

The background features a blue gradient with various scientific and educational icons. At the top, there are icons for a globe, a microscope, a pencil, a location pin, and a network diagram. Below these, there are several blue hexagons, some containing white icons like a plus sign, a person, and a microscope. The equation $E=mc^2$ is visible on one of the hexagons. The main title is in large, white, sans-serif font, and the subtitle is in a smaller, white, sans-serif font. At the bottom, there is a network diagram with blue circles and lines.

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ

НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ:
ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ
ИХ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АПК

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Россия, Воронеж, 29 ноября 2024 г.)

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»

Государственное образовательное учреждение
«Приднестровский государственный университет
им. Т.Г. Шевченко»

**НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ
НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ:
ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ
ИХ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АПК**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Россия, Воронеж, 29 ноября 2024 г.)**

**Воронеж
2024**

Печатается по решению научно-технического совета
Воронежского государственного аграрного университета

УДК 631.3:001:005.745(06)

ББК 40.7:72я431

НЗ4

НЗ4 Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения для АПК: материалы международной научно-практической конференции (Россия, Воронеж, 29 ноября 2024 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – 304 с.

ISBN 978-5-7267-1429-5

29 ноября 2024 года в Воронежском государственном аграрном университете и Приднестровском государственном университете состоялась совместная международная научно-практическая онлайн-конференция, посвященная актуальным проблемам науки и образования на современном этапе развития. Участники представили свои исследования по научным проблемам в области инженерно-технического обеспечения, технологии производства, переработки, хранения продукции и обеспечения безопасности, математического моделирования и компьютерной оптимизации в АПК и других отраслях экономики. В работе конференции приняли участие учёные из разных городов России и стран ближнего зарубежья.

Статьи публикуются в авторской редакции. Ответственность за достоверность представленных сведений несут авторы.

Главный редактор: С.Н. Семенов – и.о. проректора по научной работе, к.в.н.,
заведующий кафедрой ветеринарно-санитарной
экспертизы, эпизоотологии и паразитологии

Ответственный редактор: А.Н. Беляев

Редакционная коллегия: В.И. Оробинский, Б.Р. Ахмадов, А.В. Димогло,
Т.В. Тришина, Е.В. Козлова

ISBN 978-5-7267-1429-5

© Коллектив авторов, 2024

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 2024

© Государственное образовательное учреждение «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко», 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Секция 1. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК И ДРУГИХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ	9
Афоничев Д.Н., Беляев А.Н., Васильев В.В., Аксенов И.И. Усовершенствованный беспилотный летательный аппарат сельскохозяйственного назначения	9
Беляев А.Н., Тришина Т.В., Высоцкая И.А. Пути совершенствования рулевого привода трактора со всеми управляемыми колесами	14
Божко А.В., Остриков В.В. Комбинированная система топливоподачи для работы на газообразном топливе дизельного двигателя	18
Бровченко А.Д., Зуев А.С. Универсальная установка для приготовления и нанесения консервационных материалов	22
Бурдыкин В.Д. Способы воспламенения рабочей смеси в ДВС	27
Васильев В.В., Афоничев Д.Н. Технологические схемы формирования навигационных плотов на базе плоских сплочных единиц	32
Коноплин А.Н., Чупахин А.В., Беляев И.Г., Злыгостева Ю.В. TIG-сварка: недостатки и преимущества	38
Кузнецов А.Н. Определение рационального числа шариков в одном канале шарикового дифференциала	44
Новиков А.Е., Заболотная А.А. Перспективы применения технологий искусственного интеллекта в машиностроении	49

Чупахин А.В., Трухачев П.Ю., Титова И.В., Коноплин А.Н. Особенности технологии восстановления направляющих втулок клапанов гильзованием.....	54
Бурдыкин В.Д. Снижение теплонапряженности электрогидравлической форсунки дизеля ...	60
Бурменко Ф.Ю., Звонкий В.Г., Павлова С.А. Направления совершенствования экспериментального стенда испытания клиновых ременных передач	65
Василенко С.В. К вопросу о повышении прочности конструкции навесного плуга	71
Василенко С.В. Выбор рациональной формы поперечного сечения главной балки плуга	75
Зобов С.Ю. Методы обработки поверхности материалов	78
Зобов С.Ю. Расчетная схема автомобиля с учетом колебаний	81
Клинк Г.В., Ставинский А.С. Обоснование угловых изменений геометрии рабочей части крыльев лап глубокорыхлителей посевного комплекса Mzuri Pro-Til 4T	83
Новиков А.Е., Кузнецов А.Н. Полиуретан: преимущества, недостатки, области применения	88
Титова И.В., Чупахин А.В., Коноплин А.Н., Булыгин Н.Н. Некоторые области применения солнечной энергии в сельском хозяйстве....	92
Звонкий В.Г., Бурменко Ф.Ю., Бурменко Д.Ю. Современный подход в нейтрализации вентиляционных выбросов на предприятиях АПК	96

