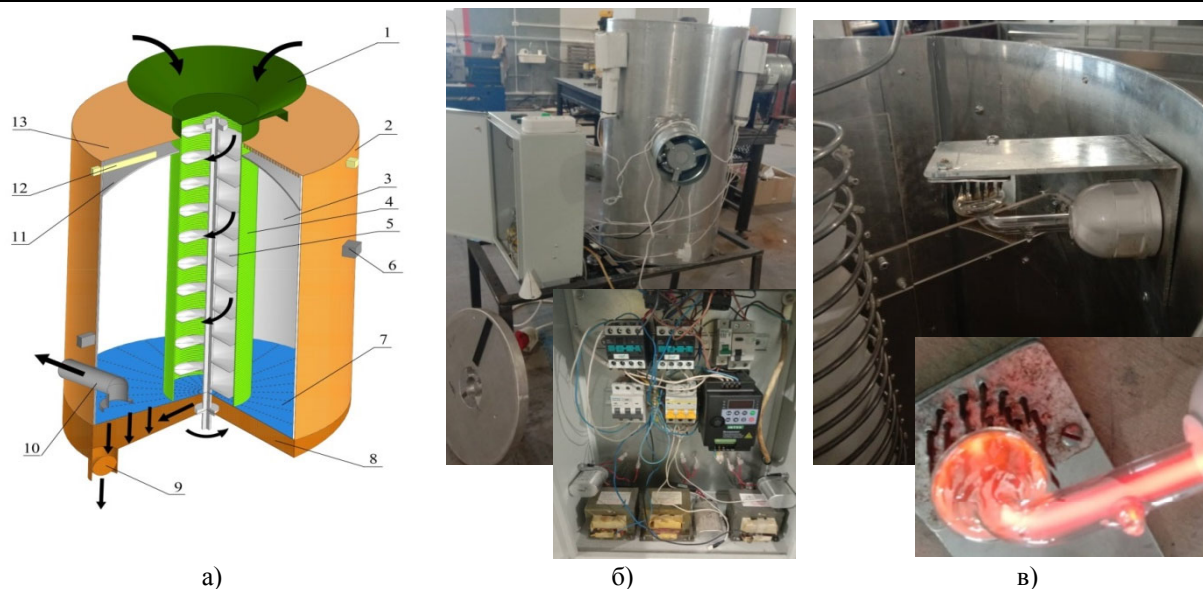


Рисунок 3 –Установка с коаксиальным резонатором для термообработки вторичного жиросодержащего мясного сырья:

- а) технологическая схема; б) общий вид со шкафом управления в) элементы для обеззараживания сырья;
- 1 – загрузочная емкость; 2 – наружный цилиндр с перфорированным нижним основанием 7; 3 – коаксиальный резонатор; 4 – внутренний неферромагнитный спиральный цилиндр; 5 – фторопластовый шнек; 6 – магнетроны; 8 – неферромагнитная накопительная емкость; 9 – заградительный волновод; 10 – диэлектрическая труба; 11 – керамическая кольцевая поверхность; 12 – неоновые лампы; 13 – коронирующие щетки

Закключение

Результаты вычисления электродинамических параметров показывают, что напряженность электрического поля в коаксиальном резонаторе составляет 4...6 кВ/см при их размерах, согласованных с семикратной длиной волны (7λ) и мощности генератора 2400 Вт. Собственная добротность составила – 130 тыс. Нагруженная добротность равна 14...22 тыс.

Литература

1. Электрофизические, оптические и акустические характеристики пищевых продуктов / И. А. Рогов, В. Я. Адаменко, С. В. Некрутман – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 288.
2. Стрекалов А. В. Стрекалов Ю.А. Электромагнитные поля и волны. – М.: РИОР:ИНФРА-М 2014. -375 с.

УДК 66.087.5:637.146.4

К РАСЧЕТУ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОРА БЕЛКОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Кривовязенко Д.И., к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Производство молочной сыворотки в Республике Беларусь неуклонно растет и к 2025 году достигнет 5 млн. тонн [1]. Оптимальным способом переработке сыворотки является извлечение из нее наиболее ценных компанентов, одним из которых является сывороточный белок. Известные методики расчета электродных систем [2,3] справедливы в условиях существенного влияния температуры среды на потребляемую мощность при отсутствии значительного изменения кислотности (рН). Предлагаемая методика позволяет провести расчет параметров электрореактора с учетом изменения ионного состава среды при незначительном изменении температуры.

Электрокоагулятор предназначен для коагуляции белков молочной сыворотки. Он может быть использован для коагуляции белков картофельного сока и некоторых других коллоидных сред.

Электрокоагулятор должен выполнять следующие технологические требования:

- дозировать количество электричества, протекающего через сыворотку в пределах 5000...7000 Кл/кг;
- поддерживать в заданном диапазоне напряженность электрического поля 500...700 В/м и плотность тока 100...120 А/м²;
- обеспечивать продолжительность обработки сыворотки в течение 1600...1800 с;
- не превышать температуру сыворотки более 25...28 °С;
- изменять рН показатель в анодной зоне от 4,6 до 3...4, в катодной от 3...4 до 8...10;
- выделять после коагуляции не менее 90 % белков.

Задача расчета электрокоагулятора состоит в определении конструктивных размеров электроореактора, напряжения питания и мощности. Основными расчетными размерами являются площадь поверхности электродов, межэлектродное расстояние в анодной и катодной зоне, число электродных камер. Электроореактор должен обеспечивать необходимое изменение водородного показателя молочной сыворотки и, как следствие, коагуляцию белков.

Расчетная схема электроореактора показана на рисунке 1. Молочная сыворотка с начальным $pH_n=4,7...4,9$ входит в анодную зону А, опускается вниз, подвергаясь воздействию электрического тока. Ее pH снижается до 3,0...3,5 в зоне перехода из анодного в катодное пространство. Далее сыворотка протекает вверх вдоль катода, при этом pH изменяется от 3,0...3,5 до 9...10. Эти изменения pH охватывают весь диапазон изоэлектрических точек в которых белки коагулируют [4].

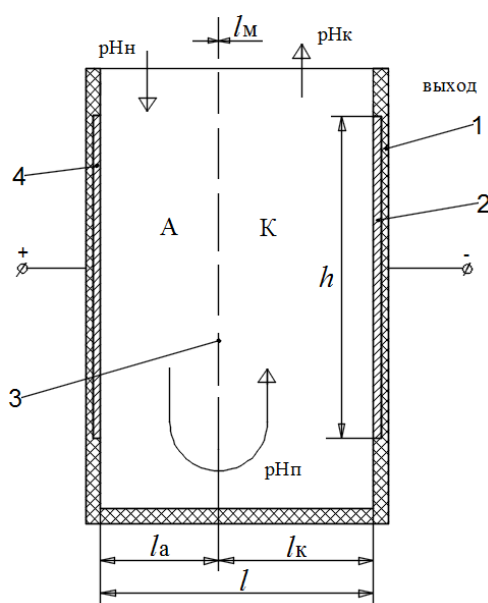


Рисунок 1 – Расчетная схема электроореактора:

1 – корпус; 2, 4 – токоподводящие электроды; 3 – мембрана; А – анодная зона; К – катодная зона

Площадь поверхности электродов можно найти из уравнения баланса количества электричества на коагуляцию белков сыворотки

$$Q = Q_{\Sigma} + Q_n, \quad (1)$$

где Q, Q_{Σ}, Q_n - количество электричества соответственно подведенное к электроореактору, полезно затраченное на электрообработку и потерянное на нагревание окружающей среды, Кл.

Количество электричества, подведенное к электроореактору

$$Q = \gamma_{\Sigma}(pH) E_c S d \tau, \quad (2)$$

где $\gamma_{\Sigma}(pH)$ - зависимость эквивалентной электрической проводимости сыворотки от водородного показателя, См/м; E_c - средняя напряженность электрического поля между анодом и катодом, В/м; S - площадь электрода, м²; τ - продолжительность обработки, с.

Примем, что температура изменяется за время обработки незначительно и ее влияние на проводимость сыворотки не учитываем.

Удельная эквивалентная электрическая проводимость сыворотки применительно к расчетной схеме (рисунок 1)

$$\gamma_{\Sigma}(pH) = \frac{l_a + l_k + l_m}{\frac{l_a}{\gamma_V^A(pH)} + \frac{l_k}{\gamma_V^K(pH)} + \frac{l_m}{\gamma_V^M} + 2\rho_k},$$

где l_a, l_k, l_m - соответственно расстояния от анода до мембраны, от катода до мембраны и толщина мембраны, м; $\gamma_V^A(pH)$, $\gamma_V^K(pH)$, γ_V^M - удельная объемная электрическая проводимость сыворотки в анодной, катодной области и мембраны, См/м; ρ_k - удельное контактное сопротивление, Ом · м².

Межэлектродное расстояние l в электроореакторе коагулятора белков сыворотки следует принимать примерно 0,02 м. Соотношение расстояний $l_a / l_k = 0,8 \dots 0,9$, по нашим исследованиям. Различные расстояния обусловлены разной скоростью реакций в анодной и катодной зонах. Толщина мембраны l_m соответствует толщине материала, используемого для этих целей. Для полиамидной мембраны МИФИЛ-ПА $l_m = 0,25 \cdot 10^{-3}$ м. Удельное контактное сопротивление $\rho_k = 0,015$ Ом · м².

После преобразований получим

$$\gamma_{\Sigma}(pH) = \gamma_{\Sigma}(pH_{нач}) \frac{0,12 - 0,003 pH}{0,12 - 0,0012 pH},$$

где $\gamma_{\Sigma}(pH_{нач}) = 0,84$ См/м при $pH_{нач} = 4,8$.

Количество электричества, затраченное на электрокоагуляцию

$$Q_{\Sigma} = q(pH) m d(pH),$$

где $q(pH)$ - удельное количество электричества на коагуляцию белков в одном килограмме сыворотки, Кл/кг; m - масса обрабатываемой сыворотки, кг.

Зависимость удельного количества электричества от pH

$$q(pH) = \frac{(10^{3-pH_{нач}} - 10^{3-pH_k}) F}{\rho n_{H^+}},$$

где $\rho = 1020$ кг/м³ - плотность молочной сыворотки; $F = 96485$ Кл/моль - число Фарадея.

При одинаковых объемах анодной и катодной зон электроореактора число переноса ионов H^+

$$n_{H^+} = \frac{C_{H^+}^{A_0} \lambda_{H^+}}{\sum_{i=1}^a C_{k_i}^{A_0} \lambda_{k_i} + \sum_{j=1}^b C_{a_j}^{K_0} \lambda_{a_j}}, \quad (2)$$

где $C_{H^+}^{A_0}$, $C_{k_i}^{A_0}$, $C_{a_j}^{K_0}$ - соответственно начальная концентрация катиона H^+ , i -го катиона в анодной зоне и j -го аниона в катодной зоне, моль/м³; λ_{H^+} , λ_{k_i} , λ_{a_j} - соответственно подвижность катиона H^+ , i -го катиона и j -го аниона, См · м².

Зависимость концентрации ионов сыворотки рассмотрена в нашей работе [4]. Подставив значения их концентраций в (2) получим $n_{H^+} = 0,73$.

Потери энергии в окружающую среду учитываем коэффициентом потерь K , равным 1,05...1,10.

Подставив соответствующие значения в (1), получим

$$\frac{E_c S \gamma_{\Sigma}(pH_{нач}) \rho n_{H^+}}{kmF} = \frac{0,12 - 0,0012 pH}{0,12 - 0,03 pH} (10^{3-pH_{нач}} - 10^{3-pH_{к}}) \quad \text{или} \quad (3)$$

Правая часть уравнения (3) может быть решена только численно. Для $pH_{нач}=4,8$ и $pH_{к}=10$ ее решение с помощью приложения Matcad дает число $f=0,84$.

Тогда площадь электродов реактора

$$S = \frac{K m f k_m}{E_c \gamma_{\Sigma}(pH_{нач}) \rho n_{H^+} \tau},$$

где $k_m=55,6$ моль/кг – количество молей в 1 кг сыворотки, приблизительно.

Среднюю напряженность электрического поля E_c принимают согласно нашим исследованиям 600...700 В/м, плотность тока до 110 А/м². Напряжение питания чаще всего 12 В.

Количество электродных камер N зависит от производительности коагулятора и его конструктивного выполнения.

Площадь одного электрода

$$S_1 = S : N.$$

Высота электрода при его заданной ширине ϵ

$$h = S_1 : \epsilon.$$

Ширина электроореактора приближенно можно определить (рис. 1)

$$L = N(l + 2\delta_{cm}),$$

где $\delta_{cm} = 2...3$ мм - толщина электрода.

Высота стенок электроореактора должна быть на 10...20 % больше высоты электрода [5].

Расчетная мощность электрореактора, Вт:

$$P_p = \frac{U^2 \gamma_{\vartheta} (pH_{нач}) S}{l}.$$

По изложенной методике рассчитан электрореактор коагулятора белков молочной сыворотки и изготовлен лабораторный образец (рисунок 2). Производительность электрокоагулятора 1000 кг/ч, мощность 10 кВт. Напряжение питания электрореактора 12 В, расчетный ток 900 А. Источник питания электрореактора стандартный выпрямитель ТВ1-1200/12Т-0УХЛ4. Питание электрокоагулятора от сети 400/230В.

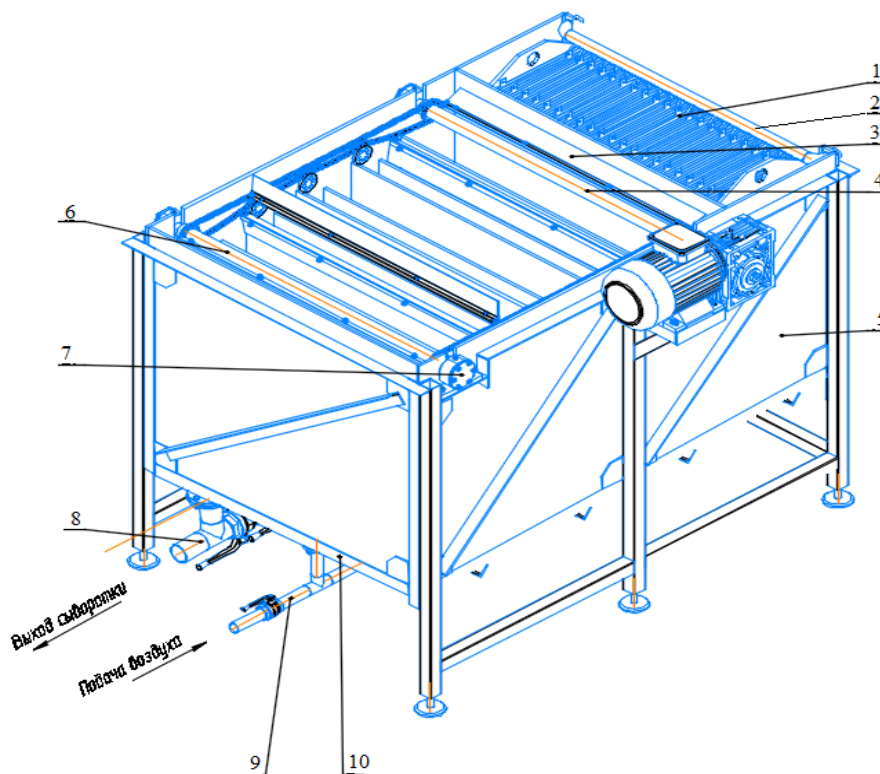


Рисунок 2 – Электрокоагулятор белков молочной сыворотки:

1-электрореактор; 2- трубопровод подвода исходной сыворотки; 3-скребковый транспортер; 4-вал приводной; 5-бак; 6-вал ведомый; 7-ролик опорный; 8-трубопровод отводной; 9-трубопровод подвода воздуха; 10-каркас

Заключение

Предложена методика расчета электрореактора необходимой производительности. Данная методика применима и к другим коагуляторам коллоидных смесей, например, для устройств очистки сточных вод предприятий мясной, молочной, кожевенной и др. промышленности. По методике рассчитан и разработан опытный электрокоагулятор белков.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь : [статистический сборник] / Национальный статистический комитет Республики Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева (гл. ред.) [и др.]. – Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь, 2023. 228 с.
2. Гайдук, В.Н. Практикум по электротехнологии / В.Н. Гайдук, В.Н. Шмигель. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 176 с
3. Заяц, Е.М. Электротехнология : учебное пособие / Е. М. Заяц. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 400 с.

4. Кривовязенко, Д.И. Электрохимическое изменение концентрации ионов в молочной сыворотке / Д.И. Кривовязенко, Е.М. Заяц // Агропанорама. – 2019. – №4. – С. 42–45.
5. Ющенко, И. Б. Разработка способа электрокоагуляции белка картофельного сока : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.02 / И. Б. Ющенко. – Минск, 1997. – 122 л.

УДК 621.313

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ

Зеленькевич¹ А.И., к.т.н., доцент, Збродыга¹ В.М., к.т.н., доцент,
Шевчик² Н.Е., к.т.н., доцент

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,

²Институт энергетики НАН Беларуси, г. Минск

При отсутствии специальных приборов для непосредственного измерения показателей качества электроэнергии коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности можно определить аналитическими методами, используя измеренные с помощью вольтметров значения междуфазных и фазных напряжений трехфазной электрической сети. Применяются точные аналитические методы, требующие большого количества вычислений, и приближенные. Эти методы были представлены в действовавшем ранее ГОСТ 13109-97 [1].

Например, действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты вычисляется по формуле

$$U_2 = \sqrt{\frac{1}{12} \left[\left(\sqrt{3}U_{AB} - \sqrt{4U_{BC}^2 - \left(\frac{U_{BC}^2 - U_{CA}^2}{U_{AB}} + U_{AB} \right)^2} \right)^2 + \left(\frac{U_{BC}^2 - U_{CA}^2}{U_{AB}} \right)^2 \right]}, \quad (1)$$

а коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} в процентах:

$$K_{2U} = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100, \quad (2)$$

где U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} – действующие значения напряжения междуфазных напряжений прямой последовательности основной частоты, В; U_1 – действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты, В.

Допускается вычислять U_2 по приближенной формуле

$$U_2 = 0,62(U_{нб} - U_{нм}), \quad (3)$$

где $U_{нб}$, $U_{нм}$ – наибольшее и наименьшее действующие значения из трех междуфазных напряжений основной частоты, В.

При этом относительная погрешность определения K_{2U} с использованием формулы (3) вместо формулы (1) не превышает 8 % [1].

Действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты U_0

$$U_0 = \frac{1}{6} \sqrt{\left[\frac{U_{BC}^2 - U_{CA}^2}{U_{AB}} - 3 \cdot \frac{U_B^2 - U_A^2}{U_{AB}} \right]^2 + \left[\sqrt{4U_{BC}^2 - \left(U_{AB} - \frac{U_{BC}^2 - U_{CA}^2}{U_{AB}} \right)^2} - 3 \sqrt{4U_B^2 - \left(U_{AB} - \frac{U_B^2 - U_A^2}{U_{AB}} \right)^2} \right]^2}, \quad (4)$$

где U_A, U_B – действующие значения фазных напряжений прямой последовательности основной частоты, В.

Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности K_{0U} в процентах

$$K_{0U} = \frac{U_0}{U_1} \cdot 100, \quad (5)$$

Допускается вычислять $U_{0(1)}$ по приближенной формуле

$$U_0 = 0,62(U_{\text{нб.ф}} - U_{\text{нм.ф}}), \quad (6)$$

где $U_{\text{нб.ф}}, U_{\text{нм.ф}}$ – наибольшее и наименьшее из трех действующих значений фазных напряжений основной частоты, В.

При этом относительная погрешность определения $K_{0(1)}$ с использованием формулы (6) вместо формулы (4) не превышает $\pm 10\%$ [1].

При определении U_0 в четырехпроводных сетях по (4) при $U_{AB}=0$ и $U_{BC}=U_{CA}$ (двухфазное короткое замыкание) формула дает неопределенность $0/0$ и, таким образом, неприменима для критических случаев несимметрии.

В действующем ГОСТ 32144-2013 [2], который соответствует европейскому региональному стандарту EN 50160 [3], уже не представлена методика расчета, но указано, что для определения показателей несимметрии напряжений должны быть проведены измерения по ГОСТ 30804.4.30 [4]. Согласно ГОСТ 30804.4.30 коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности $K_2, \%$, определяют по формуле (2) или из выражения:

$$K_{2U} = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где

$$\beta = \frac{U_{AB}^4 + U_{BC}^4 + U_{CA}^4}{(U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2)^2}. \quad (8)$$

Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности $K_0, \%$, определяют по формуле (5).

Но в ГОСТ 30804.4.30 не полностью представлена методика расчета вышеуказанных показателей. В частности, отсутствуют формулы определения напряжений обратной и нулевой последовательности, что в некоторой степени затрудняет расчет и вызывает сомнение в достоверности полученных таким образом результатов.

Выводы:

1. В действующих нормативных документах не в полном объеме приведены методики расчета показателей несимметрии напряжений с использованием измеренных значений междупазных и фазных напряжений трехфазной электрической сети, что затрудняет их определение при отсутствии специальных дорогостоящих измерительных приборов, а также может вызвать сомнения в достоверности полученных результатов.