Секция 2. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ, ХРАНЕНИЯ ПРОДУКЦИИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ.....	102
Арионов А.А., Гуманюк А.В., Пазяева Т.В.	
Эффективность возделывания кукурузы на зерно в севообороте при разных системах земледелия.....	102
Афоничева Д.Д., Васильев В.В.	
Усовершенствованная система вентилирования сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах	107
Барыкин К.В., Дьячков А.П., Колесников Н.П., Мешкова С.С.	
Целесообразность применения прицепов-перегрузчиков при уборке кукурузы на силос в условиях переувлажнения почвы.....	111
Баскаков И.В., Оробинский В.И., Головин А.Д., Пожидаев И.А.	
Влияние озонной обработки на скорость убыли массы сталей.....	117
Васильев В.В., Афоничева Д.Д., Аксенов И.И.	
Цилиндрический бункер для хранения сельскохозяйственной продукции с функцией аварийной разгрузки	122
Востриков П.С., Остриков В.В.	
Биовозобновляемые материалы при производстве сельскохозяйственной техники	128
Востриков П.С., Завражнов А.И.	
Склерометрическое исследование зерновых материалов.....	132
Гиевский В.А., Смагин Е.Н.	
Особенности технологии лазерной резки металла и области ее применения	135
Кирмасов В.Ю., Рамазанова В.О., Чернышов А.В., Дедов Д.А.	
Применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве	141

Козлов В.Г., Михайлов В.С., Димогло А.В., Козлова Е.В. Комплекс машин для послеуборочной доработки семян лука репчатого	146
Михайлов В.С., Козлов В.Г., Димогло А.В., Козлова Е.В. Послеуборочная доработка и очистка семенников лука	153
Михайлов В.С., Козлов В.Г., Димогло А.В., Козлова Е.В. Особенности подбора и использования сельскохозяйственной техники в условиях Приднестровья	160
Шередекин В.В. Очистка запыленного воздуха при пневмотранспортировании пылевидных и зернистых материалов	166
Волконская А.А., Иванова Н.Г., Нагуманова А.О. Обогащение хлебобулочных изделий белком и кальцием для людей пожилого возраста	172
Гиевский А.М., Гиевский В.А. Роль воздушного потока при подготовке семян.....	177
Манойлина С.З., Лытков Н.Р. Показатели повышения долговечности современных холодильных установок.....	183
Манойлина С.З., Ворохобин А.В. Потенциал и преимущества электрокультурного земледелия в сельском хозяйстве.....	189
Мельник Ю.В., Бадюл В.Г. Теоретические основы технологического процесса работы рассадопосадочных маши	193
Голубова Н.А., Ромашов Б.В. Эпизоотические особенности трихинеллёза в Приднестровской Молдавской Республике	205

Иванова Н.Г., Лесникова В.Д. Новый вид сахарозаменителя в технологии печенья	210
Стоянова Е.М., Пазяева Т.В., Сорочан М.В. Продуктивность гибридов озимого рапса в зависимости от схемы посева в условиях ООО «Экспедиция-Агро» Слободзейского района.....	214
Иванова Н.Г., Сулова Д.О. Разработка технологии хлебобулочных изделий для людей с низким иммунитетом	220
Шуляк Е.А., Гороховский В.Ф., Бадрак Е.В. Селекция на партенокарпию огурца	224
Секция 3. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АПК.....	229
Бурменко Ф.Ю., Звонкий В.Г., Юсюз В.П., Яковец И.В. Модель энергоэффективной системы утилизации тепловых потоков приточно-вытяжной вентиляционной установки	229
Лакомов И.В. Автоматическое регулирование мощности конденсаторной установки по направлению реактивной мощности и по времени суток.....	235
Козлов Д.Г., Копаев А.Ю. Интеллектуальная сеть электроснабжения Smart grid в АПК	239
Гуков П.О., Гукова Н.С. Определение направлений потоков мощности в линии с двухсторонним питанием	244
Козлов Д.Г., Копаев А.Ю. Применение солнечных батарей в системе электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.....	248
Яковец И.В., Яковец И.Р., Звонкий В.Г., Бурменко Ф.Ю. Актуальность производства био-гранул (био-пеллет) из отходов растительного происхождения в ПМР	253

Секция 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ТЕХНОЛОГИЙ, ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В АПК.....	259
Беляев А.Н., Смольянинова Д.Г. Особенности кинематического и кинетостатического расчёта механизмов III класса	259
Афоничев Д.Н., Пиляев С.Н., Пиляев В.С. Моделирование вентильно-индукторного электродвигателя.....	263
Беляев А.Н., Мухин А.М. Оценка эффективности рулевой трапеции трактора Беларусь-80.1	268
Мешкова С.С., Астанин В.К., Барыкин К.В. Определение оптимальной точки перегрузки сельскохозяйственного груза на границе поля сложной конфигурации	273
Пиляев С.Н., Пиляев В.С. Комбинированный регулятор скорости вращения ротора электропривода электрического колесного трактора	277
Пиляев С.Н., Аксенов И.И., Филонов С.А. Модельное прогнозирующее управление синхронным электродвигателем с постоянными магнитами	283
Химченко А.В., Мищенко Н.И., Заболотная А.А., Петров А.И. Прочностной анализ конструкции сборочной единицы при ограниченных вычислительных ресурсах	289
Поливаев О.И., Химченко А.В., Ведринский О.С. Рациональная аппроксимация кривых буксования ведущих колес трактора.....	295
Пиляев С.Н. Особенности моделирования конечных автоматов в программном комплексе SimInTech.....	299

Секция 1. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК И ДРУГИХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ

УДК 631.3

Афоничев Дмитрий Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
кафедра электротехники и автоматики, заведующий кафедрой,

доктор технических наук, Россия, Воронеж,

e-mail: dmafonichev@yandex.ru

Беляев Александр Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
кафедра прикладной механики, заведующий кафедрой,

доктор технических наук, Россия, Воронеж,

e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

Васильев Владимир Викторович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
кафедра электротехники и автоматики, доцент, кандидат технических наук,

Россия, Воронеж,

e-mail: vasiliev.vladimir87@mail.ru

Аксенов Игорь Игоревич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
доцент кафедры электротехники и автоматики, кандидат технических наук,

Россия, Воронеж,

e-mail: i@igoraksenov.ru

Усовершенствованный беспилотный летательный аппарат сельскохозяйственного назначения

Аннотация. Предложена конструкция беспилотного летательного аппарата сельскохозяйственного значения, отличающаяся тем, что между насосом и подающей трубкой установлен расходомер жидкости, передающий сигналы закреплённому на боку емкости регулятору, через который осуществляется питание электродвигателя насоса, а регулятор соединен линией связи с модулем GPS-позиционирования. Это позволяет повысить качество обработки растений средствами защиты и подкормки минеральными удобрениями.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, расходомер, регулятор, обработка сельскохозяйственных культур, рабочий раствор.

Afonichev Dmitry N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Head of the Department of Electrical Engineering and Automation,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia, Voronezh,

e-mail: dmafonichev@yandex.ru

Belyaev Alexander N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Head of the Department of Applied Mechanics, Doctor of Technical Sciences,
Professor, Russia, Voronezh,

e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

Vasiliev Vladimir V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,

e-mail: vasiliev.vladimir87@mail.ru

Axenov Igor I.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,

e-mail: i@igoraksenov.ru

Advanced unmanned aerial vehicle for agricultural purposes

Abstract. A design of an unmanned aerial vehicle of agricultural significance is proposed, characterized in that a liquid flow meter is installed between the pump and the supply tube, transmitting signals to a regulator mounted on the side of the tank, through which the pump motor is powered, and the controller is connected by a communication line with a GPS positioning module. This makes it possible to improve the quality of plant treatment with protective agents and fertilizing with mineral fertilizers.

Keywords: unmanned aerial vehicle, flow meter, regulator, crop processing, working solution.

Современное интенсивное развитие сельского хозяйства требует крупномасштабного внедрения различного рода роботизированных систем, позволяющих исключить прямое участие человека в выполнении сложных и опасных для жизни операций. В настоящее время в сельскохозяйственное производство внедряются беспилотные летательные аппараты, которые предназначены для выполнения ряда задач [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Например, в Японии, Китае, Индии и США беспилотные летательные аппараты широко используются для картографии сельскохозяйственных земель, борьбы с сорняками, с болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур, оценки и прогнозирования урожайности и т.д. [3, 4, 5, 6, 8, 9, 10]. Особую роль в мировом сельском хозяйстве играют беспилотные летательные аппараты, предназначенные для опрыскивания растений рабочими растворами пестицидов и минеральных удобрений и обеспечивающие сокращение расхода рабочей жидкости на единицу площади, снижение уровня загрязнения окружающей среды вредными химическими элементами и исключение прямого контакта человека с вредными веществами.

Одним из значимых недостатков существующих беспилотных летательных аппаратов, предназначенных для опрыскивания растений рабочими растворами пестицидов и минеральных удобрений, является

низкое качество обработки растений рабочими растворами. Для устранения указанного недостатка разработан беспилотный летательный аппарат сельскохозяйственного назначения, который представлен на рисунке 1. Основной его функцией является опрыскивание сельскохозяйственных растений рабочими растворами пестицидов и минеральных удобрений.