2. Существующие методики аналитического расчета требуют доработки, так как предназначены только для вычисления модулей симметричных составляющих и коэффициентов несимметрии, но не позволяют определять углы фазового сдвига φ_2 и φ_0 .

Литература

1. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2006. 33 с.
2. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. (EN 50160:2010, NEQ). - Взамен ГОСТ 13109-97; введ. 2016-04-01. - Минск : Госстандарт, 2015. - 20 с.
3. EN 50160-2020 Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks (Характеристики напряжения электроэнергии, подаваемой от общих распределительных сетей), 2020.
4. ГОСТ 30804.4.30 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии». М.: Стандартинформ, 2014. 52 с.

УДК 621.311, 658.261

РАЗВИТИЕ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кравцов А.М., к.т.н., доцент, **Фицнер М.А.,** магистрант

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Развитие сельскохозяйственного производства для обеспечения продовольственной безопасности Республики Беларусь – одна из главных социально-экономических задач государства [1]. Решение этой задачи направлено на обеспечение внутренних потребностей в продовольствии и наращивание экспорта. Причем экспорт сельскохозяйственной продукции является важным источником доходов для экономики Республики Беларусь. В условиях конкуренции для наращивания экспорта сельскохозяйственным предприятиям приходится заботиться не только об увеличении объемов выпуска продукции, но и о повышении ее конкурентоспособности, в том числе за счет снижения себестоимости, которая существенно зависит от энергозатрат на единицу производимой продукции.

Энергосбережение и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) является актуальным вопросом не только для отдельных сельскохозяйственных организаций, но и для государства в целом [2, 3]. Это связано с высокой зависимостью Республики Беларусь от импортируемых энергоресурсов, что негативно сказывается не только на энергетической безопасности, но и на других аспектах государственной политики. В соответствии с [3] «в складывающейся экономической ситуации необходимо активизировать работу по реализации государственной политики по повышению энергетической эффективности социально-экономического комплекса, предусматривающую жесткую экономию ТЭР, снижение затрат на единицу производимой продукции, в том числе тепловой и электрической энергии».

Основными направлениями развития энергетики Республики Беларусь [2, 3] являются: диверсификация поставщиков ТЭР; развитие сектора нетрадиционной и возобновляемой энергетики; максимальное использование местных видов топлива (МВТ), в том числе отходов производства и жилищно-коммунального хозяйства. В сельском хозяйстве особенно актуален вопрос использования МВТ и отходов производства. Это связано с особенностями сельскохозяйственного производства, где образуется большое количество отходов, которые можно использовать в качестве топлива или биомассы для получения биогаза, с последующим использованием для выработки электрической и тепловой энергии [4].

В Республике Беларусь широкое распространение имеют централизованные системы электро- и теплоснабжения. Централизация систем энергоснабжения активно развивалась в СССР с середины прошлого века, что было продиктовано существовавшим тогда общественно-экономическим укладом и необходимостью обеспечения энергоресурсами быстроразвивающейся послевоенной экономики. Это привело к существенному сокращению генерирующих установок малой мощности. Так, например, в 60-х годах XX века в БССР действовало около 180 малых ГЭС с годовой выработкой электроэнергии 88 млн кВт·ч. В 80-х годах XX века осталось только 4 действующие ГЭС. За последние десятилетия наметилась обратная тенденция. В настоящее время в Беларуси действуют 52 ГЭС с суммарной установленной электрической мощностью около 100 МВт. Также заметен рост использования МВТ и возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечная, ветровая, геотермальная, биотопливо и биогаз. В настоящее время мощность установок ВИЭ составляет более 600 МВт. Несмотря на реализацию в Республике Беларусь государственных программ и проектов, направленных на повышение энергетической безопасности государства, в сельском хозяйстве имеются огромные резервы энергосбережения.

На сегодняшний день централизованные системы не утратили своей актуальности, особенно с вводом в эксплуатацию БелАЭС, однако в новых условиях возникает все больше недостатков: физический износ оборудования и недостаточная мощность распределительной сети; использование ископаемого топлива, основной объем которого импортируется из одной страны-поставщика; невозможность потребителей влиять на стоимость и качество энергии; потери энергии при ее транспортировке на большие расстояния и так далее.

Перспективным направлением развития энергетики является использование гибридных энергетических комплексов - энергетических систем, объединяющих в рамках единой технологической схемы разнообразные источники энергии (возобновляемые и невозобновляемые), генераторы различных видов энергии (электрической и тепловой), аккумуляторы энергии, интеллектуальные распределительные сети и активных потребителей. Под последними понимаются участники потребительского рынка энергии, которые имеют возможность оптимизировать график загрузки своих мощностей как с целью минимизации энергозатрат, так и с целью получения дохода от продажи энергии.

Дальнейшее развитие централизованных сетей энергоснабжения и на их основе создание гибридных энергетических комплексов с использованием МВТ и ВИЭ в сельском хозяйстве позволит обеспечить экономию энергоресурсов и снижение себестоимости продукции, а также повысить надежность энергоснабжения и качество электроэнергии, что особенно важно при внедрении в производство современных автоматизированных и роботизированных технологий.

Перспективными источниками энергии в сельском хозяйстве Республики Беларусь являются прямая солнечная энергия, ветер, гидравлическая энергия малых водотоков, местное биотопливо, отходы производства, биогаз, низкопотенциальные геотермальные источники и бросовое тепло технологических процессов. Каждый из этих источников энергии имеет свои преимущества и недостатки. При этом научно-обоснованное комбинирование различных источников энергии позволяет нивелировать их недостатки и обеспечить наиболее эффективное использование.

В области электроснабжения перспективным направлением является создание гибридных энергетических комплексов с распределенной генерацией энергии множественными источниками, в том числе возобновляемыми, объединенными в интеллектуальную энергосеть (*Smart Grid*) на базе централизованной сети, или локальных сетей [5, 6].

В соответствии с обозначенными перспективными направлениями развития энергоснабжения сельского хозяйства на кафедре «Энергетика» Белорусского государственного аграрного технического университета осуществляются научные исследования по следующим направлениям: методология научного обоснования аграрных комплексных энергосистем с использованием МВТ, ВИЭ и отходов производства; автоматизированные системы управления гибридными энергетическими комплексами.

УДК 631.372

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНТИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТАХ

Павлюковец С.А., к.т.н., доцент, **Вельченко А.А.**, к.т.н., доцент,
Радкевич А.А., магистрант

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Роботизация агропромышленного комплекса, ставшая тенденцией последнего десятилетия, породила целый класс мобильных устройств сельскохозяйственного назначения. Из числа мобильных сельскохозяйственных агроботов получили развитие беспилотные наземные и летательные аппараты. Наземные агроботы являются многофункциональными устройствами, способными выполнять широкий класс операций, которые нашли своё применение в точном земледелии. Для наземных сельскохозяйственных мобильных роботов немаловажным аспектом является управление электроприводами движителей, которые могут быть колёсными либо гусеничными [1]. Очевидно, что методы и алгоритмы управления электроприводами различны в зависимости от назначения робота, режима его работы, типа выполняемых операций, а также применяемых движителей. В данной работе предлагается краткий обзор перспектив применения вентильных электроприводов в сельскохозяйственных мобильных роботах, которые занимают ведущую позицию среди электроприводов в мобильной робототехнике.

Из ряда систем электроприводов, применяемых в сельскохозяйственной робототехнике, наибольшую долю занимают сервоприводы, мотор-редукторы и мотор-колёса на основе вентильных электродвигателей [2]. Основным типом электроприводов колёс является дифференциальный привод, позволяющий реализовать независимое управление каждым движителем. В меньшей степени получили распространение электроприводы на основе коллекторных двигателей постоянного тока и асинхронных электродвигателей переменного тока.

Поскольку условия движения при работе на почвах сельскохозяйственных угодий для мобильных роботов сложны, сохранение устойчивости является ключевым вопросом интеллектуального управления. Наиболее часто используемая система привода в сельскохозяйственных роботах – электрическая трансмиссионная система, характеризующаяся простой реализацией высокоточного компьютерного управления, хорошей адаптивностью к окружающей среде, простотой обслуживания и высокой надежностью [2, 3].

Наиболее предпочтительными с точки зрения достижения высоких динамических характеристик, компактности и надёжности в управлении в сельскохозяйственных роботах являются вентильные сервоприводы на основе синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ) и бесщеточных электродвигателей постоянного / переменного тока (БДПТ) из-за их хороших пусковых и регулировочных характеристик, плавного диапазона

регулирования скорости, высокой перегрузочной способности и низкого влияния электромагнитных помех. Управление этими двигателями реализуется при помощи широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

В качестве примера, в работе [3] описана разработка самоходного гусеничного робота для защиты растений на основе бесщеточного двигателя постоянного тока с двумя уровнями управления. Оборудование для защиты растений состояло из пяти устройств: системы управления нижним приводом, системы связи, самоходной системы, системы внесения пестицидов и системы мониторинга. Весь робот был компактно спроектирован для удовлетворения требований к пространству для работы в середине узкого промежутка ряда кукурузы, равным 600 мм.

Чжан и др. разработали [4] интеллектуальную мобильную платформу гусеничного типа для рубки деревьев с бесколлекторными двигателями постоянного тока с датчиками, включая лидар и гироскоп, которая показала хорошие результаты работы в лесах с различным расстоянием между растениями и рядами.

Для точного определения пути при навигации робота для сбора огурцов в теплице, Чен и др. [2, 3] разработали робота на основе характеристик вентильного сервопривода в сочетании с системой машинного зрения.

Необходимо отметить, что в рассмотренных примерах применялись системы дифференциальных вентильных электроприводов с электромеханической трансмиссией и мотор-редукторы. Мотор-колёса для сельскохозяйственных роботов не являются подходящими устройствами, так как для их функционирования необходима специальная подвеска, которую сложно реализовать в условиях работы на пересеченной местности. Также, принципиальными конструктивными особенностями отличаются вентильные электроприводы с радиальным и осевым магнитным потоком (рисунок 1). Для приведения в движение колёс перспективными являются двигатели с осевым магнитным потоком, позволяющие добиться высокой плотности крутящего момента и удельной мощности при уменьшенных габаритах.

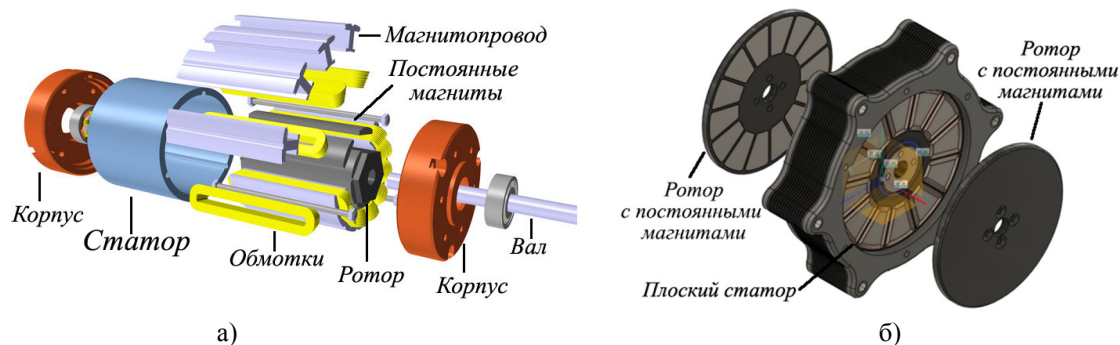


Рисунок 1 – Вентильный двигатель: а) радиального типа, б) аксиального типа

В отличие от непрерывного вращения двигателей постоянного тока, когда ток включен, шаговый двигатель поворачивается на один угол вперед для каждого входного электрического импульсного сигнала, чем достигается позиционное управление при помощи датчика угла поворота. Поэтому шаговые двигатели также широко используются в области сельскохозяйственных роботов. Например, Сюн и др. в работе [5] разработали недорогую двухрукавную систему для автономных роботов по сбору клубники на основе шаговых двигателей. Чтобы улучшить приспособляемость пересаживающего устройства к различным лоткам для пересадки, Шао и др. разработали адаптивное пересаживающее устройство для пересадки рассады риса, которое достигало непрерывного действия пересадки, приводя в действие устройство транспортировки рассады с помощью шагового двигателя, чтобы повысить его эффективность пересадки. Этот результат исследования предоставил новый метод пересадки рассады риса [3].

Стоит отметить, что двигатели переменного тока также часто используются в сельскохозяйственных роботах из-за их низкой стоимости, высокой надежности и простого управления скоростью двигателя. Гевара и др. использовали два двигателя переменного тока для привода двух резиновых гусениц в конструкции автономного мобильного робота для сканирования сельскохозяйственных сред [3]. Однако, в сравнении с вентильными электродвигателями, асинхронные электроприводы обладают худшими энергетическими показателями и требуют наличия дорогого инвертора напряжения.

Литература

1. Павлюковец, С. А. Мобильный агро-робот с колесами механум как альтернативна гусеничному роботу / С. А. Павлюковец, А. А. Радкевич // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 23-24 ноября 2023 г. - Минск : БГАТУ, 2023. - С. 267-270.
2. Xie, D.; Chen, L.; Liu, L.; Chen, L.; Wang, H. Actuators and Sensors for Application in Agricultural Robots: A Review. *Machines* 2022, 10, 913. <https://doi.org/10.3390/machines10100913>.
3. Ghobadpour, A.; Monsalve, G.; Cardenas, A.; Mousazadeh, H. Off-Road Electric Vehicles and Autonomous Robots in Agricultural Sector: Trends, Challenges, and Opportunities. *Vehicles* 2022, 4, 843-864. <https://doi.org/10.3390/vehicles4030047>.
4. Zhang, Z.; Jia, X.; Yang, T.; Gu, Y.; Wang, W.; Chen, L. Multi-objective optimization of lubricant volume in an ELSD considering thermal effects. *Int. J. Therm. Sci.* 2021, 164, 106884.
5. Sun, Y.N.; Pan, Z.Q. RBF network based motion trajectory optimization for robot used in agricultural activities. *Emir. J. Food Agric.* 2018, 30, 883–892.

УДК 629.7.03

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОПРИВОДА АГРОДРОНА

Заярный В.П., аспирант; **Дубинин С.В.**, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Одним из основных компонентов, влияющих на состав и параметры системы управления беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является его система электропитания.

В состав устройства управления электроприводом БПЛА входит система электропитания СЭП, система автоматического управления электроприводом САУ и собственно электропривод постоянного тока ДПТ.

На рис. 1 представлена обобщенная модель СЭП.

В состав СЭП входит аккумуляторная батарея АБ и стабилизатор напряжения питания СН. Обобщенную модель СЭП представлена виде динамической модели аккумуляторной батареи АБ [1] и модели стабилизатора напряжения питания в виде звена с насыщением СН.

Компьютерная модель системы управления электроприводом БПЛА с учетом ограничений, накладываемых динамической моделью СЭП, представлена на рис.2.

Проведено исследование влияния величины параметра U_p на время переходного процесса электропривода при единичном изменении момента сопротивления M_c (рис. 3).

Исследование проводилось для различного типа электроприводов при изменении U_n от 5 до 20 В с учетом допустимых параметров напряжения питания и ускорения приведенных к выходному валу масс исполнительных устройств. Полученные результаты будут использованы при модернизации систем управления БПЛА.

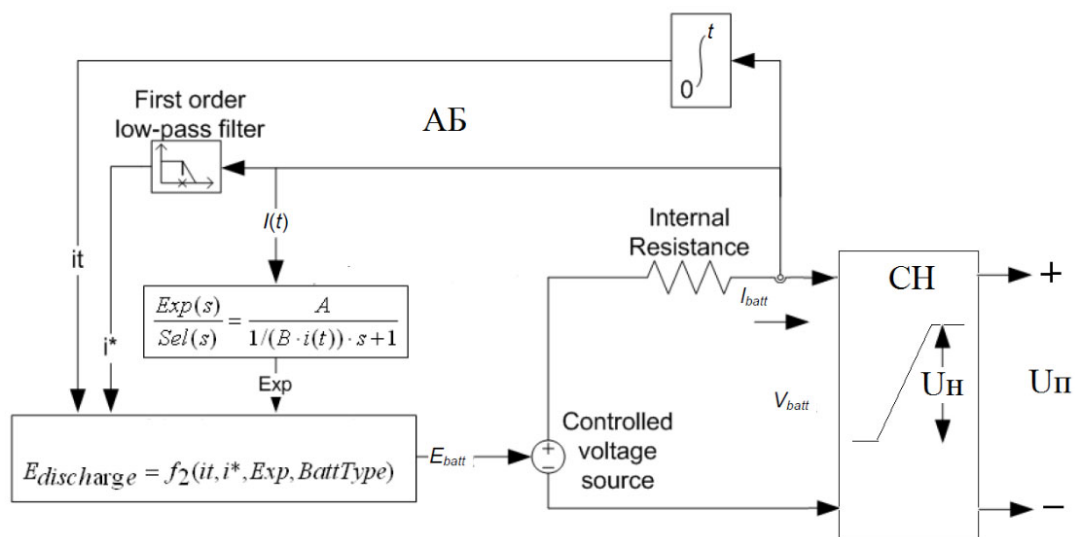


Рисунок 1 – Обобщенная модель СЭП:
АБ – аккумуляторная батарея, СН - стабилизатор напряжения, U_H – напряжение питания

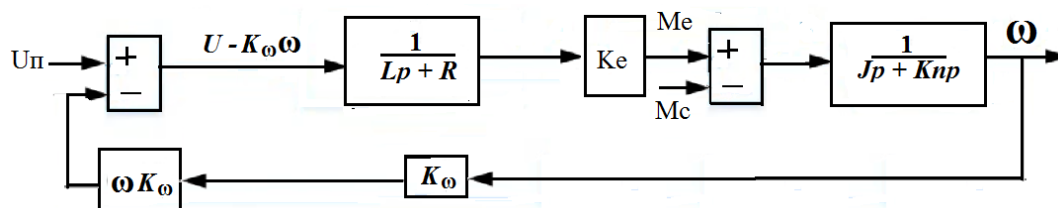


Рисунок 2 - Компьютерная модель системы управления электроприводом БПЛА

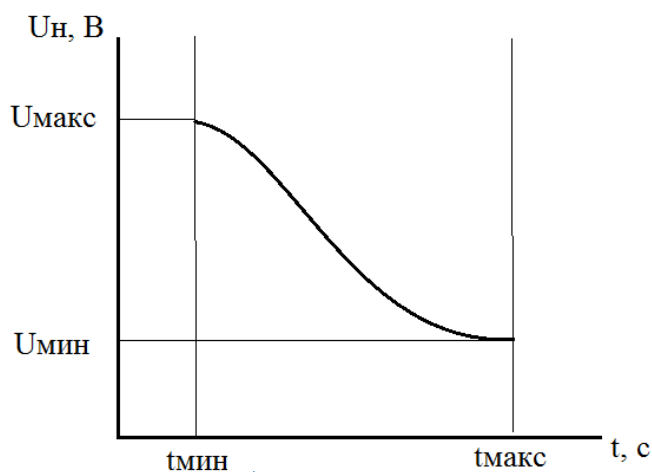


Рисунок 3 - Влияние величины параметра U_H на время переходного процесса электропривода t

Литература

1. Доброго К. В., Бладыко Ю. В. Моделирование аккумуляторных батарей и их сборок с учетом деградации параметров. - Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. Т. 64, № 1 (2021), с. 27–39

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТОКА В ТЕРМИНАЛАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Чака И.Ю., аспирант, Збродыга В.М., к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Одним из важных направлений повышения энергетической эффективности сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь является модернизация сетей электроснабжения, в том числе оснащение их современными комплексами релейной защиты и автоматики, которые позволяют непрерывно контролировать основные параметры и обеспечивать своевременное срабатывание при возникновении аварийных или ненормальных режимах работы [1].

Авторы рассматривают возможность создания терминалов релейной защиты, пусковые органы которого реагируют на изменение параметров высокочастотного тока, генерируемого в фазные провода линии электропередачи (ЛЭП) от внешнего генератора синусоидального тока.

Воздушная линия электропередачи представляет собой фазные провода (проводники) подвешенные на изоляторах в открытом пространстве. Любой проводник, находящийся в свободном пространстве над поверхностью земли, обладает постоянными значениями ёмкости (C) и индуктивности (L), распределёнными вдоль его длины. Если к середине одного фазного провода подключить источник постоянной ЭДС, то ёмкости проводника зарядятся (рис. 1, а).

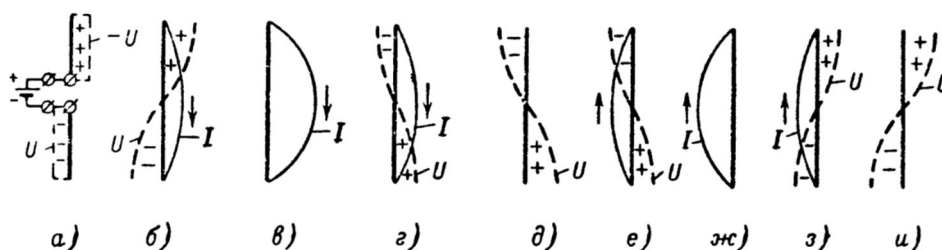


Рисунок 1 - Колебания тока и напряжения в проводнике

При замыкании проводника в середине начнёт протекать ток разряда ёмкостей, который имеет максимальное значение в центре проводника и минимальное значение на его концах, так как величина ёмкости обратно пропорциональна расстоянию между обкладками конденсатора-проводника (рис. 1, б). В индуктивностях провода возникает ЭДС самоиндукции, из-за которой ток изменяется постепенно. На концах проводника возникают максимальные потенциалы, так как в их создании участвует большая часть индуктивности [2, с. 28].