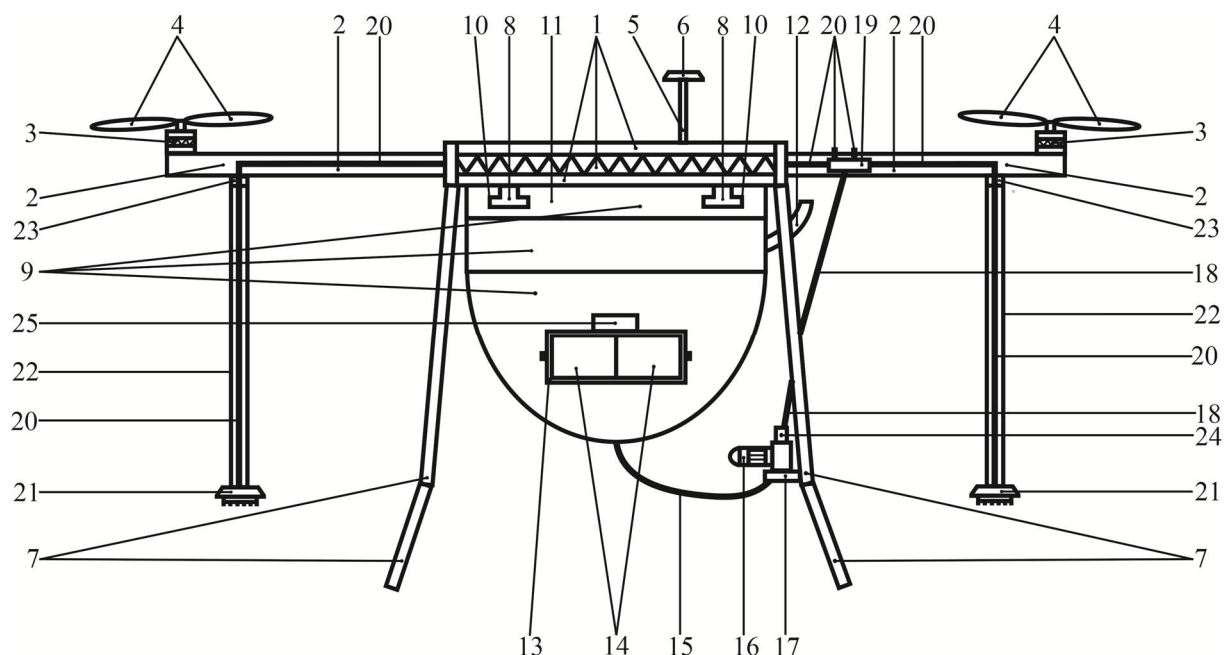


Рис. 1. Усовершенствованный беспилотный летательный аппарат

Беспилотный летательный аппарат сельскохозяйственного назначения [2] включает корпус 1, по бокам которого жестко закреплены четыре горизонтальные штанги 2. На свободном конце каждой горизонтальной штанги 2 сверху установлен двигатель 3 с лопастями воздушного винта 4. В верхней части корпуса 1 установлена опорная стойка 5 с модулем GPS-позиционирования 6, а нижняя часть корпуса 1 оснащена шасси 7 и двумя Т-образными шпонками 8. В нижней части корпуса 1 между шасси 7 размещена емкость 9 для рабочего раствора путем установки Т-образных шпонок 8 в Т-образные пазы 10, выполненные в основании 11 емкости 9. Емкость 9 оснащена в верхней части заливной горловиной 12, по бокам – пустыми полостями 13 для размещения аккумуляторных батарей 14, в нижней части – сливной трубкой 15, которая соединена с насосом 16, установленным на кронштейне 17, жестко закрепленном за шасси 7. Насос 16 подающей трубкой 18 соединен со штуцером 19, содержащим распределительные трубки 20, которые соединены с форсунками 21, установленными на свободных концах штоков 22, закрепленных за горизонтальные штанги 2 шарнирами 23. Между насосом 16 и подающей трубкой 18 установлен

расходомер жидкости 24, передающий сигналы закреплённому на боку емкости регулятору 25, через который осуществляется питание электродвигателя насоса 16, а регулятор 25 соединен линией связи с модулем GPS-позиционирования 6.

Беспилотный летательный аппарат сельскохозяйственного назначения работает следующим образом. Предварительно заряжаются аккумуляторные батареи 14 и устанавливаются в пустые полости 13 емкости 9, подсоединяются провода бортовой сети беспилотного летательного аппарата к клеммам аккумуляторных батарей 14. Через заливную горловину 12 в емкость 9 заливается рабочий раствор до установленного уровня, соответствующего допустимой грузоподъемности беспилотного летательного аппарата. Оператор настраивает регулятор 25 (вводит значения нормы расхода рабочего раствора и объема залитого в емкость), сигналами с пульта управления запускает беспилотный летательный аппарат и направляет его в зону обработки. При входе беспилотного летательного аппарата в зону обработки оператор сигналом с пульта управления включает насос 16, который начинает подавать рабочий раствор из емкости 9 через сливную трубку 15 к форсункам 21 подающей трубкой 18, соединенной со штуцером 19, содержащим распределительные трубки 20. Регулятор 25 по сигналам модуля GPS-позиционирования 6 вычисляет скорость движения беспилотного летательного аппарата в горизонтальном направлении и устанавливает расход рабочего раствора путем изменения напряжения питания электродвигателя насоса 16 в зависимости от рассчитанной скорости и установленной нормы на единицу обрабатываемой площади. Расходомер жидкости 24, установленный между насосом 16 и подающей трубкой 18, измеряет фактический расход рабочего раствора и передает сигналы регулятору 25, который сравнивает расчетный расход с фактическим и корректирует расход рабочего раствора путем изменения напряжения питания электродвигателя насоса 16. Регулятор 25 по сигналам расходомера жидкости 24 вычисляет объем израсходованной жидкости и при достижении ранее введенного оператором значения объема отключает питание электродвигателя насоса 16. Также регулятор 25 по сигналам расходомера жидкости 24 при резком падении фактического расхода рабочего раствора отключает питание электродвигателя насоса 16. Оператор, получив сигнал от беспилотного летательного аппарата о выработке рабочего раствора, сигналами с пульта управления возвращает беспилотный летательный аппарат к месту заправки и обслуживания, где производится заправка емкости рабочим раствором, настраивается регулятор, заменяются аккумуляторные батареи, выполняются операции технического диагностирования и технического обслуживания.

Наличие в конструкции беспилотного летательного аппарата расходомера жидкости обеспечивает высокоэффективную обработку растений рабочим раствором.

Список источников

1. Васильев В.В. Применение беспилотных летательных аппаратов с искусственным интеллектом в агропромышленном комплексе / В.В. Васильев, Н.Н. Папонов, И.И. Аксенов // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции. Секция «Инновационные направления механизации и электрификации сельскохозяйственного производства»; 19-21 апреля 2022 г. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – Ч. I. – С. 54–63.
2. Патент 2829201 РФ, МПК В 64 U 101/40, В 64 D 1/18. Беспилотный летательный аппарат сельскохозяйственного назначения / Д.Н. Афоничев, А.Н. Беляев, В.В. Васильев, И.И. Аксенов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – № 2024115281; заявл. 04.06.2024; опубл. 30.10.2024, бюл. № 31. – 8 с.
3. Angurula M. Revolutionary applications of intelligent drones / M. Angurula, V. Khullar. – Nova Science Publishers, 2022. – 166 с.
4. Drone technology: future trends and practical applications / S.N. Mohanty [et al.]. – Wiley-Scrivener, 2023. – 467 с.
5. Krishna K.R. Push button agriculture: robotics, drones, satellite-guided soil and crop management / K.R. Krishna. – Apple Academic Press, 2016. – 480 с.
6. Krishna K.R. Agricultural drones: a peaceful pursuit / K.R. Krishna. – Apple Academic Press; CRC Press, 2018. – 394 с.
7. Patent 206900640 U CN, Int. Cl. B64C 27/00, 27/08, B64D 1/18, 47/00. Plant protection unmanned aerial vehicle's wing protection mechanism / Zhou Daliang; applicant and patent holder YICHANG XINGBANG UNPILANNED AERIAL VEHICLE TECH CO LTD. № 201720793375.7; filed: 03.07.2017; date application 19.01.2018. – 6 p.
8. Rose S. Agricultural drones / S. Rose. – Capstone, 2017. – 38 с.
9. Sundaravadivazhagan B. Intelligent robots and drones for precision agriculture / B. Sundaravadivazhagan, G. Natarajan, P. R. Chelliah – Springer, 2024. – 490 с.
10. Unmanned aerial systems in precision agriculture: technological progresses and applications / Z. Zhang [et al.]. – Springer, 2022. – 137 с.

© Афоничев Д.Н., Беляев А.Н., Васильев В.В. Аксенов И.И., 2024

УДК 629.11.02

Беляев Александр Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, заведующий кафедрой, доцент, доктор технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

Тришина Татьяна Владимировна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, доцент кафедры прикладной механики, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: t.v.trishina@gmail.com

Высоцкая Ирина Алевтиновна

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, старший преподаватель кафедры математики, кандидат физико-математических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: i.a.trishina@gmail.com

Пути совершенствования рулевого привода трактора со всеми управляемыми колесами

Аннотация. Отмечены основные преимущества и недостатки рулевого привода транспортных средств со всеми управляемыми колесами. Проведен анализ влияния рулевого привода передних и задних колес на устойчивость и управляемость трактора и автомобиля при криволинейном движении. Обозначены этапы решения задачи по разработке оптимального рулевого привода для трактора с передними и задними управляемыми колесами.

Ключевые слова: трактор, управляемые колеса, рулевой привод, управляемость, устойчивость.

Belyaev Alexander N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Applied Mechanics, Head of the Department, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

Trishina Tatiana V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Associate Professor of the Department of Applied Mechanics, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: t.v.trishina@gmail.com

Vysotskaya Irina A.

Military Educational and Scientific Center of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, senior lecturer of the Department of Mathematics, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: i.a.trishina@gmail.com

Ways to improve the steering drive of a tractor with all steerable wheels

Abstract. The main advantages and disadvantages of the steering drive of vehicles with all steerable wheels are noted. The analysis of the influence of the steering drive of the front and rear wheels on the stability and controllability of the tractor and car in curved motion is carried out. The stages of solving the problem of developing an optimal steering drive for a tractor with front and rear steerable wheels are outlined.

Keywords: tractor, steerable wheels, steering gear, controllability, stability.

Необходимость исследования криволинейного движения двухосных транспортных средств, реализующих поворот всеми четырьмя управляемыми колесами, обусловлена, прежде всего, тем, что отсутствует полная оценка специфики работы рулевого привода подобных машин.

Проведенный анализ работы механического рулевого привода при условии, что его детали и пневматические шины абсолютно жесткие, показал, невозможность получения единого центра поворота всех колес для различных радиусов поворота. В связи с этим возникла необходимость выявления возможностей компенсации этого недостатка рулевого привода за счет боковой и угловой податливости тракторных шин без значительного увеличения их проскальзывания и, следовательно, износа [2, 7].

Актуальность поставленной задачи подтверждается тем, что тракторы указанной компоновки все более востребованы в сельском хозяйстве из-за лучшей маневренности, высокой производительности в связи с возможностью комбинированного агрегатирования [4, 6, 8].