Когда ток течёт к середине провода – потенциалы будут положительны, когда от середины – отрицательны. После полного разряда ёмкостей ток достигает максимального значения, а вся электрическая энергия переходит в энергию магнитного поля индуктивности (рис. 1, в). Ток в индуктивностях провода течёт в том же направлении (рис. 1, г) и, постепенно уменьшаясь до нуля, перезаряжает ёмкости (рис. 1, д). Далее процесс протекает аналогично в обратном направлении (рис. 1, е – и).

Следовательно, фазный провод можно рассматривать, как колебательный L - C контур (рис. 2).

После заряда конденсатора и последующего включения ключа K он начнет разряжаться на катушку. Так как в катушке возникает ЭДС самоиндукции, ток в ней (i_k) и напряжение на конденсаторе (u_c) изменяются постепенно. Когда конденсатор полностью разрядится, то вся энергия его электрического поля перейдет в энергию магнитного поля катушки, а ток в катушке достигнет своего максимального значения (рис. 2, $\omega t = 90^\circ$). Ток в катушке не может измениться скачком, и он плавно уменьшается, перезаряжая конденсатор. Когда ток снижается до нуля, то вся энергия магнитного поля катушки переходит в энергию

электрического поля конденсатора (рис. 2, $\omega t = 180^\circ$). Напряжение на конденсаторе достигает первоначальной величины, но имеет противоположный знак, так как ток в катушке сохраняет своё направление. Затем процесс повторится, но в противоположном направлении.

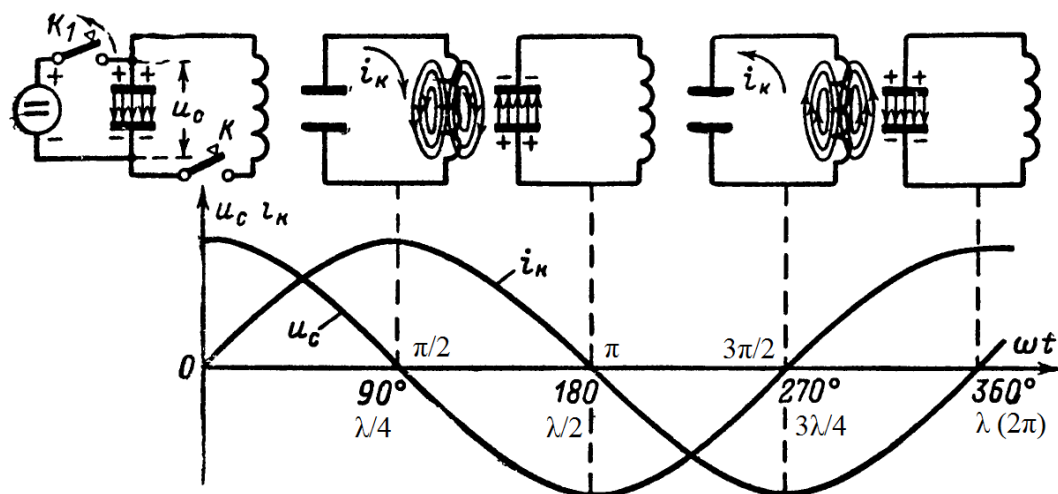


Рисунок 2 - Свободные колебания тока и напряжения

Таким образом, в контуре возникают свободные электрические колебания, создающие стоячие волны тока и напряжения [3, с. 49] с длиной волны λ (рис. 2). Аналогичные явления происходят и при генерации в фазные провода линии электропередачи высокочастотного синусоидального тока от подключенного к линии внешнего генератора.

В линии электропередачи стоячие волны высокочастотного тока и напряжения распределяются по длине фазного провода. Их амплитуды соответствуют максимальным значениям колебаний, происходящих в соответствующих точках ЛЭП (моменты времени t_1 и t_9), а мгновенные значения во времени $t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < t_5 < t_6 < t_7 < t_8 < t_9$ могут изменяться от нуля до максимального значения (рис. 3).

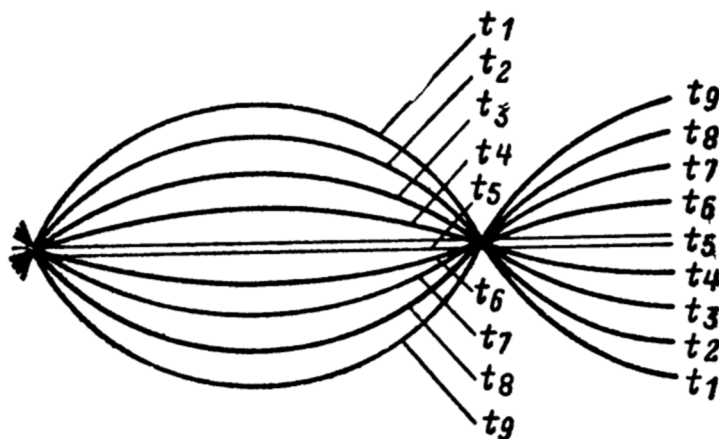


Рисунок 3 - График распределения мгновенных значений стоячей волны высокочастотного тока (напряжения)

При возникновении аварийного или ненормального режима работы ЛЭП, обусловленного нахождением людей или посторонних предметов в электромагнитном поле фазного провода, изменяются его распределенные индуктивность L и емкость C . При этом для подключенного внешнего генератора изменяются параметры высокочастотного тока, что служит сигналом для срабатывания пускового органа релейной защиты.

Вывод

Возможно создание пускового органа для терминалов релейной защиты, реагирующего на изменение параметров тока высокой частоты, генерируемого в линию электропередачи внешним источником, что может повысить быстродействие релейной защиты и способствовать повышению электробезопасности сельских электрических сетей.

Литература

1. ОАО «Белэлектромонтажналадка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bemn.by/production/releynaya-zashchita-signalizatsiya-avtomatika>. – Дата доступа: 27.08.2024.
2. Антенны: Перевод с немецкого / К. Ротхамель. – 3-е издание, дополненное – Москва: Энергия, 1979. – 320 с.
3. Специальные функции: учеб. пособие / Н.С. Петросян Москва: ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН», 2015. – 88 с.

УДК 502.36:699.86

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ CO₂ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Гаркуша К.Э., к.т.н., доцент, Гаркуша К.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Для определения потенциала энергосбережения в зданиях учебных заведений необходимо проводить энергоаудит, основной целью которого является разработка перечня мероприятий с технико-экономическим обоснованием эффективности использования ТЭР. При реализации международных проектов дополнительно проводится идентификация здания по классу энергоэффективности, принятая в странах ЕС, и оценка сокращения выбросов CO₂ для каждого предложенного мероприятия.

Расчет снижения выбросов CO₂ рассмотрим на примере мероприятий, рекомендованных к внедрению по результатам энергетического обследования Государственного учреждения образования «СШ № 9 г. Жодино». Энергоаудит в школе проводился в 2020 году в рамках проекта Всемирного банка «Энергоэффективность общественных зданий в Беларуси».

Согласно нормам [1] выбросы углерода диоксида M_{CO_2} , т/год, рассчитываются по формуле

$$M_{CO_2} = 10^{-3} \cdot E^{te} \cdot K_{CO_2},$$

где E^{te} – потребление топлива в общих энергетических единицах, ГДж/год; K_{CO_2} – коэффициент выбросов углерода диоксида, т CO₂/ГДж, который следует применять для применяемого типа топлива при предварительных оценках изменения уровня выбросов парниковых газов (определяется по табл. А.1 и А.2 Приложения А [1]).

Потребление топлива в общих энергетических единицах E^{te} , ГДж/год, при переводе использованной тепловой энергии (Гкал), рассчитывается по формуле

$$E^{te} = 4,187 \cdot Q_y,$$

где 4,187 – коэффициент перевода Гкал в ГДж; Q_y – годовая экономия при отпуске тепловой энергии, Гкал/год.

То же при переводе электрической энергии (МВт·ч) рассчитывается по формуле

$$E^{te} = 3,6 \cdot W_y,$$

Секция 2: Энерготехнологии и автоматизация технологических процессов АПК

где 3,6 – коэффициент перевода МВт·ч в ГДж; W_y – годовая экономия при отпуске электроэнергии, МВт·ч/год.

Для производства тепловой и электрической энергии на Жодинской ТЭЦ, от которой запитана школа, используется, в основном газ. В 2009 году на электростанции введена в строй Мини-ТЭЦ, работающая на торфобрикетах, фрезерном торфе и древесной щепе.

Расчет выбросов произведем, исходя из использования газа, так как он является преобладающим видом топлива на данном генерирующем источнике.

Согласно [1] коэффициент выбросов CO_2 для газового топлива составляет $K_{\text{CO}_2}=0,059$.

При определении K_{CO_2} для тепловой энергии примем во внимание значения удельных расходов условного топлива на производство тепловой энергии на теплоисточниках энергоснабжающих организаций ГПО «Белэнерго».

Уровень фактически сложившегося удельного расхода топлива составляет 166,65 кг у.т./Гкал, величина потерь в тепловых сетях по ГПО «Белэнерго» – 9,37%. Удельный расход при 100%-ном использовании теплоты сжигаемого топлива составляет 142,9 кг у.т./Гкал. Учитывая вышесказанное, скорректируем коэффициент CO_2 для тепловой энергии: $0,059 \cdot 1,0937 \cdot 166,651,2/142,9 = 0,0753$ т CO_2 /ГДж.

Аналогично при корректировке K_{CO_2} для электрической энергии примем во внимание значения фактического удельного расхода топлива на отпуск электроэнергии на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) по итогам работы за 2019 год, который составляет 287,1 г у.т./ кВт·ч и коэффициент потерь электроэнергии в электрических сетях – 7,69%. При 100% КПД выработки электроэнергии удельный расход топлива составляет 122,8 г у.т./ кВт·ч.

Коэффициент CO_2 для электроэнергии с учетом корректировки составит: $0,059 \cdot 1,0769 \cdot 287,1/122,8 = 0,1485$.

По результатам энергоаудита были рекомендованы следующие мероприятия: утепление наружных стен, утепление кровли, замена окон стеклопакетами, модернизация индивидуального теплового пункта (ИТП) с установкой приборов автоматики горячего водоснабжения (ГВС) и отопления, установка терморегуляторов (ТР) на отопительных приборах и балансировочных клапанов на стояках системы отопления, замена светильников внутреннего освещения энергосберегающими источниками света, замена в столовой электроплит с длительным временем разогрева на стеклокерамическими электроиндукционными плитами и установка современного пароконвектомата.

Расчетное годовое сокращение выбросов по каждому мероприятию представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетное годовое сокращение выбросов CO_2

Наименование мероприятия	Экономия теплоты		Экономия электроэнергии		Сокращение выбросов при экономии, т CO_2 -экв		
	Гкал	ГДж	МВт·ч	ГДж	K_{CO_2}	теплоты	эл/энергии
1. Утепление стен							
2. Утепление кровли							
3. Замена окон							
4. Установка автоматики ГВС в ИТП							
5. Установка автоматики отопления в ИТП							
6. Установка ТР и балансировочных клапанов							
7. Замена светильников							
8. Замена электроплит							
Замена пароконвектомата							
Итого:							

После реализации предложенных к внедрению мероприятий годовое количество выбросов может быть сокращено на 154,8 т CO_2 -экв.

Литература

1. Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Выбросы и поглощение парниковых газов. Правила расчета выбросов за счет внедрения мероприятий по энергосбережению, возобновляемых источников энергии : ТКП 17.09-01-2011. – Введ. 01.01.2012. – Минск : Минприроды, 2012. – 32 с.

УДК 621.313

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С.Х.»

Зеленькевич А.И., к.т.н., доцент, Збродыга В.М., к.т.н., доцент,

Дубровская С.А., магистрант, Жидович А.А., студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

При некачественном напряжении существенно ухудшаются условия работы как самих электроприемников, так и всех элементов сети, снижается надежность работы электрооборудования и системы электроснабжения в целом, возникают дополнительные потери мощности, снижается срок службы электрооборудования, уменьшаются экономические показатели его работы, возможны ложные срабатывания релейной защиты и автоматики.

При проведении занятий в лаборатории «Электроснабжения с.х.» был выявлен необоснованный нагрев лабораторного оборудования, ложные срабатывания устройств микропроцессорной релейной защиты. Для определения причин ненормальных режимов работы электрооборудования был выполнен анализ качества электрической энергии, определены показатели качества электроэнергии (ПКЭ) [1]. Измерения электрических параметров в сетях напряжением 0,4кВ проведены с использованием цифрового трехфазного анализатора “Fluke 435”.

На рисунках 1-3 приведены результаты измерений ПКЭ.

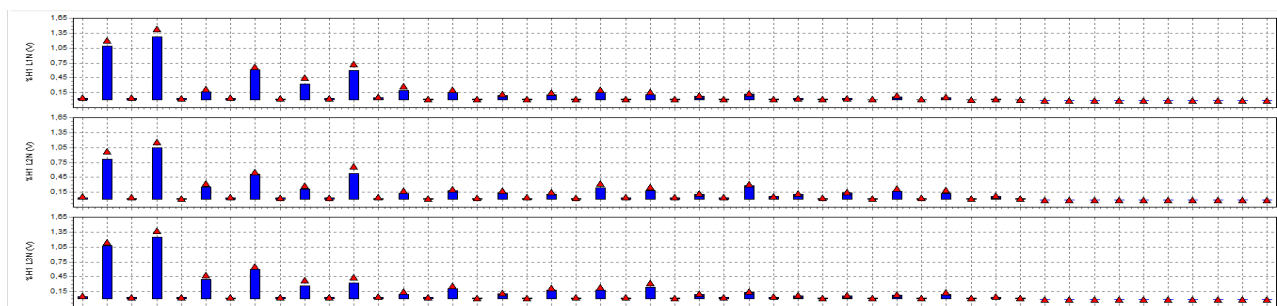


Рисунок 1 – Гистограммы гармонического состава напряжения по фазам «А», «В», «С», соответственно, В.

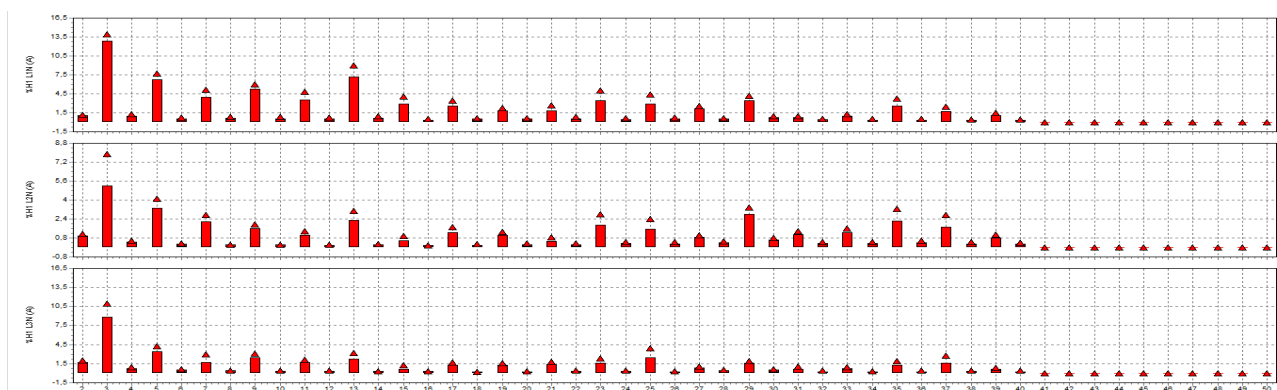
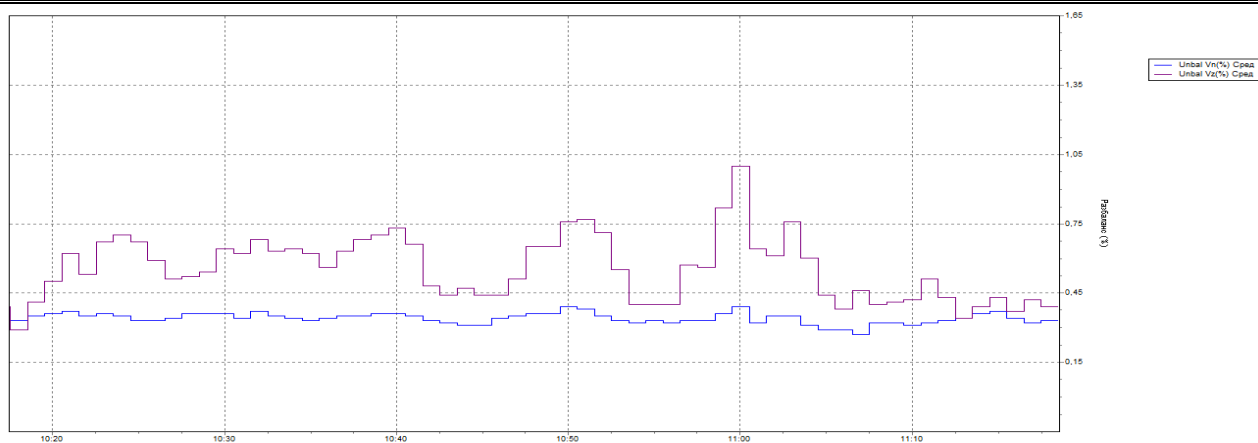


Рисунок 2 – Гистограммы гармонического состава токов по фазам «А», «В», «С», соответственно, А



Примечание. $V_n(\%)$ – коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, %, $V_z(\%)$ – коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности, %.

Рисунок 3 – График изменения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной K_{2U} и нулевой K_{0U} последовательности, %.

Результаты анализа ПКЭ приведены в таблицах 1-4.

Таблица 1 – Максимальные значения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностям за период измерений

Показатель	Значение
По обратной последовательности K_{2U} , %	0,39
По нулевой последовательности K_{0U} , %	1,0

Таблица 2 – Максимальные значения напряжений обратной и нулевой последовательностям за период измерений

Показатель	Значение
Напряжение обратной последовательности U_2 , В	1,22
Напряжение нулевой последовательности U_0 , В	3,12

Таблица 3 – Максимальные значения показателей искажения синусоидальности напряжения за период измерений

Значения коэффициентов n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$, %								
Номер гармоники	Измеренное значение	Норма по ГОСТ	Номер гармоники	Измеренное значение	Норма по ГОСТ	Номер гармоники	Измеренное значение	Норма по ГОСТ
2	0,06	2,0	15	0,04	0,3	28	0,02	0,2
3	1,2	5,0	16	0,04	0,2	29	0,31	1,5
4	0,05	1,0	17	0,27	2,0	30	0,07	0,2
5	1,44	6,0	18	0,04	0,2	31	0,13	1,5
6	0,04	0,5	19	0,18	1,5	32	0,04	0,2
7	0,48	5,0	20	0,05	0,2	33	0,15	0,2
8	0,05	0,5	21	0,22	0,2	34	0,03	0,2
9	0,67	1,5	22	0,04	0,2	35	0,23	1,5
10	0,04	0,5	23	0,33	1,5	36	0,01	0,2
11	0,45	3,5	24	0,05	0,2	37	0,19	1,5
12	0,04	0,2	25	0,33	1,5	38	0,01	0,2
13	0,73	3,0	26	0,05	0,2	39	0,05	0,2
14	0,06	0,2	27	0,13	0,2	40	0,01	0,2

Таблица 4 – Максимальные значения показателей искажения синусоидальности токов за период измерений (по ГОСТ IEC 61000-3-2-2021 для оборудования класса «А», не относящегося к симметричному трехфазному оборудованию, с током до 16А на фазу)

Значения коэффициентов n-ой гармонической составляющей токов $K_{I(n)}$, %								
Номер гармоники	Измеренное значение	Норма по ГОСТ	Номер гармоники	Измеренное значение	Норма по ГОСТ	Номер гармоники	Измеренное значение	Норма по ГОСТ
2	1,21	1,8	15	4,05	0,15	28	0,66	0,23
3	13,88	2,3	16	0,49	0,23	29	4,19	0,15
4	1,26	0,43	17	3,44	0,15	30	0,96	0,23
5	7,71	1,14	18	0,68	0,23	31	0,99	0,15
6	0,73	0,3	19	2,21	0,15	32	0,54	0,23
7	5,09	0,77	20	0,64	0,23	33	1,33	0,15
8	0,9	0,23	21	2,63	0,15	34	0,56	0,23
9	5,99	0,4	22	0,81	0,23	35	3,78	0,15
10	0,85	0,23	23	5,0	0,15	36	0,55	0,23
11	4,79	0,33	24	0,64	0,23	37	2,48	0,15
12	0,71	0,23	25	4,41	0,15	38	0,42	0,23
13	8,98	0,21	26	0,72	0,23	39	1,47	0,15
14	0,96	0,23	27	2,55	0,15	40	0,41	0,23

Заключение

Результаты измерений качества напряжения показали, что показатели отклонения напряжения электропитания от номинального/согласованного значения, величины коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностям, величины суммарного коэффициента гармоник напряжения, находились в допустимых пределах.

Значения коэффициентов определенных гармоник напряжения, суммарного коэффициента гармоник тока, значения коэффициентов 2-40 гармоник тока, выходили за допустимые пределы, что может явиться причиной перегрева лабораторного оборудования и ложных срабатываний микропроцессорной релейной защиты. Поэтому может быть рекомендовано проведение мероприятий, внедрение технических средств повышения качества напряжения, ограничения уровня высших гармоник.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. (EN 50160:2010, NEQ). - Взамен ГОСТ 13109-97; введ. 2016-04-01. - Минск : Госстандарт, 2015. - 20 с.

УДК 621.311:621.315

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ И МОЩНОСТИ В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Мамедов¹ Т.А., Шелягина² А.Ю., Загинайлов² В.И., д.т.н., профессор

¹ООО «Объединенная электросетевая компания»,

²Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва

Введение: Сельскохозяйственные потребители необходимую электрическую энергию (ЭЭ) получают, как правило, по воздушным ЛЭП низкого напряжения. Воздушные ЛЭП низкого напряжения сооружаются с использованием проводов марки А и самонесущих изолированных проводов СИП 2. СИП обладает преимуществами перед неизолированными алюминиевыми проводами: обеспечивает электробезопасность проведения работ, в том числе и под напряжением; не происходит поражение электрическим током, так как у них токоведущая жила покрыта изоляцией; провода обладают повышенной прочностью на разрыв, что позволяет увеличить длину пролёта; снижаются затраты на эксплуатационные

расходы, так как отпадает необходимость в расчистке трасс; снижается возможность хищения энергии при несанкционированном подключении электроприемников к ЛЭП.

При проектировании систем электроснабжения возникает необходимость в определении параметров ЛЭП низкого напряжения: передаваемой мощности, длины и сечения линии, сравнения ЛЭП по потерям напряжения и мощности.

Целью работы является разработка, в электронной программе Electronics Workbench, схемы измерения параметров одной фазы симметричной трёхфазной ЛЭП с нагрузкой, расположенной в конце ЛЭП (участка ЛЭП), с глухозаземленной нейтралью и сравнение ЛЭП, выполненных различными проводами по потерям напряжения и мощности.

Материалы и методы. В качестве методов использованы законы линейных электрических цепей электротехники и моделирование электрических сетей в электронной программе Electronics Workbench.

Измерение параметров одной фазы симметричной трёхфазной ЛЭП с глухозаземленной нейтралью и нагрузкой, расположенной в конце ЛЭП (участка ЛЭП) проведено на двух ЛЭП, длиной: $l = 1$ км, одна из которых выполнена алюминиевым неизолированным проводом марки А сечением 50 мм.кв, другая - самонесущим изолированным проводом СИП 2, такого же сечения.

Результаты и обсуждение. Учитывая, что сопротивления ЛЭП (активное $R_{\text{л}}$ и индуктивное $X_{\text{л}}$) и нагрузки (активное $R_{\text{н}}$ и индуктивное $X_{\text{н}}$) соединены последовательно и подключены к шинам силового трансформатора 10/0,4 кВ), напряжением $U_{\text{с}} = 230$ В и частотой $f = 50$ Гц, в электронной программе Workbench разработана схема измерения параметров одной фазы трехфазной ЛЭП с нагрузкой в конце ЛЭП (рис.1), основанная на изменении действующего значения тока сети (ЛЭП, нагрузки): $I = \frac{U_{\text{с}}}{Z_{\text{с}}} = \frac{U_{\text{с}}}{\sqrt{(R_{\text{л}} + R_{\text{н}})^2 + (X_{\text{л}} + X_{\text{н}})^2}}$, зависящего от величины полного сопротивления сети $Z_{\text{с}}$.

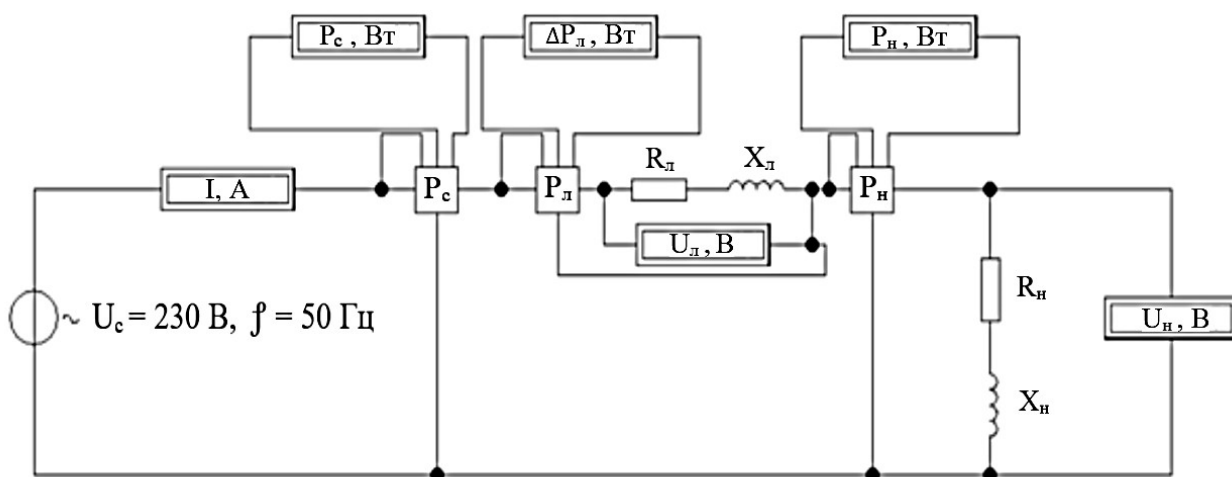


Рисунок 1 – Схема измерения параметров одной фазы трехфазной ЛЭП с глухозаземленной нейтралью в электронной программе Workbench

Устанавливая сопротивления ЛЭП: $R_{\text{л}}$ и $X_{\text{л}}$, определяя и устанавливая сопротивления нагрузки: $R_{\text{н}}$ и $X_{\text{н}}$ в схеме измерения параметров сети (рис. 1), изменяют полное сопротивление сети $Z_{\text{с}}$ и измеряют ток сети I с помощью амперметра. В зависимости от изменения тока сети I , с помощью вольтметров измеряют падение напряжения в ЛЭП $U_{\text{л}}$ и на нагрузке $U_{\text{н}}$, а с помощью ваттметров – активную мощность источника сети $P_{\text{с}}$, потери мощности в ЛЭП $\Delta P_{\text{л}}$ и потребляемую нагрузкой мощность $P_{\text{н}}$. В соответствии, с ГОСТ 54130-2010 рассчитывают потери напряжения в ЛЭП $\Delta U_{\text{л}} = U_{\text{с}} - U_{\text{н}}$. Согласно, ГОСТ 31607-2012 определяют КПД передачи электроэнергии по ЛЭП $\eta_{\text{п}} = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{с}}}$.

Примечание: Сопротивления ЛЭП: $R_{\text{л}}$, $X_{\text{л}}$ и допустимые токи $I_{\text{доп}}$ алюминиевого провода и СИП 2, определены согласно [1,2,3] (табл. 1). Полное сопротивление линии электропередачи определено по выражению: $Z_{\text{л}} = \sqrt{R_{\text{л}}^2 + X_{\text{л}}^2}$, а коэффициент мощности ЛЭП – : $\cos \varphi_{\text{л}} = \frac{R_{\text{л}}}{Z_{\text{л}}}$. Однофазный ток короткого замыкания ЛЭП равен: $I_{\text{кз}}^{(1)} = \frac{U_{\text{с}}}{Z_{\text{л}}}$.

Таблица 1– Параметры линии электропередачи низкого напряжения

Провод, марки	Сопротивление 1 км провода, при 20 °С			$\cos \varphi_{\text{л}}$	$I_{\text{доп}}$, А	$I_{\text{кз}}^{(1)}$, А
	$R_{\text{л}}$, Ом/км	$X_{\text{л}}$, Ом/км	$Z_{\text{л}}$, Ом/км			
А	0,5784	0,325	0,663	0,872	210	346,7
СИП 2	0,641	0,0791	0,646	0,992	195	356,1

Сопротивления нагрузки равные: $R_{\text{н}} = Z_{\text{н}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}}$ и $X_{\text{н}} = Z_{\text{н}} \cdot \sin \varphi_{\text{н}}$ определены через изменение полного сопротивления нагрузки: $Z_{\text{н}} = \frac{3 \cdot U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{н}}}$, зависимой полной мощности нагрузки $S_{\text{н}}$, изменяющейся от 500 ВА до 150 кВА [4] и изменении её коэффициента мощности в диапазоне: $0,4 \leq \cos \varphi_{\text{н}} \leq 1$ [5], при номинальном напряжении на шинах нагрузки, $U_{\text{ном}} = 220$ В.

Анализируя методику проведения экспериментов и полученные результаты измерений можно сделать следующие выводы, что:

- разработанная схема измерения параметров, одной фазы трёхфазной ЛЭП с нагрузкой, расположенной в конце ЛЭП (участка ЛЭП), в электронной программе Electronics Workbench, может быть использована и для определения потерь напряжения и мощности ЛЭП, выполненных различными проводами на различных режимах работы сети от холостого хода до тока короткого замыкания и при любом заданном коэффициенте мощности нагрузки;

- потери напряжения в ЛЭП, зависят от величины тока и полного сопротивления ЛЭП, а потери мощности от величины тока и активного сопротивления ЛЭП, при этом величина тока в ЛЭП определяется делением напряжения питания ЛЭП на полное сопротивление сети;

- при коэффициенте мощности нагрузки равном коэффициенту мощности ЛЭП ($\cos \varphi_{\text{н}} = \cos \varphi_{\text{л}}$) потери напряжения в ЛЭП минимальны, а потери мощности – максимальны;

- потери напряжения в ЛЭП, выполненных самонесущим изолированным проводом СИП меньше, чем в ЛЭП, выполненных алюминиевым проводом марки А, потому что полное сопротивление СИП меньше. Потери мощности в ЛЭП, выполненных СИП больше, чем в ЛЭП, выполненных алюминиевым проводом марки А, т.к. у СИП больше активное сопротивление.

Литература

1. ГОСТ 839-2019. Межгосударственный стандарт. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия.– Взамен ГОСТ 839-80 ; введ. 2020-05-01 – М.: Стандартиформ, 2019. – 43 с.
2. ТУ 16-705.500-2006. Провода самонесущие изолированные и защищенные для воздушных линий электропередачи. Технические условия. Введ. 2006-07-01 – М.: ОАО ВНИИКП, 2006. – 17 с.
3. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования / Под ред. Б.Н. Неклепаева. – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2002. – 152 с.
4. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – М.: КНОРУС, 2016. – 648 с.
5. Наумов И.В., Лещинская Т.Б., Бондаренко С.И. Проектирование систем электроснабжения. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2011. – 327 с.

LINEAR ACTUATORS IN AGRICULTURE

Lyubochko I.A.

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk

The article describes linear actuators in agricultural machinery and attachments. These actuators are electrically actuated and they work in coordination with various automation technologies to assure efficiency. Linear actuators play a significant role in agricultural mechanization.

Agriculture is one of the very first industries that have adopted automation as a tool for improvement. Automated agriculture is also referred to as smart farming. Implementation of automation in agriculture helps in improving farm efficiency and enhances the livestock production cycle. Agricultural automation is highly dependent on the mechanical equipment used in the system. The mechanical components like linear actuators play a significant role in agricultural mechanization. These actuators are electrically actuated and they work in coordination with various automation technologies to assure efficiency.

Agricultural actuators play a vital role in mechanization of agricultural processes. Actuators offer motions like push, pull, injection and trigger to the agricultural equipment. Electrical actuators being precise devices offer efficient working.

The following tasks typically occur in an arable farm over the year:

Tillage;

Sowing;

Stand care (weed and pest control, fertilization);

Harvest;

Transport/storage.

These tasks are implemented in the combination of tractors with suitable attachments or with a specially made self-propelled machine such as a combine harvester. Most of the attachments are only used for a small amount of time each year. Large and expensive self-propelled machines such as combine harvester or field chopper are only purchased by larger companies. For medium-sized and small businesses, these are booked and provided through machinery contractors or machine pool.

Tillage: In the case of tillage, the focus is on the uniform and specific processing of the area. Typical optimization parameters are the processing quality, the minimization of the energy input and the optimization of the speed. Soil erosion due to processing adapted to the site must be minimized. The arrangement of the processing equipment into its position, angle and depth is set manually. The depth guidance is controlled mechanically via rollers and trailing wheels. In order to ensure that the tools ease off in the event of obstacles (stones), the tools usually have spring suspension. The spring strength, the tools and the arrangement are manually adjusted to the specific location.

Sowing: When sowing, the influencing factors such as the sowing depth, the row spacing and the singling or even distribution of the seed are important. If these are guaranteed, the focus will be on a conventional attachment to allow more area to be processed in less time. Changes in sowing strength are now also automatically adjustable on new machines. Tillage is often combined with the sowing. The no-till and strip-till techniques are interesting variations. The latter works only on the area of sowing and leaves the rest of the field untouched.

Stand care: All work which serves the preservation and the care of the stand after its establishment is summarized under stand care. This includes fertilization, weed control, and pest and disease control. Different requirements arise depending on the task and the stock. It is important to act in a particularly plant-friendly manner and to carry out the process optimally and precisely. Precision agriculture offers the greatest potential here.

Harvest: It is important to harvest as much area and crop as possible in a short window of time/weather when harvesting in arable farming. The harvest should be collected and transported in

good quality. For these reasons, harvesters are the largest and most expensive machines in agriculture. For some time, these have already reached the maximum permitted sizes for road traffic. The main focus for development in recent years has been on further optimizing crop quality and minimizing harvest losses.

Transport/Storage: Especially during harvesting, transportation is essential for the smooth running of a harvest chain. Usually several vehicle combinations are required to transport the harvest from the harvesting machine. There is potential for optimization in approach, overloading time, overloading position and loading quality. For example, when chopping maize, the tractor with loader wagon must be able to drive parallel to the forage harvester during the overloading period so that no crop is lost. This can partly already be done with sensor support, e.g. by means of a camera.

The implementation of autonomous field management will trigger a disruptive change in agriculture over the next few years. Robots will probably only be used in parallel with existing systems and machines and then gradually take on new tasks. Driver assistance systems in existing agricultural machinery will continue to be expanded. The start of robotics will presumably be the use in inventory maintenance and will then be extended to other tasks. Autonomous robots will become economically interesting as soon as the costs for the machines are affordable and the effort is worthwhile for the farmer or contractor to transport the machine to the field and remove it again after the work is done.

References

1. Role of Electric Linear Actuators in Agricultural Automation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.venturemfgco.com/blog/know-about-impact-of-automation-on-agriculture/> – Date of access: 20.09.2024.
2. Trends in the agricultural machinery of the future and how electric linear actuators can be used [Electronic resource]. – Mode of access: <https://cdn.linak.com/-/media/files/us/tech-trends-agricultural-machinery-whitepaper-lus.pdf> –Date of access: 20.09.2024.

УДК 631.371

СУЩЕСТВУЮЩИЕ СХЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Гаркуша К.В., Волосюк А.А., студент, Жук Д.А., студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В настоящее время в Республике Беларусь и других регионах страны сложилась определенная система энергоснабжения сельского хозяйства. Эту систему можно разбить на пять основных подсистем.

Первая подсистема. Потребитель получает электрическую энергию от энергосистемы. В этом случае органическое топливо от места добычи доставляется на электрические станции, где с определенным значением КПД преобразуется в электрическую энергию. Часть выработанной электроэнергии расходуется на собственные нужды электростанции, оставшаяся передается потребителю.

При транспортировке в электрических сетях неизбежно происходят потери электрической энергии. Таким образом, подведенная к потребителю электрическая энергия равна энергетическому эквиваленту добытого органического топлива, за вычетом потерь при транспортировке, потерь при преобразовании топлива в электрическую энергию, потерь на собственные нужды электростанции и потерь в электрических сетях. Потребитель получит полезную (конечную) электрическую энергию, которая меньше подведенной на величину потерь в энергоиспользующих установках.

Вторая подсистема. Потребитель получает электрическую энергию от местной электрической станции. В этом случае органическое топливо от места добычи попадает на перерабатывающие заводы. После переработки поступает на базы снабжения и топливные

склады, а оттуда уже непосредственно на местную электростанцию. Разница между энергетическим эквивалента добытого органического топлива и подведенной электрической энергией определяется потерями при транспортировке и хранении на различных участках рассматриваемой схем, КПД процесса переработки органического топлива и КПД преобразования топлива в электроэнергию на местной электростанции, потерями на собственные нужды электростанции и потерями в электрических сетях. Полезная электрическая энергия, как и в первой схеме, будет меньше подведенной на величину потерь в энергоиспользующих установках.

Третья подсистема. Потребитель получает тепловую энергию от тепловой электростанции. Эта схема полностью повторяет первую с той лишь разницей, что вырабатывается и передается потребителю не электрическая, а тепловая энергия.

Четвертая подсистема. Потребитель получает тепловую энергию от местной котельной или местной теплогенерирующей установки. Данная схема повторяет вторую схему. Наличие или отсутствие определенных элементов в схеме зависит от вида используемого органического топлива. Например, если вместо нефтепродуктов используется уголь, то, как правило, исчезают потери на перерабатывающем заводе, но возрастают потери при транспортировке и хранении.

Пятая подсистема. Потребитель получает тепловую энергию за счет сжигания газа. Газ потребителю от места добычи передается через систему газопроводов и газораспределительных станций, где он преобразуется на теплогенерирующей установке в тепловую энергию. Потери происходят на всех уровнях транспортировки, в теплогенерирующей и энергоиспользующей установках.

Каждая из этих схем имеет свои преимущества и недостатки. При рассмотрении энергообеспечения сельского хозяйства следует учитывать сложившиеся структуры. Часть сельских районов находится в зоне высокой концентрации электрических сетей, вблизи мощных газораспределительных пунктов или узловых железнодорожных станций. Все эти факторы снижают потери энергоносителей при транспортировке. Кроме того, сложившееся производство накладывает ограничения на получение определенной доли из общего количества энергии в виде электрической энергии, газа и т.д.

Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии может рассматриваться как самостоятельная подсистема системы энергоснабжения. При этом следует учитывать, что солнечная энергия (при существующем техническом обеспечении) может производить электрическую и тепловую энергию, ветровая энергия – электрическую и механическую (например, водоподъем), энергия малых рек - электрическую.

Схемы энергоснабжения с нетрадиционными возобновляемыми источниками также имеют свои достоинства и недостатки.

К достоинствам, несомненно, относится то, что каждая из схем с использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии исключает элементы, связанные с добычей, транспортировкой и переработкой органического топлива. Снижается радиус транспортировки энергии (как правило, за счет отсутствия питающих сетей).

Недостатки. Поступление энергии от трех рассматриваемых источников носит циклический характер в течение года, сезона, суток. Следовательно, использование этих источников энергии будет накладывать определенные ограничения, связанные с соответствием в определенный промежуток времени потребности в энергии потребителя возможности данного источника удовлетворить эту потребность.

Литература

1. Гаркуша, К.В. Энергетическая эффективность оборудования молочных комплексов в Республике Беларусь / К.В. Гаркуша, В.А. Коротинский, К.Э. Гаркуша // Передовые технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 30-31 марта 2017 г. - Минск : БГАТУ, 2017. - С. 236-241.

2. Гаркуша, А. В. Проблемы санитарно-бытового оснащения ремонтных мастерских / А. В. Гаркуша, К. В. Гаркуша, А. Н. Гурина // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сборник статей V Международной научно-практической конференции, Минск, 25-26 марта 2021 г. - Минск : БГАТУ, 2021. - С. 206-208.
3. Шерьязов С.К. Определение энергетической характеристики ветрового потока в зависимости от продолжительности солнечного сияния/ С.К. Шерьязов, Р.А. Ахметжанов // Достижения науки - агропромышленному производству: мат-лы XLIV междунар. науч.-техн. конф. ЧГАУ - Челябинск, 2005. - Ч. 2. - С. 221-226.
4. Саплин Л.А. Структура системы энергоснабжения фермерских хозяйств с использованием ВИЭ / Л.А. Саплин, С.К. Шерьязов, Р.А. Ахметжанов // Сб. науч. тр. ЧГАУ. - Челябинск, 2001. - С.241 – 243/

УДК 621.311

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4 кВ

Наумов^{1,2} И.В., д.т.н., профессор

¹Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского,

²Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

Введение. На современном этапе развития электроэнергетики большое внимание уделяется развитию нового направления – созданию «умных» электрических сетей, оснащенных новейшими средствами управления, позволяющими интеллектуализировать режимы работы этих сетей, способных в автоматическом режиме обеспечивать требования надежности и качества функционирования компонентов систем электроснабжения.