Решение отмеченной задачи лежит, по нашему мнению, в разработке путей совершенствования рулевого привода и более широкого использования положительных качеств пневматических шин, исходя из оценки возможностей рулевого привода на передние и задние колеса.

Основные недостатки рулевого привода из-за наличия задних управляемых колес такие, как повышенный зазор в соединениях деталей и узлов, большие металлоемкость и вес, обусловлены не только сложностью и особенностями его конструктивного исполнения, но и ухудшением управляемости, что особенно проявляется при высоких скоростях движения машины.

Рулевые приводы передних и задних колес обычно подобны традиционному рулевому приводу передних колес. Используются те же элементы рулевых трапеций, усилители рулевого управления, сферические шарниры и т.п. Связь между рулевым механизмом и задней управляемой осью, расположенной на достаточно большом расстоянии, конструктивно достаточно сложна, в связи с чем увеличивается вес, суммарный зазор в приводе [4, 6].

Из анализа конструкции и работы рулевого привода автомобиля высокой проходимости с управляемыми передними и задними колесами,

выявлено, что его недостатки могут быть устранены применением гидростатической связи передних и задних колес. При этом связь должна быть разгружена от передачи существенных усилий при повороте, а функции ее ограничены передачей команды на поворот от рулевого привода передних колес к распределительному устройству усилителя задних колес и следящим действием.

Однако, особенности эксплуатации трактора, такие как наличие силы тяги на крюке, существенно отличный от автомобильного скоростной режим, более строгие требования к точности вождения, например при обработке междурядий пропашных культур, дают основания полагать, что результаты исследований, представленные выше для автомобиля требуют более тщательного и глубокого анализа с целью возможного использования для совершенствования или разработки механизмов рулевого привода задних колес трактора.

Более заметное, чем у автомобилей с традиционным рулевым приводом, самопроизвольное изменение параметров при нестационарном режиме движения автомобилей с передними и задними управляемыми колесами, в первую очередь, а также изменение направления боковой реакции со стороны дороги на шины, действующей на задние колеса в ходе поворота, являются причиной ухудшения устойчивости движения [5].

Ухудшение устойчивости движения многоосного автомобиля в нестационарном режиме при управлении за счет поворота внешних осей также вызвано изменением направления боковой реакции. Предложено проектировать рулевой привод таким образом, чтобы угол колес увода задней оси не изменял направления в процессе поворота [1].

Следует отметить, что указанная идея реализована в конструкциях некоторых тракторов, где обеспечивается запаздывание поворота задних колес по отношению к передним [4].

Более высокий скоростной режим усугубляет некоторые недостатки рассматриваемой схемы поворота, так как ухудшение управляемости может быть обусловлено не только изменением направления боковой реакции, но и ее ростом в момент выхода из поворота. Для тракторов последнее имеет смысл, так как его скорость движения на транспортном режиме достигает более 50 км/ч.

Автоматическое отключение и блокировка рулевого привода заднего моста при повышенном скоростном режиме движения может сохранить управляемость. Однако сложность такого конструктивного решения и его стоимость могут быть препятствием для его применения. Одно из решений, очевидно, упрощает конструкцию, но не гарантирует оптимальной работы привода из-за зависимости от интуиции водителя: принудительная блокировка водителем задних колес в нейтральном положении и отключение их рулевого привода [3].

Таким образом, отсутствует единый подход к решению проблемы сохранения и улучшения устойчивости движения и управляемости трактора с передними и задними управляемыми колесами, в том числе за счет исследования возможностей изменения конструктивных параметров собственно трактора и его рулевого привода. Не изучены преимущества и недостатки механических и гидростатических рулевых приводов, типов связей между передними и задними колесами. Не исследован процесс взаимодействия пневматических шин с опорной поверхностью в зависимости от типа привода передних и задних колес.

Для разработки оптимального рулевого привода для трактора со всеми управляемыми колесами требуется выбрать и обосновать рациональные критерии оценки устойчивости движения и управляемости трактора; в зависимости от типа рулевого привода к колесам передней и задней осей изучить процесс взаимодействия пневматических шин с опорной поверхностью качения; исследовать работу существующего рулевого привода и разработать рекомендации по совершенствованию его конструкции.

Список источников

1. Антонов Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Д.А. Антонов. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.
2. Беляев А.Н. Повышение эффективности работы машинно-тракторных агрегатов на базе интегральных универсально-пропашных колёсных тракторов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / А.Н. Беляев. – Мичуринск-наукоград, 2019. – 440 с.
3. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
4. Обоснование параметров и конструкции универсально-пропашного трактора повышенной эффективности / К.Н. Виноградов [и др.] – Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1978. – 164 с.
5. Певзнер Я.М. Теория устойчивости автомобиля / Певзнер Я.М. – М.: Машгиз, 1947. – 156 с.
6. Тракторы РТМ-160 и РТМ-160У. Конструкция, эксплуатация и техническое обслуживание / А. С. Дурманов [и др.]. – Саратов: Научная книга, 2006. – 155 с.
7. Тракторы: теория / В.В. Гуськов [и др.]; под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 374 с.
8. Федоренко В.Ф. Тракторы сельскохозяйственные за рубежом: тенденции развития и инновационные разработки / В.Ф. Федоренко, В.Я. Гольдяпин. – Техника и оборудование для села. – 2016. – № 1. – С. 2-7.