Неоднократно в многочисленных публикациях о режимах работы действующих сельских электрических сетей 0,4 кВ констатировалось, что объективной характеристикой этих режимов является несимметрия фазных токов и напряжений. При этом несимметрия трехфазной системы приводит к значительному изменению показателей качества, характеризующих уровень несимметрии и значение которых устанавливаются государственным стандартом [1]. В дополнение к этому, установлено, что использование современных электроприемников на производстве и в быту, в силу их нелинейного характера электропотребления, приводит к дополнительным несинусоидальным искажениям, вызванными эмиссией токов высших гармонических составляющих (ВГС). В результате такого дополнительного возмущения в значительной степени нарушаются балансовые характеристики режима работы СНН за счет протекания дополнительных совокупностей токов прямой, обратной и нулевой последовательностей, обусловленных не только основной частотой напряжения электропитания, но и токами ВГС. Наиболее подробно характеристика объединенных несимметрично-несинусоидальных режимов, создающих несбалансированное электропотребление, представлена в [2]. Здесь же предложено устройство балансирования режима работы сети за счет снижения дополнительных совокупностей токов прямой, обратной и нулевой последовательностей. В результате работы такого устройства в значительной степени происходит снижение показателей несбалансированности токов и напряжений, которые определяют основные критерии качества электрической энергии и возникновения ее дополнительных потерь:

$$K_{2U(UOM)} = \frac{(U_2 + \sum_2^{38} U_{ANS})}{U_1} \cdot 100\%; \quad K_{0U(UOM)} = \frac{(U_0 + \sum_3^{39} U_{AZS})}{U_1} \cdot 100\%. \quad (1)$$

$$K_{P(UOM)} = 1 + K_{APS}^2 + K_{2i}^2 + K_{ANS}^2 + \{K_{0i}^2 + K_{AZS}^2\}K_R, \quad (2)$$

где $K_{2U(UOM)}$ и $K_{0U(UOM)}$ – комплексные коэффициенты несбалансированности напряжения по обратной и нулевой последовательностям; $\underline{U}_1, \underline{U}_2$ и $\underline{U}_0$ – комплексные значения напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности основной частоты; $\sum_2^{38} \underline{U}_{ANS}$ и $\sum_3^{39} \underline{U}_{AZS}$ – суммарные комплексные значений симметричных составляющих напряжения, обусловленных совокупностями ВГС напряжений, соответственно дополнительных прямой, обратной и нулевой последовательностей; $K_{APS} = \frac{\sum_4^{40} I_{APS}}{I_1}$, $K_{ANS} = \frac{\sum_2^{38} I_{ANS}}{I_1}$ и $K_{AZS} = \frac{\sum_3^{39} I_{AZS}}{I_1}$ – коэффициенты, представляющие собой отношение сумм гармонических составляющих, формирующих дополнительные прямую, обратную и нулевую последовательности к гармонической составляющей тока прямой последовательности основной частоты; $K_{2i} = \frac{I_2}{I_1}$ и $K_{0i} = \frac{I_0}{I_1}$ – коэффициенты, представляющие собой отношение токов, соответственно обратной и нулевой последовательностей к току прямой последовательности основной частоты. При этом, выражения для определения значений симметричных составляющих токов и напряжений при несимметричном режиме с достаточной степенью достоверности могут быть определены в соответствии с модульным методом расчета, предложенным профессором Ф.Д. Косоуховым [3]. А выражения $\sum_4^{40} I_{APS}$, $\sum_2^{38} I_{ANS}$, $\sum_3^{39} I_{AZS}$, $\sum_2^{38} \underline{U}_{ANS}$ и $\sum_3^{39} \underline{U}_{AZS}$ определяются на основании измерения параметров электроэнергии сертифицированным прибором в действующих СНН.

Результаты исследования. Осенью 2023 г. в действующих СНН Иркутской области на шинах 0,4 кВ одной из трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ, питающей группу домов в сельской местности, был установлен сертифицированный прибор PQ-701, который фиксировал в течение суток на жестком диске требуемые показатели (рис.1).



Рисунок 1 – Измерение параметров в исследуемой электрической сети:
а) шины 0,4 кВ силового трансформатора 10/0,4 кВ; б) прибор PQ-701

На основе полученной исследовательской информации, с использованием авторского программного обеспечения [4] произведена имитация подключения усовершенствованной модели БУ в исследуемую электрическую сеть. При этом параметры устройства в каждый момент времени автоматически изменяются в зависимости от уровня несбалансированного электропотребления:

$$\begin{aligned} & \underline{Y}_{\text{БУНRP}} \left(\left\{ \underline{U}_1 + \sum_4^{40} \underline{U}_{APS} \right\}, \left\{ I_1 + \sum_4^{40} I_{APS} \right\}, t_0, \bar{t}_i \right) = \\ & = \frac{1}{14,1428 \cdot (\bar{t}_i - t_0)} \cdot \int_{t_0}^{\bar{t}_i} \frac{\{I_1 + \sum_4^{40} I_{APS}\}(t)}{\{\underline{U}_1 + \sum_4^{40} \underline{U}_{APS}\}(t)} dt; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{2\text{БУННР}} \left(\left\{ \underline{U}_2 + \sum_2^{38} \underline{U}_{ANS} \right\}, \left\{ \underline{L}_2 + \sum_2^{38} \underline{L}_{ANS} \right\}, t_0, \bar{t}_i \right) &= \\
 = \frac{1}{14,1428 \cdot (\bar{t}_i - t_0)} \cdot \int_{t_0}^{\bar{t}_i} \frac{\{ \underline{L}_2 + \sum_2^{38} \underline{L}_{ANS} \}(t)}{\{ \underline{U}_1 + \sum_2^{38} \underline{U}_{ANS} \}(t)} dt; \\
 Y_{0\text{БУННР}} \left(\left\{ \underline{U}_0 + \sum_3^{39} \underline{U}_{AZS} \right\}, \left\{ \underline{L}_0 + \sum_3^{39} \underline{L}_{AZS} \right\}, t_0, \bar{t}_i \right) &= \\
 = \frac{6}{(\bar{t}_i - t_0)} \cdot \int_{t_0}^{\bar{t}_i} \frac{\{ \underline{L}_0 + \sum_3^{39} \underline{L}_{AZS} \}(t)}{\{ \underline{U}_0 + \sum_3^{39} \underline{U}_{AZS} \}(t)} dt,
 \end{aligned} \tag{3}$$

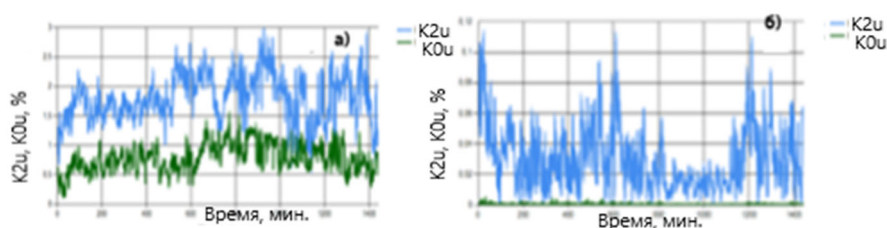


Рисунок 2 – Изменение коэффициентов несбалансированности напряжений по обратной и нулевой последовательностям: а) сеть без БУ; б) сеть с БУ

Анализ рисунка 2 показал, что при отсутствии в сети БУ значения модулей коэффициентов $K_{2U(UOM)}$ и $K_{0U(UOM)}$ (рис. 2, а), составляли, соответственно 1,8% и 0,8%¹. При включении БУ (рис. 2, б) эти же значения составили, соответственно 0,03% и 0,0004%. Таким образом, эффект балансирования по этим двум показателям превысил 98%.

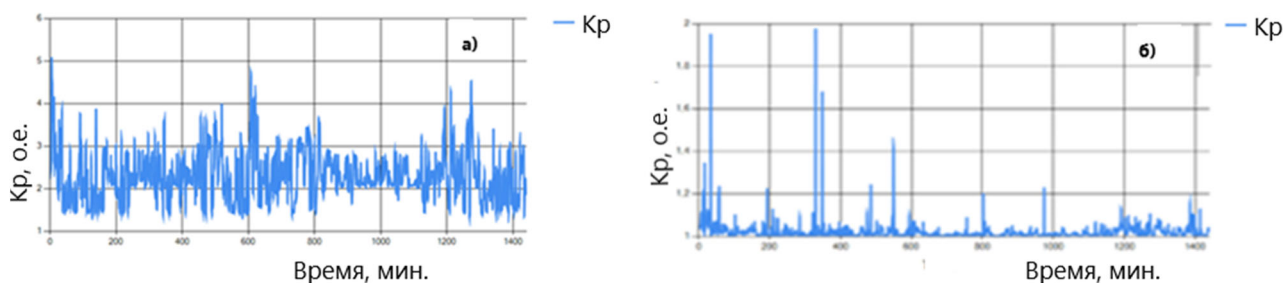


Рисунок 3 – Изменение коэффициента потерь мощности: а) сеть без БУ; б) сеть с БУ

Аналогичная ситуация и с коэффициентом потерь мощности: при отсутствии Бу в сети (рис 3, а) его значение составляло 2,3. То есть, превышение активных потерь в исследуемой сети в несбалансированном режиме в 2,3 раза превышает аналогичные потери в условно симметричном и сбалансированном режиме. При имитации включения БУ в исследуемую действующую СНН значение этого показателя составило 1,02. То есть, эффект балансирования по потерям активной мощности и электроэнергии составил более 65%.

Более реально изменение коэффициента потерь можно продемонстрировать на примере изменения потерь активной и реактивной мощностей в исследуемой сети (рис. 4).

Анализ рисунка 4 показывает, что при отсутствии БУ в исследуемой сети потери активной и реактивной мощности составляли, соответственно 1,84 кВт и 14,8 квар. При включении БУ в сети эти значения составили, соответственно 0,9 кВт и 6,6 квар. Таким

¹ Здесь и далее под значением показателя принимается его усредненная величина за весь исследуемый период, в течении 1400 одноминутных интервалов усреднения за одни сутки.

образом, снижение потерь активной и реактивной мощности при включении БУ составило 51% и 55%, соответственно.

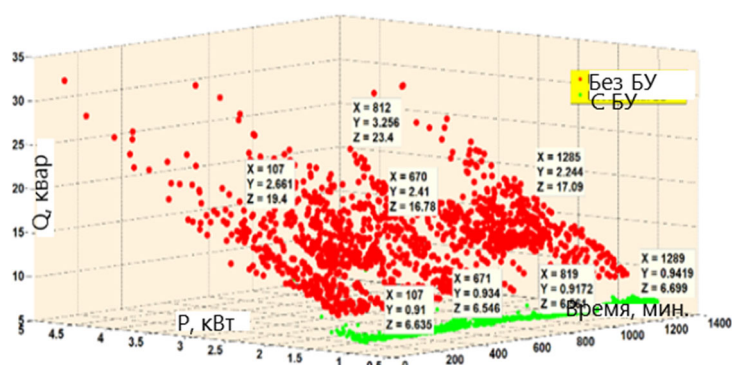


Рисунок 4 – Изменение потерь активной и реактивной мощности в исследуемой электрической сети до и после подключения БУ

Закключение. Таким образом, в результате произведенных исследований установлено следующее.

1. Режимы работы электрических сетей низкого напряжения характеризуются значительным несбалансированным электропотреблением.
2. Разработанная smart-grid технология управления этими режимами, основанная на использовании авторских балансирующего устройства и программного обеспечения позволяет эффективно производить минимизацию последствий несбалансированных режимов работы низковольтных сетей, повышая показатели, характеризующие качество электрической энергии более чем на 90%, и снижая соответствующие потери мощности и энергии более, чем на 50%.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Дата введения 2014.07.01. [Электронный ресурс]. Режим доступа: (дата обращения: 13.01.2024 г.).
2. Наумов И.В. Устройство для снижения потерь в электрических сетях с нелинейно-несимметричной нагрузкой. Электричество, 2023, 6, 57-66.
3. Косоухов Ф.Д. Методы расчета и анализа показателей несимметрии токов и напряжений в сельских распределительных сетях. Учеб. Пособие. Ленинград: ЛСХИ. 1984. 42 с.
4. Наумов И.В. “Unbalance-3”. Программа расчета несбалансированных режимов работы низковольтных электрических сетей. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023684122 от 13.11.23 г.

УДК 631.171

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ВИТАМИНИЗИРОВАННОГО МОЛОКА

Якубовская Е.С., Щепко Н.Ю., студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Качество производства молочной продукции определяется точностью поддержания технологических параметров, строгим соблюдением технологического регламента. Обеспечить эти условия можно с помощью эффективной системы автоматизации приемлемого уровня, которая учитывает особенности технологических процессов того или иного производства.

Одной из основных производственной линии молочного завода является линия производства цельного молока. Актуальным является производство витаминизированного молока, обогащенного витамином С, наиболее важного для рациона человека. Однако в этом случае имеются отличительные особенности производства, что важно учитывать при автоматизации линии.

Витаминизированное молоко имеет тот же состав, органолептические и физико-химические показатели, что и пастеризованное цельное молоко. Содержание витамина С в нем должно составлять не менее 10 мг на 100 мл молока. С учетом потерь на 1 т молока вносят 110 г аскорбиновой кислоты. Исходное молоко должно иметь кислотность не более 18 °Т, так как добавление аскорбиновой кислоты повышает кислотность продукта.

Технологический процесс производства витаминизированного молока состоит из тех же операций, что и выработка пастеризованного молока [1]. Чтобы уменьшить потери витамина С, его вносят в молоко после пастеризации. Для этого препарат витамина в виде порошка, добавляемого из расчета 110 г на 1000 л молока для детей раннего возраста и 210 г для детей старшего возраста и взрослых, медленно высыпает в резервуар при постоянном помешивании, затем продолжают перемешивать еще 15-20 мин и выдерживают в течение 30-40 мин. Готовый продукт разливают и хранят до реализации при температуре не выше 4 °С, поскольку повышение температуры не только отрицательно сказывается на качестве молока, но и вызывает разрушение витамина С.

Технологический процесс изготовления витаминизированного молока состоит из следующих операций: приёмка и подготовка сырья; подогрев до температуры 40-50 °С; нормализация; пастеризация при температуре 78 °С в течение 20 с; гомогенизация; охлаждение до температуры 6±2 °С; внесение витамина С в порошок при перемешивании в течение 20 мин; промежуточное хранение в течение не более 6 часов; розлив; хранение при температуре 4±2 °С не более 5 суток.

В оборудование линии (рисунок 1) входит установка пастеризации, сепаратор, гомогенизатор, резервуары с дозатором витаминного порошка.

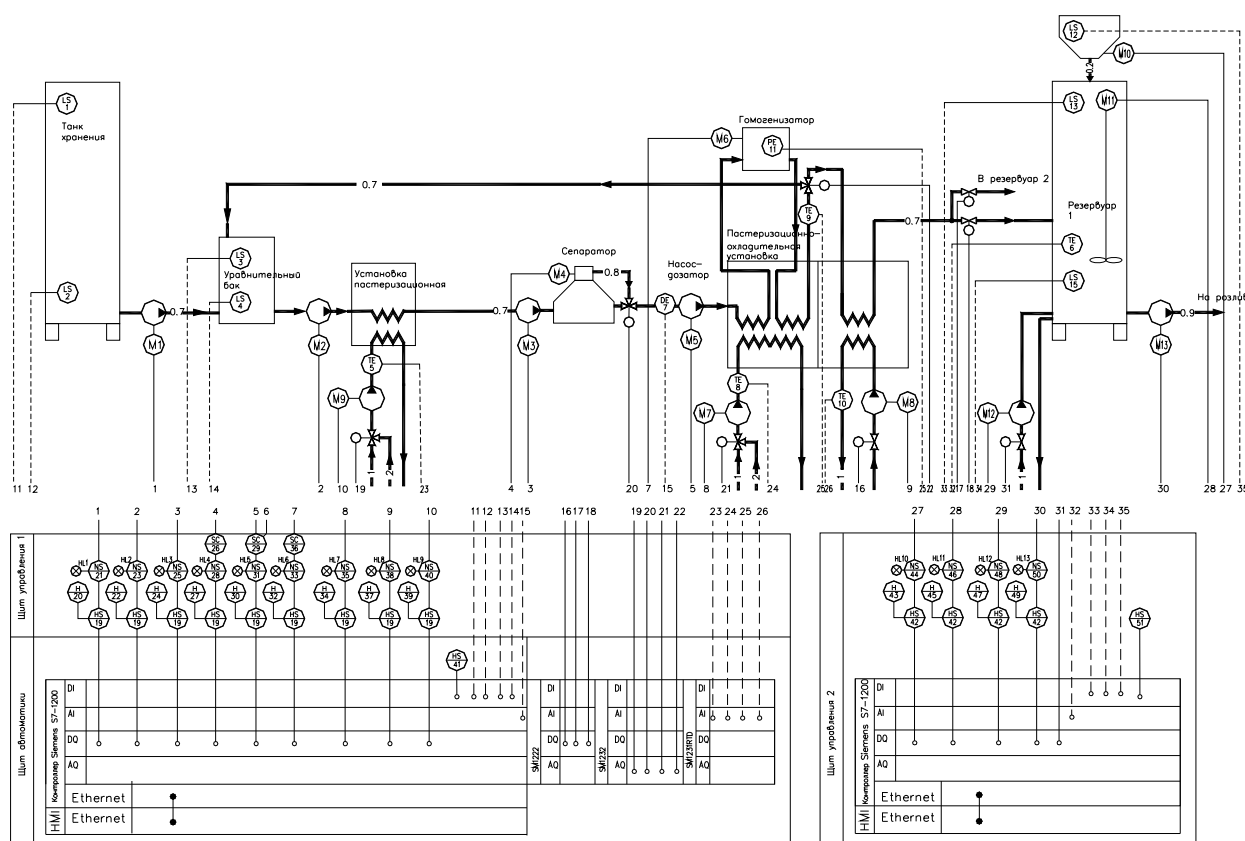


Рисунок 1 – Схема автоматизации линии по производству витаминизированного молока

Система автоматического управления линией должна обеспечивать контроль уровня по емкостям и резервуарам (датчики LS), точное поддержание температуры нагрева молока, пастеризации, температуры горячей и охлаждающей воды в пастеризационной установке (датчики температуры TE), также поддерживать жирность молока в потоке при нормализации (датчик DE) со стабилизацией частоты вращения привода сепаратора по загрузке (с помощью преобразователя частоты, дозировать витамин С с одновременным перемешиванием, обеспечивать согласованную работу оборудования с правилами включения/отключения поточной линии.

В качестве устройства управления необходимо использовать контроллер с панелью оператора, так как алгоритм поддержания параметров сложный. Точное поддержание температуры пастеризации требует использования программного ПИД-регулятора с функцией самонастройки при установленных начальных параметрах оптимизированной системы. Это в свою очередь требует провести моделирование работы системы регулирования.

Таким образом, система автоматического управления линией производства витаминизированного молока должна точно поддерживать технологические параметры, обеспечивать оптимальную загрузку линии с помощью насоса-дозатора с регулируемым приводом, обеспечивать плавный пуск двигателей гомогенизатора и сепаратора, обеспечивать точное дозирование витамина С.

Литература

1. Технология молочных продуктов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://milk-industry.ru/tehnologiya-molochnyh-produktov/192-moloko-vitaminizirovannoe.html>. - Дата доступа: 10.09.2024.

УДК 621.791:621.762

КЕРАМИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Шевченко А.А., к.т.н., доцент, **Королевич М.В.**, д.ф.-м.н., профессор,
Болодон В.Н., к.б.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Стабильность работы выпрямительных устройств общехозяйственного назначения, используемых в подвижном рельсовом транспорте, гальванических ваннах электролиза и сварочных аппаратах, где применяются большие токи, во многом определяется типом и качеством используемых электроизолирующих материалов. В таких устройствах, с целью облегчения управления сварочным током и, соответственно, упрощения переключения режимов работы, широко используются неуправляемые (диодные), полууправляемые (диодно-тиристорные) и управляемые (тиристорные) блоки питания на токи от 10А до 10 кА, напряжением до 1000 В, частотой до 30 кГц. Такие блоки представляют собой сборки из нескольких охлаждаемых алюминиевых пластин с диодными модулями, соединенными вместе с помощью стяжек – болтов, шайб, гаек и изолирующих прокладок. В один такой блок входит около 40 штук втулок–изоляторов нескольких типоразмеров. В связи с этим к используемым втулкам - изоляторам предъявляются достаточно жесткие требования как по габаритам, так и по техническим требованиям. В частности, поскольку сварочные агрегаты работают во влажной атмосфере, керамические втулки-изоляторы должны обладать минимальной пористостью (не более 5%), высокой электрической прочностью (пробивным напряжением), не менее 10 кВ/мм, и высокой термостойкостью (≥ 400 °С). Одним из важнейших компонентов таких блоков, наряду с диодами и тиристорами, является терморектопласт, выполняющий изоляционные функции. Однако производство последнего компонента является достаточно вредным, поскольку в его состав входят эпоксидные и

фенолформальдегидные смолы. В то же время блоки источников питания сварочных аппаратов, изготовленные с применением терморектопластов, не всегда удовлетворяют потребителей, вследствие низкой термической стойкости терморектопластов в жестких условиях работы оборудования, изменения линейных размеров, нарушения электрического контакта и пробоя при повышенных температурах. Использование в качестве изоляторов традиционных фарфоровых, стеклокристаллических материалов и даже некоторых видов глиноземистых керамик в условиях термоциклирования, комплекса высоких тепловых, механических и электрических нагрузок современного оборудования, часто приводит к недопустимому появлению микротрещин, нарушению целостности изделия и выходу из строя изоляторов при эксплуатации.