© Беляев А.Н., Тришина Т.В., Высоцкая И.А., 2024

УДК 631.372

Божко Артем Викторович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Воронеж, e-mail: bogf81@yandex.ru

Остриков Валерий Васильевич

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», доктор технических наук, профессор

Комбинированная система топливоподачи для работы на газообразном топливе дизельного двигателя

Аннотация. В статье описывается схема системы питания дизельного двигателя, которая позволяет ему работать на газовом топливе подаваемого в цилиндр двигателя в жидкой фазе.

Ключевые слова: нефть, топливо, газ, оборудование, дизель, двигатель, энергоустановка, машина, газовое топливо.

Bozhko Artem Viktorovich

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: bogf81@yandex.ru

Ostrikov Valery V.

FSBNI «All-Russian Research Institute for the Use of Technology and Petroleum Products in Agriculture», Doctor of Technical Sciences, Professor

Combined fuel supply system for operation on gaseous fuel of a diesel engine

Abstract. The article describes the scheme of the diesel engine power supply system, which allows it to run on gas fuel supplied to the engine cylinder in the liquid phase.

Keywords: oil, fuel, gas, equipment, diesel, engine, power plant, machine, gas fuel.

Перед сельским хозяйством стоит задача максимально сократить потребление дизельного топлива в связи с ограниченностью ресурсов нефти. Одним из способов замены жидких нефтепродуктов является газовое топливо, которое становится всё более популярным и имеет хорошие перспективы для завоевания рынка моторных топлив. Это может привести к развитию технологий использования газового топлива в сельском хозяйстве и снижению зависимости от жидких нефтяных топлив. Однако для реализации этой задачи потребуются проведение исследований, разработка новых технологий и адаптация существующих систем питания двигателя.

Анализ литературных источников показал, что перевод дизельных двигателей на газовое топливо требует изменений в конструкции системы

питания двигателя. Это связано с различиями физико-химических свойств дизельного и газового топлива. В результате таких изменений дизельные двигатели смогут работать либо только на газовом топливе (газовые двигатели), либо на двух видах топлива – газовом и дизельном (газодизельные двигатели). Для воспламенения газового топлива в газовом цикле требуется установка системы зажигания и свечей. На транспорте преимущественно используются газодизели. Это двигатели, в которых в конце такта сжатия для воспламенения газозвдушной смеси требуется впрыскивание запальной дозы дизельного топлива. Величина запальной дозы зависит от особенностей газодизеля и может составлять от 5 до 35 % [1, 2, 3].

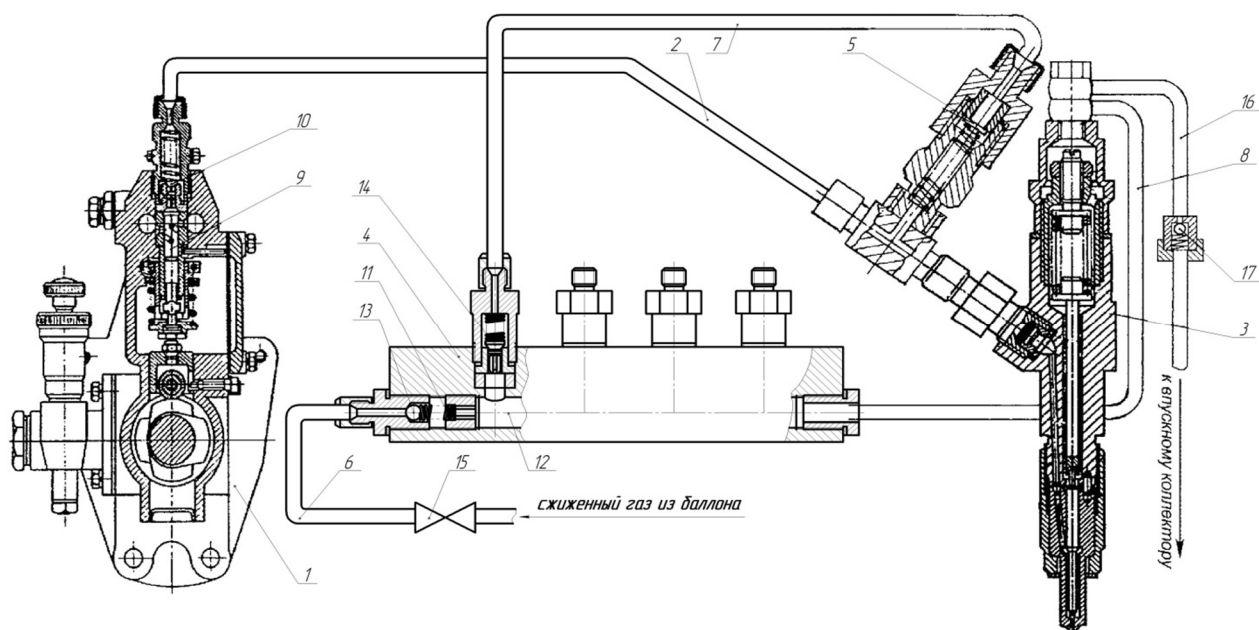
На сегодняшний день в качестве газообразного топлива нашли широкое применение два вида газа, сжиженный и компримированный (сжатый) газ. В состав сжиженного нефтяного газа входит: пропан, нормальный бутан, изобутан, пропилен, этан, этилен и другие углеводороды. Данный вид топлива желательно использовать на тракторах, потому что позволяет применять небольшое количество газовых баллонов с невысоким давлением. Широкое применение нашли системы питания, в которых сжиженный газ вначале преобразуется в газообразное состояние, смешивается с воздухом и подается в камеру сгорания двигателя, а затем впрыскивается запальная доза дизельного топлива. Такая организация газодизельного процесса имеет ряд недостатков, среди которых опасность детонационного сгорания, усложнение системы топливоподачи, повышенный износ распылителей форсунок, увеличение токсичности отработавших газов на малых нагрузках двигателя.