Наиболее подходящим материалом для таких целей является высокоплотная оксидная керамика на основе Al_2O_3 (корундовая либо кордиеритовая), обладающая высокими механическими и электроизоляционными свойствами, а также высокой стойкостью к термоударам. Выпуском изделий такого назначения занимается ряд ведущих фирм Германии, Италии, Австрии, США и Японии и России. Однако цена таких керамических материалов достаточно высока, для их закупки требуется валюта. Производства высокопрочных термостойких изоляционных керамических материалов указанного выше назначения в настоящее время в Республике Беларусь не существует. В связи с этим целью данной работы является разработка и исследование высокопрочного термостойкого керамического материала на основе Al_2O_3 с высоким уровнем физико-механических и электрофизических свойств для производства из него керамических втулок для блоков питания сварочных аппаратов.

Для разработки термостойкого материала в качестве основы композиции были использованы технический глинозем марки ГН по ГОСТ 30559-98 и микрошлифпорошок зернистости М1 марки 25 А (ТУ 3988-005-00658716-2000). В качестве легирующих добавок исследовались TiO_2 , Mn_2O_3 , Cr_2O_3 , MgO и SiO_2 , концентрацию которых варьировали от 0 до 5 масс. %. Композиции смешивали в лопастном смесителе, гранулировали, прессовали и спекали в камерной лабораторной электропечи сопротивления в воздушной атмосфере в интервале температур 1400 – 1600 °С с выдержкой 2 ч. Измерение электрической прочности и диэлектрической проницаемости проводили по ГОСТ 24409-80 на образцах с нанесенными серебряными контактами. Измеренное значение пробивного напряжения по указанным выше методикам экспериментальных образцов втулок из материала на основе порошка Al_2O_3 марки М1 с добавкой 1 масс. % TiO_2 находилось в пределах 10-18 кВ/мм, диэлектрической проницаемости 8-10 и удельного электросопротивления более 10^8 Ом·см. Поскольку сварочные агрегаты достаточно часто работают при жестких климатических условиях от – 40 до + 50 °С, прикладываемые токи от 10 А до 10 кА, напряжение 1000 В, частота до 30 кГц для определения термической стойкости нами использовался метод, используемый на предприятиях – производителях сварочной аппаратуры. Метод основывался на неоднократном нагревании блоков с керамическими втулками до температуры 150-180 °С и погружении их в воду с температурой 0-5 °С до появления на образцах первых визуально заметных трещин. Для более точного обнаружения трещин образцы после подсушки прокрашивали в спиртовом растворе фуксина. Результат испытаний выражали количеством циклов, выдержанных образцом, до появления на нем видимых невооруженным глазом трещин. По результатам испытаний керамические втулки из разработанного материала выдерживали более 500 циклов.

Проведены исследования по влиянию температуры спекания и типа легирующей добавки на микроструктуру и некоторые физико-механические свойства образцов. Анализ показал, что плотность (относительная плотность) экспериментальных образцов, спеченных из исходных порошков Al_2O_3 без добавок при 1550 °С, 2 ч не превышала, соответственно, 3,46 (86 %) и 3,62 г/см³ (91 %), для ГН и М1. С ростом температуры спекания до 1600 °С плотность образца из микронного порошка марки М1 возрастала до 3,80 г/см³ (~ 95,3 %). Использование легирующих добавок 1 масс. % TiO_2 (или 1 масс. % Mn_2O_3) позволило

увеличить плотность (относительную плотность) образцов до 3,92 (98 %) (или 3,86 г/см³ (96,7 %) при температуре спекания 1550⁰С, время выдержки 2 ч). Оптимальными физико-механическими свойствами обладали образцы М1+1 %Mn₂O₃ и М1+ 1 % TiO₂, спеченные при температуре 1550 ⁰С, 2ч.

Анализ микроструктуры образцов на основе порошков ГН и М1 показал, что температуры спекания 1580⁰С недостаточно для получения высокой плотности первых образцов. Пористость у них достаточно высокая (~15 – 20 %), размер пор – до 3 мкм, кристаллиты от 1,5 до 3 мкм и более. Легирующие добавки (Mn₂O₃ и TiO₂) до 1масс. % не позволяли на много повысить относительную плотность (до 88-90 %). Поэтому материал на основе порошка ГН не может использоваться в качестве изоляционных втулок блоков источников питания сварочных аппаратов (высокая пористость существенно снижает пробивное напряжение, особенно при работе во влажной атмосфере).

Материал на основе порошка М1 даже без легирующих добавок получился однородным (размер кристаллитов ~ 1мкм) и плотным ($\rho_{\text{отн.}} \sim 91 \%$). Легирующие добавки (Mn₂O₃ и TiO₂) приводили к повышению плотности до 96-98 %. Причем последняя добавка приводила к лучшей спекаемости и лучшему сцеплению кристаллитов. Этот материал и был выбран в качестве изоляторов блоков питания сварочных аппаратов.

Для экспериментальных образцов, содержащих добавку 1% Mn₂O₃, полученных после спекания при 1550 ⁰С, 2ч., твердость по Роквеллу составляла 92 HRA, микротвердость – 18090 МПа, предел прочности при сжатии – 1250 МПа, коэффициент вязкости разрушения – 4,58 МПа х м^{1/2}. Образцы с добавкой 1 масс. % TiO₂, полученные по тем же режимам, имели твердость по Роквеллу ~ 92 HRA, микротвердость – 19130 МПа, предел прочности при сжатии ~850 МПа и коэффициент вязкости разрушения ~ 4,64 МПа х м^{1/2}.

На основании проведенных исследований были изготовлены и переданы изоляционные керамические втулки различного типоразмера для блоков питания сварочных аппаратов, производимых ОАО "ЭНЭФ-завод".

УДК 631.171

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ТЕПЛИЦ ЧЕТВЕРТОГО И ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЙ

Якубовская Е.С., Щербак В.И., студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В настоящее время наиболее распространены многопролетные блочные теплицы типа Venlo [1, с.11], представляющее собой сложное инженерное сооружение из стали, алюминия и стекла. Они относятся к четвертому поколению теплиц. Основой теплицы являются стальные несущие конструкции (ширина пролета – 8,0, 9,6 или 10м, высота колонн – 5,5, 5,8, 6,4, 7м, шаг колон – 4, 4,5, 5м). Благоприятные условия для роста растений в таких теплицах поддерживаются за счет следующих инженерно-технических систем: отопления, вентиляции, испарительного охлаждения, зашторивания, досвечивания, капельного полива и внесения удобрений, подкормки углекислым газом. Однако поскольку тепло в теплицах Venlo уходит через боковое остекление и форточки на крыше, то имеется повышенный расход тепла и электроэнергии. Также наблюдается биологическая незащищенность: вредители, споры, грибки попадают через фрамуги в теплицу.

Снять данные проблемы позволяет использование теплиц 5-го поколения Ultra Clima. Благодаря зоне активного климата с жалюзи (с антимоскитной сеткой для предотвращения попадания насекомых) и клапаном смешивания воздуха, расположенного с торца теплицы обеспечивается точное поддержание температуры воздуха (1-2 °С). В теплицах UltraClima теплый воздух, поднимающийся вверх, отбирается вентиляторами и снова подается на отопление по пластиковым рукавам, расположенным под каждой грядкой. Это позволяет экономить затраты на отопление (за счет вторичного использования тепловой энергии). Теплица в любой период

Литература

1. Аутко, А.А. В мире тепличного производства : 2-е издание / А.А. Аутко, Д.Л. Вольфсон. – Минск : Колорград, 2017. – 449 с.
2. Теплицы 5-го поколения Active Climate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nivagreenhouse.ru/%D1%80%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9/%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8B-5-%D0%B3%D0%BE-%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-active-climate/>. – Дата доступа: 20.01.2024.

УДК 004.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СВЧ-КАМЕРАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШКИ МАТЕРИАЛОВ

Матвеев¹ В.В., к.ф.-м.н., доцент, Матвеев² И.П., к.т.н., доцент

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Энергия электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ) позволяет ускорить процессы сушки различных материалов. Это связано с тем, что СВЧ-энергию можно подвести непосредственно внутрь высушиваемого материала. Градиент давления пара, который создается внутри материала, резко ускоряет процесс сушки за счет выдавливания влаги из внутренних областей материала на его поверхность к границе, где наиболее эффективны конвективные процессы сушки.

Использование СВЧ-поля позволяет, по сравнению с классическими вариантами, увеличить производительность сушки (зерна, древесины и т.д.), получить более равномерную просушку по всей толщине слоя, а также уменьшить энергозатраты.

Основные полезные особенности СВЧ-нагрева – высокая степень поглощения энергии влажных материалов и соответственно скорость роста температуры, бесконтактный избирательный нагрев неоднородных материалов (по мере высушивания определенных участков нагрев в них автоматически уменьшается), большой КПД, отсутствие инерции в подводе мощности и простота автоматизации процесса. Эти преимущества определяют необходимость создания промышленных установок для СВЧ-обработки и сушки материалов.

При этом важно не только выявить оптимальную конструкцию СВЧ-камеры, но и оптимальные параметры электромагнитного поля.

Расчеты проводились путем математического моделирования с использованием пакета PDE Modeler.

Было исследовано три варианта конструкций СВЧ-камер:

- вариант 1: рупор, излучающий в свободное пространство;
- вариант 2: рупор нагружен на поглощающий диэлектрик;
- вариант 3: резонансная камера с диэлектрической поглощающей вставкой.

Уравнения для расчетной области представлены уравнением Максвелла в виде [1]:

$$\nabla \times \vec{H} = J + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}; \quad \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}.$$

Учитывая соотношения $\vec{D} = \epsilon_a \vec{E}$, $\vec{B} = \mu_a \vec{H}$ и $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ получим:

$$\nabla \times \vec{H} = \sigma \vec{E} + \epsilon_a \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}; \quad \nabla \times \vec{E} = -\mu_a \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}.$$

Моделирование показало, что в первом варианте из-за возбуждения высших мод интенсивность ВЧ-поля на краях вдвое превосходит интенсивность в средней области.

Во втором варианте обеспечение равномерного прогрева возможно в конвейерном варианте конструкции технологической установки.

В третьем варианте СВЧ волна не проникает через диэлектрик, начинает отражаться от диэлектрического материала, эффективность поглощения снижается. Это указывает на то, что слишком влажный материал неэффективно сушить энергией СВЧ.

Поскольку каждый вариант конструкции имеет свои особенности, необходимо получить оптимальные параметры электромагнитного поля для создания равномерной интенсивности в камере определенной конструкции.

Проблема в том, что сложная форма камер и расположение материала, который подвергается сушке в них, не позволяет найти точное распределение СВЧ-полей внутри нагреваемого материала с заданной интенсивностью.

Для решения этой задачи воспользуемся эллиптическим уравнением в частных производных для магнитного потенциала Герца Π_z^m .

При этом необходимо учитывать сложные граничные условия по всему контуру конструкции. Для этого сначала надо установить связь между электромагнитными волнами и потенциалом Герца:

$$\vec{H} = -\varepsilon_a \mu_a \frac{\partial^2 \vec{\Pi}^m}{\partial t^2} + \text{grad div } \vec{\Pi}^m.$$

Граничные условия для магнитного потенциала Герца находим из граничных условий для нормальной составляющей волны на идеально проводящей поверхности:

$$H_{q_1|Q_1} = 0, H_{q_2|Q_2} = 0, H_{z|Q_3} = 0.$$

$$\text{Для составляющей } H_z \text{ имеем } H_{z|Q_3} = \left(k^2 + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \vec{\Pi}^m = 0 \text{ или } \Pi_{z|Q_3}^m = 0. \quad (1)$$

$$\text{Для составляющих } H_{q_1} \text{ } H_{q_2} \text{ соответствует } \frac{\partial \Pi_z^m}{\partial \vec{n}} \Big|_{S_{\text{бок}}} = 0. \quad (2)$$

Получаем граничные условия для боковой поверхности, соответствующей граничным условиям Неймана.

$$\text{Граничные условия (1), (2) вместе с уравнениями } \Delta \vec{\Pi}^m - \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{\Pi}^m}{\partial t^2} = -\frac{\vec{J}_{cm}}{\mu_0},$$

формулируют краевую задачу для определения электромагнитного поля в волноводах и резонаторах.

Используя указанное выше и перейдя к комплексному виду, получим решение эллиптического уравнения с частными производными $\Delta \vec{\Pi}^m - \omega^2 \vec{\Pi}^m = 0$, на заданной частоте для волны H_{10} с граничными условиями $\Pi_{z|Q_3}^m = 0$ на входе и выходе сигнала и

$$\text{граничными условиями для боковых стенок } \frac{\partial \Pi_z^m}{\partial \vec{n}} \Big|_{S_{\text{бок}}} = 0.$$

В результате исследования различных форм конструкций камер получено равномерное распределение электромагнитного поля по интенсивности в камере, что повышает качество сушки материалов.

Литература

1. Кураев, А.А. Электродинамика и распространение радиоволн/ А.А.Кураев, Т.Л. Попкова, А.К. Синицын. – Минск: Инфра-М, 2012. – 424с.
2. Кураев, А.А. Мощные электронные приборы СВЧ и КВЧ со специальными видами взаимодействия / А.А.Кураев, В.В.Матвеев. – Минск: Бестпринт, 2022. – 216с.

УДК 631.171

**ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ
КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩА ПО ПЕРИОДАМ ХРАНЕНИЯ**

Якубовская Е.С., Кадебская А.С., студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Условия хранения картофеля и других овощей, при которых максимально сокращаются потери и сохраняется качество продукции, создаются путем поддержания оптимального для данной культуры температурного режима в хранилищах и в массе продукции. Однако оптимальные значения температуры зависят от периода хранения и это должна учитывать система автоматического управления. Так технологический процесс хранения картофеля можно разделить на три основных периода: лечебный, охлаждения и хранения [1, с. 272].

В лечебный период с целью быстрого заживления механических повреждений картофеля необходимо поддерживать в межклубневом пространстве насыпи температуру на уровне $15 \pm 5^{\circ}\text{C}$ и высокую относительную влажность воздуха (более 90%) с минимальным воздухообменом. Для этого в течение 10...15 дней картофель вентилируют рециркуляционным воздухом 4–6 раз в сутки по 15...30 мин. То есть система автоматического управления должна обеспечить включение вентилятора заданное число раз с заданной продолжительностью работы (рисунок 1).

В период охлаждения, который наступает после лечебного, температуру хранимого продукта постепенно снижают до $2\text{--}4^{\circ}\text{C}$, периодически проводя (4...6 раз в сутки по 15...30 мин, в течение 10...40 дней) активное вентилирование наружным воздухом или его смесью с внутренним воздухом в те периоды суток, когда температура наружного воздуха не менее чем на $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$ меньше температуры хранимого продукта. То есть система автоматического управления должна обеспечить включение вентилятора и установление клапана в такое положение, чтобы обеспечить охлаждение массы картофеля. Управление ведется по сигналам датчиков температуры наружного воздуха, в массе картофеля и воздухораспределительном канале.

Период хранения начинается, когда температура картофеля в насыпи достигает $3\text{--}4^{\circ}\text{C}$. Вентиляционные установки включаются при повышении температуры в насыпи до 4°C и более. Заданную температуру зимой поддерживают с точностью $\pm 1^{\circ}\text{C}$ активным вентилированием 4-6 раз в сутки смесью наружного и внутреннего воздуха, а при больших морозах - только рециркуляционным воздухом. В остальные времена года насыпь вентилируют наружным воздухом, который забирают в наиболее холодное время суток, или воздухом, охлажденным в специальных холодильных установках. То есть управление ведут, как и в предыдущий период. Но учитывают условие защиты картофеля от замораживания (температура в воздухораспределительном канале должна быть положительной). Также при низкой температуре в верхней зоне картофелехранилища (контроль датчиком температуры типа термометра сопротивления) контроллер должен включать в работу рециркуляционно-отопительный агрегат.

Таким образом, контроллер должен обеспечить поддержание технологически обоснованных температурных режимов приточного воздуха в зависимости от периода хранения, температуры в массе хранимой продукции и воздуха верхней зоны, защиту от замораживания.

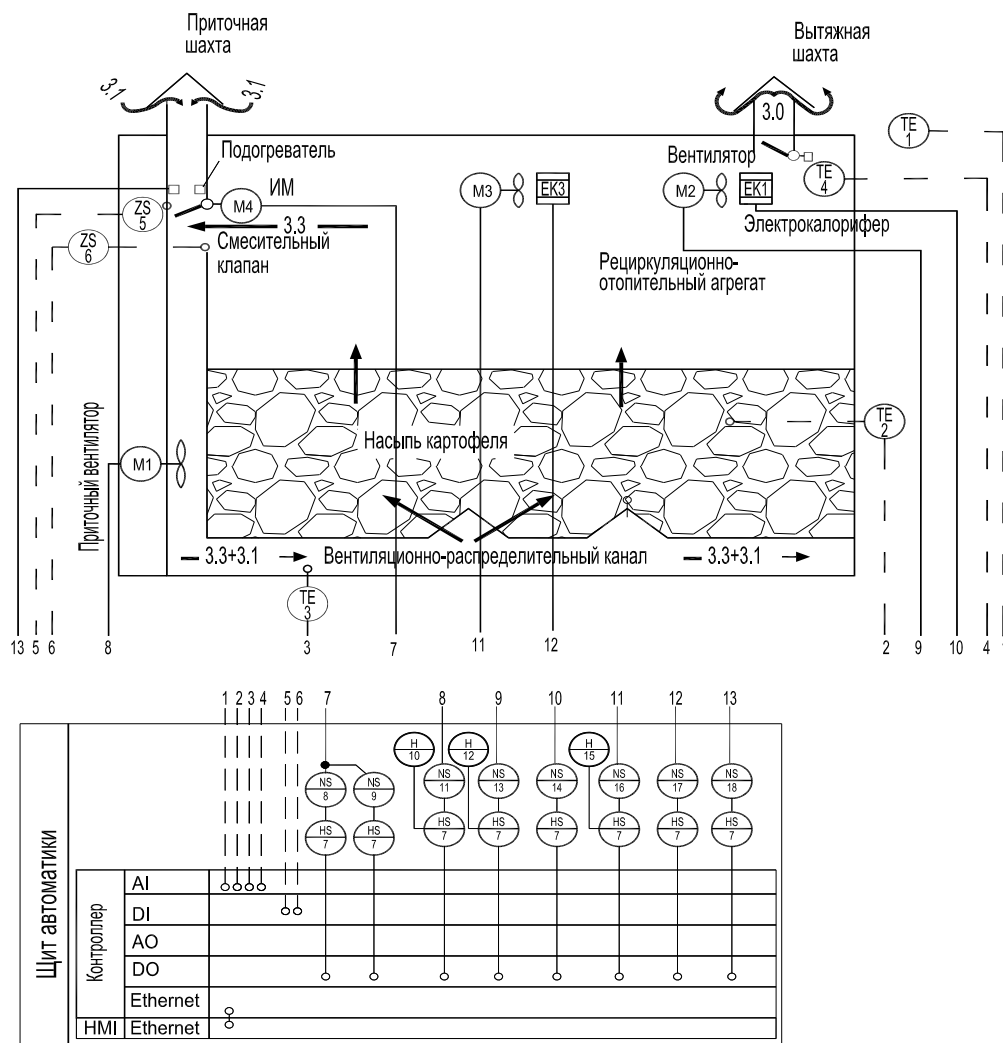


Рисунок 1 - Схема автоматизации управления температурным режимом в картофелехранилище

Литература

1. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов : учебное пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2015. – 376 с.

УДК 004.3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ MICRO-CAP

Матвеев И.П., к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Различные системы автоматизированного управления производственными и технологическими процессами в сельском хозяйстве основываются на применении средств электронной и микропроцессорной техники. Спроектировать электронное устройство и проверить его работоспособность оказалось проще виртуально, с использованием современных компьютерных программ.

В настоящее время большое значение приобрели методы математического моделирования и проектирования электронных устройств на компьютере. К наиболее распространенным в отечественной практике системам и программам схемотехнического проектирования в электронике относятся системы Micro-Cap, Electronic WorkBench, MathLab, Proteus.

Программа Micro-Cap является интегрированным редактором электрических схем, который позволяет пользователю выполнить графический ввод исследуемой схемы и провести анализ ряда её основных характеристик.

Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap имеет следующие основные характеристики [1]: большая библиотека элементов; мощный графический редактор электронных схем; возможность проведения различных типов анализа схемы; возможность оптимизации электронных схем путем изменения параметров элементов; возможность задания функциональной зависимости параметров.

В процессе работы с программой Micro-Cap вначале создается принципиальная электрическая схема электронного устройства, в которую включаются электронные элементы (активные и пассивные аналоговые или цифровые), их соединения, условные обозначения и параметры или типы.

При создании принципиальной схемы используются математические модели компонентов, имеющиеся в библиотеке программы, которые могут быть простыми и сложными. К простым моделям можно отнести модели резисторов и конденсаторов, а к сложным - модели транзисторов, операционных усилителей и некоторых других элементов.

В данной работе была спроектирована схема мостового усилителя (рис.1).

Известен класс усилителей, называемых мостовыми [2], в которых незаземленная нагрузка R подключается к выходам усилителя с противофазными выходными сигналами. К достоинствам таких схем можно отнести учетверенную максимальную выходную мощность при том же напряжении питания, по сравнению с усилителями мощности с одиночным выходом и заземленной нагрузкой. Кроме того, такие схемы создают симметричные токовые пульсации по цепям питания с удвоенной частотой сигнала, что упрощает построение источников питания (соответствующей мощности), исключая возможные условия появления перекосов выходных двуполярных напряжений. Это актуально для усилителей типа УПТ и не только. Кроме того, мостовые усилители не вызывают появление сильноточных сигнальных токов по "общему" проводу, что намного улучшает совместимость узлов в многоканальной (например, стерео) аппаратуре. Преимущество состоит в том, что значение выходного напряжения усилителя мощности может быть улучшено через мост, тем самым увеличивая мощность.

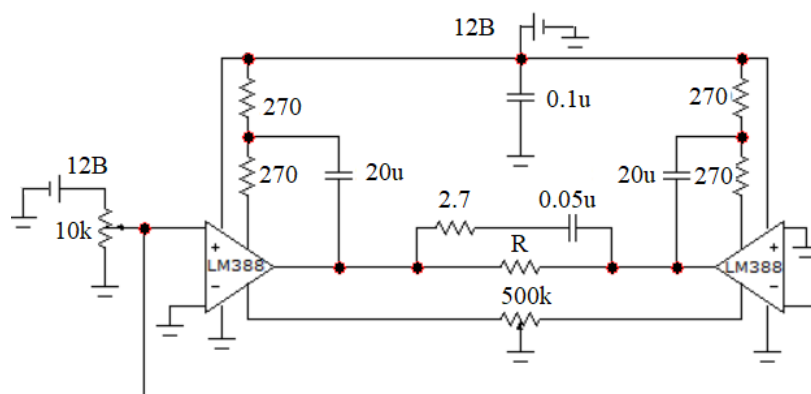


Рисунок 1 – Смоделированная схема мостового усилителя

В спроектированной схеме мостового усилителя входной сигнал подается на две схемы на операционных усилителях LM 388, одна неинвертирующая, другая инвертирующая; резисторы выбираются таким образом, чтобы оба усилителя имели одинаковую величину коэффициента усиления. Нагрузка R подключена между выходами двух усилителей.

Схема обеспечивает высокую мощность при низком напряжении питания. Типичными значениями являются уровни мощности 1 Вт на нагрузке 4 Ом при напряжении питания 6 В и 3,5 Вт на нагрузке 8 Ом при напряжении питания 12В. Переходные конденсаторы здесь

не нужны, так как уровни постоянного тока на выходах будут отличаться друг от друга не более чем на несколько десятых вольта. Если необходима точная установка, дополнительным потенциометром 500 кОм можно сделать постоянный ток, текущий через нагрузку, равным нулю.

В результате моделирования были подобраны оптимальные параметры элементов мостового усилителя для получения максимальной мощности в нагрузке (оптимальные параметры элементов показаны на рисунке 1). Затем возможно виртуально разместить элементы схемы на плате, провести её трассировку и приступить к созданию реального устройства.

Таким образом, программа Micro-Cap позволяет достаточно легко проектировать электронные схемы, подбирать и изменять типы и номиналы элементов для задания различных режимов работы схемы; просмотреть входные, выходные и промежуточные сигналы с целью корректировки схемы и получения необходимых выходных параметров.

Литература

1. Матвеев И.П. Методика применения программы схемотехнического моделирования Micro-Cap в учебном процессе // Информатизация образования, №1, с.44-54, 2012 г.
2. Граф Р., Шиитс В. Энциклопедия электронных схем // М.: ДМК-пресс – 2010 – с.77.

УДК 681.51; 621.314; 621.316

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Клибанова Ю.Ю., к.ф.-м.н., доцент, **Павлов С.А.**, PhD в области ветеринарии, к.в.н.,
Барахтенко Р.Е., студент, **Гусаров А.Е.**, студент

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск

В работе рассматривается разработка и создание прототипа интеллектуальной системы диагностики параметров микроклимата животноводческих помещений, предполагающая наличие цифровых измерительных модулей для сбора и хранения данных, адаптированных к всевозможным вариациям температуры, влажности воздуха и концентрации различных видов газов.

Одним из важных показателей в животноводческом помещении является обеспечение благоприятной окружающей среды, определяющей устойчивость внутреннего равновесия организма животного [4, 5]. Поэтому необходим постоянный контроль и поддержание основных параметров микроклимата (температуры, влажности, скорости движения воздуха), а также других факторов комфортности среды (газового состава воздуха, освещения) в помещении для содержания животных. На сегодняшний день в России и за рубежом разработаны устройства для измерения и контроля параметров микроклимата в режиме реального времени для различного вида помещений. Однако данные системы в основном контролируют два параметра температуру и относительную влажность воздуха, и не учитывают состояние газового состава воздуха. И, как правило, большинство таких устройств адаптированы для работы в помещении с неагрессивной окружающей средой (цех по производству колбас, фармацевтическое помещение и т.д.) [1]. Инновационные цифровые технологии позволяют разрабатывать такие системы, с помощью которых можно получать любую необходимую информацию о параметрах окружающей среды. Для реализации проекта разработки прототипа системы диагностики параметров микроклимата животноводческих помещений нами использована программируемая аппаратная платформа Arduino UNO, допускающая использование в ней различных микроконтроллеров, датчиков температуры и влажности, газового состава воздуха и освещённости, а также подключение к интернету по Wi-Fi [2, 3, 6]. На рисунке 1 показан внешний вид и компоненты прототипа цифровой системы диагностики микроклимата животноводческих помещений. Выбраны

микроконтроллеры ESP8266 и ATmega328, обладающие высокой скоростью работы и доступностью в использовании. Для измерения температуры и влажности использован датчик HTU21D, который выдает более точные показания, в отличие распространенного DHT22, и калибруется на заводе. Для измерения качества воздуха применялся датчик MQ-135, который способен обнаруживать различные газы, включая аммиак, дым, бензол, угарный газ и др. У него широкий диапазон измерения концентрации газов в ppm ($1 \text{ ppm} = 0,0001\%$). BH1750 - 16-битный датчик освещенности с диапазоном измерения от 1 до 65535 лк. Все эти датчики доступны по цене, просты в использовании и установке, потребляют небольшое количество энергии и адаптированы к различным колебаниям окружающей.

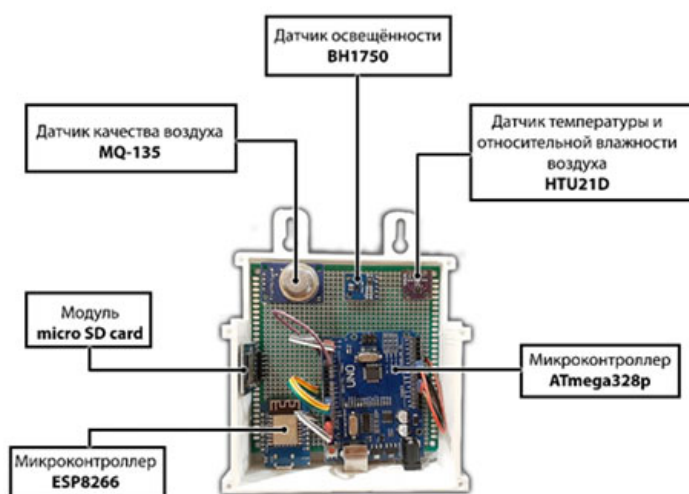


Рисунок 1 – Внешний вид и компоненты прототипа цифровой системы диагностики микроклимата животноводческих помещений

Устройство подключается к сети с напряжением 220 В и с помощью блока питания преобразуется переменный ток из розетки в постоянный ток с напряжением 5 В, а так же с помощью портативных аккумуляторов, емкостью от 20000 мАч. Для защиты электронных компонентов устройства от влияния тяжёлых и неблагоприятных условий воздушной среды (повышенная влажность и концентрация аммиака, запыленность и др.) животноводческого помещения использован плотный корпус. Степень защиты IP (International/Ingress Protection Rating) устройства должна быть не ниже IP67. В первую очередь нужно защитить плату управления, модуль SD карты. Разработан чертёж корпуса устройства и с помощью программы Blender 3D по чертежу создана 3D модель в формате STL. STL файл экспортирован через программу PrusaSlicer в набор команд и координат(gcode) и воссоздан на 3D принтере методом наплавления (FMD). Написан листинг программ контроллеров ATmega328p и ESP8266. Arduino UNO базе микроконтроллера ATmega328p каждую секунду проверяет показания с датчиков и отправляет их на ESP8266. ESP8266 обрабатывает данные и отправляет их на веб страницу. Предложенный прототип дает представление о работе и функционировании интеллектуальной системы при определённых условиях. В настоящее время ведутся работы по испытанию прототипа системы в реальных производственных условиях (помещения по содержанию КРС, в частности на учебной ферме ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ). Проводятся замеры параметров микроклимата сертифицированными приборами для анализа точности показаний цифровых датчиков. Данный проект реализован в рамках конкурса «Студенческий Стартап» Фонда содействия инновациям, а так же в рамках конкурса НИОКР молодых ученых на соискание гранта ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет имени А.А. Ежовского» [7].

Литература

1. Ильин, Р. М. Обоснование параметров системы мониторинга микроклимата в животноводческих помещениях / Р. М. Ильин, С. В. Второй // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 92. – 2017. – с. 212-217.
2. Клибанова, Ю. Ю. Опытный образец интеллектуальной системы измерения микроклиматических параметров животноводческого помещения / Ю. Ю. Клибанова, Р. Е. Барахтенко, А. Е. Гусаров // Климат, экология и сельское хозяйство Евразии : Материалы XII международной научно-практической конференции, п. Молодежный, 27–28 апреля 2023 года. Том II. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 90-95.
3. Клибанова, Ю. Ю. Разработка автоматизированной системы диагностики микроклимата в животноводческих комплексах / Ю. Ю. Клибанова, И. Е. Гамаюнов // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, п. Молодежный, 05–06 ноября 2020 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2020. – С. 170-177. – EDN YHFLDF.
4. Павлов, С.А. Обоснование соблюдения основных параметров микроклимата при содержании крупного рогатого скота / С. А. Павлов, Ю. Ю. Клибанова, Р. Е. Барахтенко, А. Е. Гусаров // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти Александра Александровича Ежевского, п. Молодежный, 16–17 ноября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 289-294.
5. Павлов, С. А. Параметры микроклимата животноводческих помещений и их влияние на организм животного / С. А. Павлов // Климат, экология и сельское хозяйство Евразии : Материалы XII международной научно-практической конференции, п. Молодежный, 27–28 апреля 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. – 2023. – с. 281-286.
6. Павлов, С. А. Проектирование модуля для сбора информации о параметрах микроклимата в животноводческом помещении на базе Arduino UNO / С. А. Павлов, Ю. Ю. Клибанова, Р. Е. Барахтенко, А. Е. Гусаров // Journal of Agriculture and Environment. – 2024. – № 3(43). – <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.43.4>
7. Павлов, С. А. Система диагностики параметров микроклимата животноводческих помещений «intelbox» / С. А. Павлов, Ю. Ю. Клибанова, Р. Е. Барахтенко, А. Е. Гусаров // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», п. Молодежный, 25–26 апреля 2024 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 225-231.

УДК 63:004.738.5

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В АПК**

Ковалев В.А., к.т.н, доцент, **Крутов А.В.,** к.т.н, доцент, **Скочек И.И.**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Одной из основополагающих технологий 4-й промышленной революции (Индустрии 4.0) является Интернет Вещей (Internet of Things – IoT). Под ним понимают концепцию сети передачи данных между физическими объектами («вещами»), оснащёнными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой [1].

Интернет Вещей уже сейчас является неотъемлемой частью при построении таких комплексных систем как «умный дом», «умный город», «умная энергосистема», «умное здравоохранение», «умное сельское хозяйство».

Сельскохозяйственное производство и другие объекты агропромышленного комплекса, по мнению многих экспертов, весьма перспективны для внедрения IoT, поэтому высока вероятность расширения его приложений в этой сфере в течение ближайших лет [2].

В такой области, как «точное земледелие», данные, получаемые в реальном времени от интеллектуальных датчиков о почве, ее питательном составе и кислотности, уровнях увлажнения, погоде, качестве воздуха и т.д., накопленные и аналитически обработанные по технологии Big Data (Большие данные), позволяют работникам села принимать более обоснованные решения относительно сроков посадки и сбора урожая, внесения удобрений, применения гербицидов и т.д.

Еще одним перспективным сценарием применения IoT может стать так называемое предиктивное техническое обслуживание оборудования. Предиктивное обслуживание (Predictive Maintenance, PdM) – вид обслуживания оборудования, основанный на диагностике и контроле его состояния [3]. Благодаря оснащению оборудования различными датчиками, сбор данных о его техническом состоянии может выполняться не периодически, а непрерывно, без приостановки эксплуатации оборудования. Своевременное обнаружение даже небольших отклонений рабочих параметров позволяет оперативно принимать меры для обеспечения нормальной работы оборудования. Технологии Big Data позволяют прогнозировать время наступления отказа с высокой точностью.

Для быстрого объединения датчиков в сеть Интернета Вещей можно использовать облачные платформы, которые позволяют обойтись без собственных серверов и передавать данные прямо в облако по защищенным каналам. Кроме того, такие платформы помогают анализировать данные, собранные с датчиков, и оптимизировать бизнес-процессы. В Республике Беларусь подобные платформы созданы операторами мобильной связи МТС и А1.

К сожалению применению технологии Интернета Вещей, особенно Промышленного Интернета Вещей (IIoT), как в АПК, так и в целом, препятствует ряд факторов.

Одним из них следует признать недостаточно развитое состояние стандартизации в этой области. В отсутствие общепризнанных стандартов производителям оборудования и программного обеспечения для IoT приходится зачастую идти своим путем, что существенно затрудняет возможность использования продуктов разных производителей. Следует отметить, что в настоящее время здесь наметился существенный сдвиг в лучшую сторону, появился ряд международных стандартов, еще большее их количество находятся на заключительных стадиях разработки.

Вторая причина – обеспечение безопасности таких решений. Этот фактор является одним из основных сдерживающих для широкого применения IIoT, ведь любой сбой в системе управления промышленной технологической установкой может привести к неприемлемому ущербу.

Еще одним проблемным вопросом является обеспечение достоверности информации. Первичным источником информации в большинстве случаев являются измерения, производимые в автоматическом режиме с использованием интеллектуальных датчиков, а значит необходимо создать надлежащее метрологическое обеспечение большого парка средств измерений.

Традиционные подходы, базирующиеся на первичной и периодической поверках, либо калибровках, в поверочных и калибровочных лабораториях, здесь очевидно малопригодны. Если не решить проблему обеспечения единства измерений в приложениях Интернета Вещей, то значимость конечной информации, на основании которой принимаются решения по воздействию на процессы с участием человека, либо автоматически, может быть ничтожной. Очевидно, что в такой ситуации нужен парк интеллектуальных датчиков, содержащих в своем составе меру измеряемой величины, или однородной с ней, которая бы

позволяла периодически проводить их калибровку. Правда, при таком подходе остается проблема периодической калибровки самих мер. Эту проблему можно решить только подключив первичные эталоны к сети Интернет, а это уже государственная задача. Стоит признать, что реализация такого подхода позволяет обеспечить достоверность результатов статических измерений, когда измеряемые величины изменяются медленно, но, к сожалению, это нельзя отнести к динамическим измерениям, ведь, как известно динамические погрешности не представляется возможным нормировать. В системах автоматического управления с обратной связью, динамические погрешности в какой то мере можно скомпенсировать, введя дифференциальную составляющую в алгоритм управляющего устройства. Гораздо сложнее это сделать в разомкнутых управляющих устройствах и, насколько нам известно, эта задача пока не имеет решения. Как нам представляется, она может быть решена путем использования адекватной динамической модели измерительного канала.

Сдерживающим фактором можно признать и не всегда достаточный уровень квалификации специалистов в сфере инновационного сельского хозяйства. Очевидно, в ближайшем будущем нам предстоит разработать новые учебные программы для ряда новых учебных дисциплин, а может быть и новой специальности, либо профилизации в рамках специальности по автоматизации.

Выводы

1. Наиболее перспективными сценариями применения Интернета Вещей в АПК на современном этапе можно признать «точное земледелие» и предиктивное техническое обслуживание электроустановок на перерабатывающих предприятиях.

2. Сдерживающими факторами широкого применения данной технологии являются: зачаточное состояние стандартизации в этой области, проблемы безопасности, сложности метрологического обеспечения, не всегда достаточный уровень квалификации специалистов в сфере инновационного сельского хозяйства.

Литература

1. Грингард С., Интернет вещей. Будущее уже здесь / С. Грингард // М.: Альпина Паблишер. – 2016. – 188 с.
2. Интернет вещей в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://svetich.info/publikacii/tochnoe-zemledelie/internet-veschei-v-selskom-hozjaistve.html/> - Дата доступа: 08.09.2024.
3. Предиктивное обслуживание оборудования: как избежать убытков из-за простоев и аварий [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://mcs.mail.ru/blog/prediktivnoe-obslyuzhivanie-oborudovaniya> - Дата доступа: 05.09.2024.

УДК 620.92:004

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ИНТЕРНЕТ-ВЕЩЕЙ» (IOT) В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ

Литвинюк Д.М.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

«Диагностический интернет» или «Интернет вещей» (IoT) в контексте диагностики, представляет собой сеть аппаратов, подключенных определенным образом к другим физическим устройствам и службам посредством Internet или другой сети для сбора, анализа и обмена данными о функционировании, производительности и о состоянии различных систем, что способствует поиску инновационных решений, необходимых для улучшения диагностирования состояния и устранения проблем.

Среди преимуществ использования IoT можно выделить:

–способность выполнять запросы удаленного мониторинга, улучшая удобство, безопасность и качество обрабатываемой информации. Например, использование диагностических Интернет вещей для мониторинга работы альтернативных источников энергии:

- установка датчиков на ветрогенераторы, солнечные панели и другое оборудование позволяет в реальном времени отслеживать их работу и состояние. Это способствует своевременному обнаружению неисправностей и предотвращению длительных простоев.

- IoT-устройства собирают данные о потреблении, производстве и распределении энергии. Это помогает оптимизировать использование возобновляемых источников, таких как солнечная и ветровая энергия.

- технологии IoT используются для построения "умных" сетей, которые обеспечивают более эффективное управление энергией. Датчики и сенсоры, подключенные к облачным или онлайн-сервисам, помогают оптимизировать распределение энергии.

–предоставление услуг прогнозного обслуживания, что может уменьшить время простоя, увеличить эффективность производства и значительно снизить затраты для клиентов. Один из способов применения IoT: мониторинг температуры, вибрации и шума промышленного оборудования, предоставлении информации и уведомления о их состоянии и производительности в режиме реального времени, что помогает предотвратить сбои, оптимизировать графики обслуживания, тем самым продлевая срок службы оборудования [1].

При использовании IoT наблюдаются следующие недостатки:

–IoT-устройства могут стать уязвимыми для кибератак. Недостаточная защита данных и недостаточное обновление программного обеспечения могут привести к утечке информации или даже к контролю над устройствами злоумышленниками.

–сбор большого объема данных о пользователях может вызвать вопросы о приватности. Какие данные собираются, как они используются и кому они доступны — все это важные вопросы.

–внедрение IoT-систем может быть сложным процессом. Различные устройства, протоколы и стандарты могут затруднить их взаимодействие и интеграцию в существующую инфраструктуру.

–IoT-устройства требуют постоянного подключения к сети. Если сеть недоступна или нестабильна, это может повлиять на функциональность системы.

–обслуживание большого количества устройств может быть трудоемким. Регулярная проверка, обновление и замена компонентов требуют ресурсов и времени.

Поддерживаются различные модели обмена сообщениями, включая передачу сообщений от устройства к облаку, отправку файлов с устройств и методы ответа на запрос для управления устройствами из облака. Центр Интернета вещей также предлагает функцию мониторинга, которая помогает вам следить за процессом создания, подключения и отказов устройств.

Перед внедрением любого диагностического решения Интернета вещей необходимо четко определить размер и цели системы, включая ключевые показатели эффективности, ожидаемые преимущества и результаты, потенциальные риски и проблемы, а также этические и юридические последствия. Эти аспекты помогут привести диагностическую систему Интернета вещей в соответствие с общей миссией и видением организации, а также определить заинтересованные стороны и их роли, и обязанности.

Диагностический Интернет вещей не просто технологическое новшество, но и стратегическая методика для улучшения производительности, надежности и безопасности любой системы. Будь то интеллектуальный дом, подключенный автомобиль, носимое устройство или медицинское оборудование, диагностический Интернет вещей может обеспечить ценные сведения о функционировании и состоянии системы, а также предложить предупредительные и профилактические меры для предотвращения сбоев, отказов или кибератак.

Благодаря росту IoT сейчас актуален Протокол Message Queuing Telemetry Transport (MQTT).

MQTT — это протокол обмена сообщениями по шаблону «издатель-подписчик» (pub/sub). Первоначальную версию в 1999 году опубликовали Энди Стэнфорд-Кларк из IBM и Арлен Ниппер из Cirrus Link. «Издатель-подписчик» рассматривал MQTT как способ поддержания связи между машинами в сетях с ограниченной пропускной способностью или непредсказуемой связью. Одним из первых вариантов его использования было обеспечение контакта фрагментов нефтепровода друг с другом и с центральными звеньями через спутники.

Учитывая жесткие условия использования, протокол разработан компактным и легким. Он подходит для устройств с низкой мощностью и ограниченной продолжительностью автономной работы подключенных устройств.

MQTT — не единственный в своём роде протокол обмена сообщениями pub/sub в реальном времени, но он уже получил широкое распространение в различных средах, которые зависят от межмашинной связи. Используются также: Web Application Messaging Protocol, Streaming Text-Oriented Messaging Protocol и Alternative Message Queueing Protocol.