Этих недостатков можно избежать, используя системы топливоподачи, в которых сжиженный газ подается в цилиндр двигателя в жидкой фазе совместно с запальной дозой дизельного топлива. Схема такой систем топливоподачи, представлена на рисунке 1 [3].

Предлагаемая система подачи топлива работает следующим образом. Во время вращения кулачкового вала топливного насоса высокого давления (ТНВД) 1 дизельное топливо плунжерной парой 9 подается со скоростью 1200-1500 м/с в трубопровод высокого давления 2, что обеспечивает эффективную и точную подачу топлива к форсунке 3.

Для резкого снижения давления в трубопроводе 2 и мгновенного прекращения подачи топлива форсункой 3, топливные насосы высокого давления оснащаются нагнетательными клапанами. Скорость, с которой происходит снижения давления в трубопроводе зависит от нескольких факторов, одним из которых, является конструкция нагнетательного клапана. Этот эффект заложен в работе комбинированной системы топливоподачи. Конструкция модернизированного нагнетательного

клапана имеет разгрузочный поясок большего объема, что позволяет увеличить количество отбираемого топлива из трубопровода 2, и приводит к резкому падению давления.



- 1 – топливный насос высокого давления; 2 – трубопровод высокого давления; 3 – форсунка; 4 – распределительное устройство; 5 – клапан подачи сжиженного газа; 6, 7 – трубопроводы подачи сжиженного газа; 8 – дренажный трубопровод; 9 – плунжерная пара; 10 – нагнетательный клапан; 11, 12 – каналы; 13, 14 – обратный клапан; 15 – запорный клапан; 16 – трубопровод; 17 – предохранительный клапан

Рис. 1. Система топливоподачи газового топлива в жидкой фазе для дизельного двигателя

Сжиженный газ (пропан-бутан) под давлением 0,1-1,5 МПа поступает из газовых баллонов по трубопроводу 6, через запорный клапан в распределительное устройство 4, которое состоит из обратного клапана 13 и нагнетательных клапанов 14 по конструкции схожих с нагнетательными клапанами ТНВД. Давление в распределительном канале 4 и обратном трубопроводе 8 одинаковое и равно давлению в газовом баллоне.

При открытии запорного клапана 15 сжиженный газ под давлением подается в канал 12 распределительного устройства 4, проходя через обратный клапан 13. Далее газовое топливо смешивается в центральном канале с поступающей из обратного трубопровода 8 смесью дизельного топлива и газа и по каналу 12 поступает к выходному клапану 14. Эта смесь под давлением попадает к клапану 5. Клапан 5 представлен в виде тройника с двумя входными каналами для подачи дизельного топлива и сжиженного газа и выходного канала, откуда к форсунке 3 подается смесь топлив.

При обратном ходе плунжера давление в трубопроводе 2 снижается на большую величину, чем давление в трубопроводе 7, это приводит к открытию клапана 5 и заполнения трубопровода 2 сжиженным газом. При активном ходе плунжера, давление в трубопроводе 2 возрастает, клапан 5 за счет избыточного давления перекрывается, и смесь дизельного топлива с жидким газом подается к форсунке 3, а далее впрыскивается в цилиндр двигателя. Эти особенности конструкции обеспечивают более эффективное и точное дозирование топлива, что способствует стабильной работе двигателя и снижению выбросов вредных веществ.

Этот процесс будет повторяться до тех пор, пока давление сжиженного газа сможет преодолевать остаточное давление в трубопроводе 2. Предохранительный клапан 17 препятствует попаданию газа во впускной коллектор двигателя, при исправной системе питания.

Предлагаемая конструкция комбинированной системы топливоподачи имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими аналогами. Одним из которых является применение серийных элементов для её изготовления выпускаемых нашей промышленностью, что снижает затраты на её производство, а так же возможность эксплуатации дизельного двигателя на различных жидких топливах (рапсовое масло, подсолнечное масло и др.). Модернизация топливной системы дизельного двигателя, потребует дооснастить его газовыми баллонами, распределительным устройством, клапанами подачи газа и потребуются замена нагнетательных клапанов в секциях ТНВД.

Применение систем питания с подачей газового топлива в жидкой фазе в камеру сгорания дизеля с дизельным топливом может быть эффективным способом улучшения процесса смесеобразования и снижения токсичности отработавших газов. Однако для реализации данной технологии необходимо провести ряд дополнительных исследований