MQTT стал протоколом для потоковой передачи данных между устройствами с ограниченной мощностью CPU и/или временем автономной работы, а также для сетей с дорогой или низкой пропускной способностью, непредсказуемой стабильностью или высокой задержкой. MQTT построен на протоколе TCP/IP, но есть ответвление MQTT-SN для работы по Bluetooth, UDP, ZigBee и в других сетях IoT, отличных от TCP/IP [2].

В заключение, преимущества использования Интернета вещей (IoT) в качестве диагностического оборудования являются многочисленными и значительными. IoT предлагает новые возможности для улучшения эффективности, точности и надежности диагностических процедур. Он позволяет проводить удаленный мониторинг, прогнозное обслуживание и интеллектуальную диагностику, что ведет к улучшению качества, оптимизации рабочих процессов и снижению затрат. Однако, несмотря на все эти преимущества, важно также учитывать потенциальные вызовы, связанные с безопасностью данных, совместимостью и интеграцией IoT-устройств. В целом, с учетом правильного управления и обслуживания, IoT может стать мощным инструментом в руках специалистов по диагностике, открывая новые горизонты в области здравоохранения, производства и многих других отраслях [3].

Литература

1. Кокунин П.А. Введение в Интернет вещей [Электронный ресурс]: учебное пособие / П.А. Кокунин, И.И. Латыпов, Л.С. Латыпова. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 6,42 Мб). – Казань: Издательство Казанского университета, 2022. – 147 с.
2. Папуловская Н.В. Основы интернета вещей: учебно-методическое пособие / Н.В. Папуловская; М-во науки и высшего образования РФ. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2022. – 104 с.
3. Глушак Е.В. Введение в Интернет вещей: учебное пособие / Е.В. Глушак, А.В. Куприянов. – Самара: Издательство Самарского университета, 2023. – 104 с.

К ВОПРОСУ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ В УСТРОЙСТВАХ АЭРОИОННОЙ АКТИВАЦИИ

Кудинович А.Н., аспирант, Янко М.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Аэроионная активация технологических процессов основана на воздействии молекулами воздуха, заряженными в электрическом поле на жидкие и газообразные среды с целью изменения их состояния, поведения, свойств.

Анализ литературных источников подтверждает новизну и актуальность этого направления применения электрической энергии [1-3]. В сельском хозяйстве и промышленности ионизацию применяют в следующих направлениях:

- в ветеринарии – увеличение сохранности животных, снижение инфекционных заболеваний и др.;
- в животноводстве – увеличение продуктивности животных и птицы;
- в агрономии – стимуляция роста растений, сепарация зерносмесей, нанесение пестицидов, ядохимикатов и др.;
- в технических производственных процессах – фильтрация газов, окраска изделий, осаждение пыли, сепарация частиц и др.

Основной проблемой аэроионной активации технологических процессов является отсутствие генераторов ионов требуемых параметров. Параметры известных генераторов лежат в диапазоне:

- напряжение зажигания короны составляет 8...9 кВ,
- стабильное ионообразование начинается при 10...16 кВ,
- в разрядных устройствах большой мощности напряжение достигает 25...30 кВ,
- поток аэроионов не более 10^{10} ион/м³,
- энергия маломощных источников не более 3...6 Дж.

Цель работы – создание генератора аэроионов следующих параметров:

- количество электричества до 10 тыс. Кл,
- напряжение горения короны до 6...8 кВ,
- концентрация ионов $> 10^{12}$ ион/м³.

Эти параметры можно достичь изменением температуры T [4] и потенциала выхода φ [5] коронирующего электрода.

Предварительный анализ влияния температуры и потенциала выхода на плотность тока показал (рис. 1, 2), что увеличение температуры и снижение потенциала может изменять ток эмиссии коронирующего электрода на 20-30%, что соответствует достижению поставленной цели.

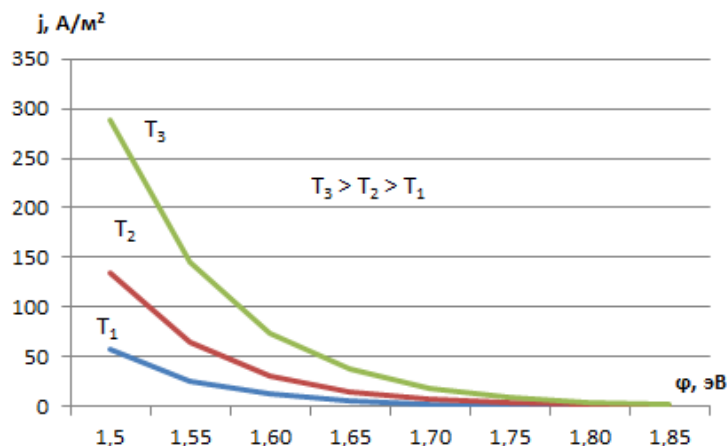


Рисунок 1 – Влияние температуры коронирующего электрода на плотность тока коронного разряда

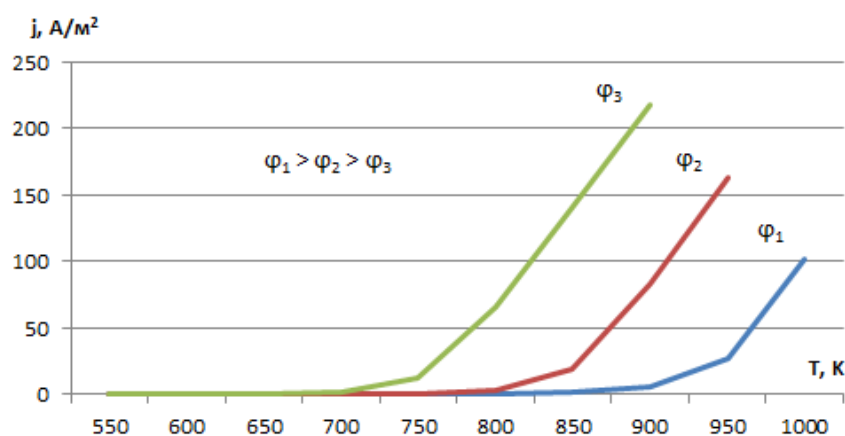


Рисунок 2 – Влияние потенциала выхода электрона из металла на плотность тока коронарного разряда

Литература

1. Xiao, Sha & Wei, Tianjing & Petersen, Jindong & Zhou, Jing & Lu, Xiaobo. Biological Effects of Negative Air Ions on Human Health and Integrated Multi-omics to Identify Biomarkers: A literature review // Environmental Science and Pollution Research. January 30th, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2444754/v1>.
2. Shepherd SJ, Beggs CB, Smith CF, Kerr KG, Noakes CJ, Sleight PA. Effect of negative air ions on the potential for bacterial contamination of plastic medical equipment. BMC Infect Dis. 2010 Apr 12;10:92. doi: 10.1186/1471-2334-10-92. PMID: 20384999; PMCID: PMC2873555.
3. Semchyshyn, H.M. Hormetic concentrations of hydrogen peroxide but not ethanol induce crossadaptation to different stresses in budding yeast / H.M. Semchyshyn // International journal of microbiology. – 2014. – Vol. 2014. – Article ID 485792. – 5 p.
4. Термозлектронная эмиссия // Большая российская энциклопедия. [Электронный ресурс]. – 2004-2017. – Режим доступа : <https://old.bigenc.ru/physics/text/4189423> – Дата доступа : 10.07.2024.
5. Гусев, В. Г., Гусев, Ю. М. Электроника. / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев – М.: Высшая школа, 1991. – 53 с.

УДК 004.3

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СЫРА, ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ САР ТЕМПЕРАТУРОЙ В СИСТЕМЕ НАГРЕВА СЫРНОГО ЗЕРНА

Мякинник Е.Е., Костикова Т.А.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Обеспечение населения качественными продуктами питания является не только социальной, но и важнейшей государственной проблемой страны. Значительная роль в ее реализации отводится молочной промышленности, в том числе ее сыродельной отрасли. Как показывает мировая практика, спрос населения на сыры неуклонно растет. Особой популярностью пользуются твердые сычужные сыры. Объясняется это высоким содержанием в продукте белка, молочного жира, а также минеральных солей и витаминов в хорошо сбалансированных соотношениях и легко усваиваемой организмом человека форме, хорошими органолептическими показателями.

Производство сырного зерна – наиболее ответственный этап производства сыра. От этого этапа зависят окончательные характеристики сыра, включая влажность, уровень pH и физические свойства. Сыродельные танки/ванны имеют различные размеры; их вместимость составляет от 2000 до 20000 л. Контроль операций (заполнение, внесение закваски,

сычужное свертывание, разрезка сгустка, второе нагревание и выгрузка) в закрытых ваннах производится автоматически. Использование вместо парового нагревания циркуляции горячей воды в рубашке позволяет избежать возникновения горячих пятен на стенках и дне ванны, являющихся причиной пригорания и образования твердых, жестких сгустков. Однако наиболее распространенным способом нагревания на сегодняшний день является впрыскивание пара в рубашку, предварительно заполненную водой [1]. Проблема прилипания сгустка в некоторых ваннах была преодолена путем изменения формы и направления вращения ножей. В большинстве случаев угол наклона лезвий в раме ножа или мешалки устанавливают таким образом, что в одном направлении устройство работает как режущий нож, а в другом – как мешалка.

Процесс нагрева и созревания сырной массы в сыродельной ванне можно, таким образом, охарактеризовать нестационарностью динамических параметров, обусловленной изменением теплофизических характеристик сырья – сырной массы – при нагреве и созревании. Поэтому актуальной можно считать задачу учета возможных изменений значений параметров динамической модели объекта в системе управления нагревом. Одним из путей решения этой задачи является использование адаптивных методов управления.

В сырной ванне по сложному алгоритму требуется поддержание температуры нагрева воды в рубашке. Поскольку переменна скорость нарастания температуры и ее заданное значение меняется во времени, то требуется использовать САР, реализующую непрерывный закон регулирования.

Ванна, как объект автоматического регулирования температуры воды, представляет собой апериодическое звено первого порядка рисунок 1 [2, с. 132].

При постоянной времени объекта $T_n=500$ с, времени запаздывания $\tau=20$ с (с учетом запаздывания в регулирующем органе) и времени регулирования $t_{\text{рег}}=800$ с определим закон регулирования с помощью диаграммы А.Я. Лернера. В рассматриваемой системе используется ПИД-закон.

Литература

1. Благовещенская, М.М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами / М.М. Благовещенская, Л. А. Злобин. – М.: Высш. шк., 2015. – 768 с.
2. Шингарева, Т.И. Производство сыра: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Технология хранения и переработки животного сырья» / Т.И. Шингарева, Р.И. Раманаскас. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 384 с.

УДК 537.568

К ЗАРЯДКЕ КАПЕЛЬ В ПОЛЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА ИОНОАКТИВАТОРА

Заяц¹ Е.М., д.т.н., профессор, **Чорный² А.Д.**, к.ф.-м.н., доцент,

Янко¹ М.В., **Кудинович¹ А.Н.**, аспирант

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,

²Институт тепло- и массообмена А.В. Лыкова НАН Беларуси, г. Минск

Аэроионная активация основана на воздействии молекулами воздуха, заряженными в электрическом поле на жидкие и газообразные среды с целью изменения их состояния, поведения, свойств. Возникающий в газовой среде коронный разряд при подаче на электроды высокого напряжения позволяет создать зону ионизации около коронирующего электрода, в которой происходит размножение заряженных частиц, а во внешней зоне происходит их дрейф вдоль силовых линий электрического поля. При столкновении с частицами, например аэрозоля, капель жидкости, ионы оседают на них, сообщая им электрический заряд. Таким образом, в разрядном промежутке фактически образуется

многофазная среда: ионы, заряженные частицы аэрозоля и нейтральный газ. В настоящее время расчеты и проектирование установок, в которых реализуются такие электрогазодинамические течения, в значительной мере базируются на данных экспериментов [1, 2]. В теоретическом плане преимущественно рассматриваются одномерные модели течений, что не позволяет получить результаты, допускающих учет неоднородного сложного характера газодинамических процессов, неоднородности электрического поля, а также геометрических особенностей конструкции установок.

В настоящей работе в дрейфово-диффузионном приближении определены исходные положения, описывающие перенос заряженных частиц в воздухе при действии коронного разряда, а также изменение поверхностного заряда капель в капельно-воздушной среде. В качестве устройства рассматривается концентратор аэроионного активатора в виде тройникового соединения, где для коронного разряда реализуется система «игла–цилиндрическая поверхность».

Для коронного разряда в воздухе математическая модель включает три уравнения переноса (для учета движения, генерации и убыли электронов N_e , положительных N_p и отрицательных N_n ионов) в сочетании с уравнением Пуассона (для учета влияния пространственного заряда на электрическое поле):

$$\frac{\partial N_k}{\partial t} + \frac{\partial(N_k V_x^k)}{\partial x} + \frac{\partial(N_k V_y^k)}{\partial y} + \frac{\partial(N_k V_z^k)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_k \frac{\partial N_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_k \frac{\partial N_k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_k \frac{\partial N_k}{\partial z} \right) + S_k, \quad k = \{e, p, n\} \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} (\epsilon_r \epsilon_0 E_x) + \frac{\partial}{\partial y} (\epsilon_r \epsilon_0 E_y) + \frac{\partial}{\partial z} (\epsilon_r \epsilon_0 E_z) = \rho_c, \quad (2)$$

где $k = \{e, p, n\}$ – индексы, указывающие на электрон, положительный и отрицательный ионы; $\vec{E} = \{E_x, E_y, E_z\}$, (В/м) или (Н/Кл) – напряженность электрического поля, (В); N_k – счетная плотность электронов, положительных и отрицательных ионов, (1/м³); $\vec{V}^k = \{V_x + z_k \mu_k E_x, V_y + z_k \mu_k E_y, V_z + z_k \mu_k E_z\}$ – вектор конвективно-миграционной скорости электронов и ионов, (м/с); $z_{e,p,n} = \{-1, 1, -1\}$ – зарядовое число; $\vec{V} = \{V_x, V_y, V_z\}$ – вектор конвективной скорости, (м/с); $\mu_{e,p,n}$ – подвижность электронов и ионов (м²/В с); $D_{e,p,n}$ – коэффициент диффузии электронов и ионов, (м²/с); $S_{e,p,n}$ – источниковые члены электронов и ионов, (1/м³ с); $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ – диэлектрическая проницаемость, (Кл/В м); ϵ_r – относительная диэлектрическая проницаемость среды (для воздуха $\epsilon_r = 1.006$, для воды – 80.1 при 20 °С); $\rho_c = e(N_p - N_e - N_n) = e \sum_{k=e,p,n} z_k N_k$ – объемный заряд, (Кл/м³); e – заряд электрона, (Кл); t – время, (с); x, y, z – координаты, (м).

Взаимодействие заряженных частиц при коронном разряде рассматривается на основе аналогии протекания химических реакций посредством четырех процессов: ионизации, присоединения электронов к нейтральным молекулам, рекомбинации электронов с положительными ионами и рекомбинации положительных и отрицательных ионов. Учет производится через определение членов $S_{e,p,n}$ в уравнениях (1). Хотя полная кинетическая модель аэроионизации может содержать несколько сотен реакций и частиц, включая нейтральные молекулы, электронно-возбужденные частицы и ионы [1], включенные в рассматриваемую модель 3 заряженные частицы (электрон, положительный и отрицательный ионы) и 4 основные реакции хорошо описывают поведение коронного разряда [1]. Тогда учитывая коэффициент ионизации α , (1/м), коэффициент присоединения

электронов к нейтральным молекулам η , (1/м), коэффициенты рекомбинации k_{ep} и k_{np} , (м³/сек), источниковые члены в уравнениях (1) записываются как

$$\begin{aligned} S_e &= (\alpha - \eta)\mu_e N_e |\vec{E}| - k_{ep} N_e N_p, \\ S_p &= \alpha\mu_e N_e |\vec{E}| - k_{ep} N_e N_p - k_{np} N_n N_p, \\ S_n &= \eta\mu_e N_e |\vec{E}| - k_{np} N_n N_p. \end{aligned} \quad (3)$$

Коэффициенты подвижности и диффузии электронов и ионов, а также коэффициенты реакций приведены в таблице 1. Поскольку в наших расчетах предполагается, что процессы проходят при комнатной температуре и нормальном давлении, то таблица 1 содержит соответствующие этим условиям значения параметров.

Таблица 1 – Коэффициенты подвижности и диффузии электронов и ионов, коэффициенты реакций

Параметр	Значение	Единица измерения
Подвижность электронов μ_e	$1,9163 \times \vec{E} ^{-0.25}$	м ² /В·с
Подвижность положительных ионов μ_p	$2,43 \times 10^{-4}$	м ² /В·с
Подвижность отрицательных ионов μ_e	$2,7 \times 10^{-4}$	м ² /В·с
коэффициент диффузии электронов D_e	0,18	м ² /с
коэффициент диффузии положительных ионов D_p	$0,028 \times 10^{-4}$	м ² /с
коэффициент диффузии отрицательных ионов D_n	$0,043 \times 10^{-4}$	м ² /с
коэффициент ионизации α	$3,5 \times 10^5 \exp(-1,65 \times 10^7 / \vec{E})$	1/м
коэффициент присоединения электронов к нейтральным молекулам η	$1,5 \times 10^3 \exp(-2,5 \times 10^6 / \vec{E})$	1/м
коэффициент рекомбинации положительных ионов и электронов k_{ep}	2×10^{-13}	м ³ /с
коэффициенты рекомбинации положительных и отрицательных ионов k_{np}	2×10^{-13}	м ³ /с
Коэффициент вторичной эмиссии электронов γ	0,01	

При реализации отрицательной короны на коронирующем электроде в расчетах концентратора следует учитывать источник вторичных электронов. Столкновение положительных ионов с поверхностью иглы вызывает вторичную эмиссию электронов в концентратор, т. е. $q_e = \gamma\mu_p N_p |\vec{E}|$. Помимо вторичных электронов, образующихся в результате столкновения положительных ионов с поверхностью коронирующего электрода, в воздушном потоке могут существовать электроны окружающей среды. Количество этих электронов при отрицательной короне пренебрежимо мало по сравнению с теми, которые возникают при вторичной эмиссии.

Система дополняется уравнениями газовой динамики, где учитывается кулоновская сила. Уравнения неразрывности и переноса импульса в воздушном потоке:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho V_k}{\partial x_k} = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial (\rho V_k)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho V_k V_j) = - \frac{\partial p}{\partial x_k} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \left(\frac{\partial V_j}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_j} \right) \right) + F_{K,i} + F_{D,i}. \quad (5)$$

где ρ – плотность среды, (кг/м³); p – гидростатическое давление, (Па); μ – динамическая вязкость, (Па·с).

Электрогидродинамическая сила Кулона, возникающая за счет наличия ионов и электронов в воздушном потоке $\vec{F}_k = \rho_e \vec{E}$. Сила аэродинамического сопротивления капли, движущейся в воздушном потоке $\vec{F}_D = \frac{1}{8} C_D \pi d_d^2 \rho |\vec{V} - \vec{V}_d| (\vec{V} - \vec{V}_d)$. Движение капель (изменение скорости $\vec{V}_d$ и положения $\vec{x}_d$) и заряда капли описывается в Лагранжевом представлении как

$$\begin{aligned} m_d \frac{d\vec{V}_d}{dt} &= \frac{1}{8} C_D \pi d_d^2 \rho |\vec{V} - \vec{V}_d| (\vec{V} - \vec{V}_d) + \frac{1}{6} \pi d_d^3 \vec{g} (\rho_d - \rho) + q_d \vec{E}, \\ \frac{d\vec{x}_d}{dt} &= \vec{V}_d, \\ \frac{dq_d}{dt} &= e (\vec{J}_e + \vec{J}_n + \vec{J}_p) \Big|_d, \quad \vec{J}_k = z_k \mu_k N_k \vec{E}. \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь $m_d, V_d, d_d, \rho_d, q_d, C_D$ – масса, скорость, диаметр, плотность, заряд и коэффициент сопротивления капли как сферической частицы. Сила тяжести для капель также учитывается.

Теоретическая постановка общей задачи позволила получить результаты, учитывающие переменные свойства среды, геометрические особенности разрядной камеры, неоднородность электрического поля, а также обратное влияние его свойств на заряд и динамику капель жидкой среды. Разработанная модель необходима для расчета параметров реальных устройств аэроионной активации.

Литература

1. Стишков Ю.К., Самусенко А.В., Ашихмин И.А. Коронный разряд и электрогазодинамические течения в воздухе. Успехи физических наук. 2018. Т. 188, № 12. С. 1331-1345.
2. Жакин А. И. Электрогидродинамика. Успехи физических наук. 2012. Т. 182. С. 495–520.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

**ТЕХНИЧЕСКОЕ И КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Материалы
Международной научно-практической конференции
(Минск, 16–17 октября 2024 года)

В двух частях

Часть 1

Ответственный за выпуск *И. С. Крук*
Компьютерная верстка *Е. В. Сенчукова*

Отпечатано с оригинал-макета заказчика.

Подписано в печать 11.10.2024. Формат 60×84¹/₈. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 35,34. Уч.-изд. л. 13,81. Тираж 100 экз. Заказ 576.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий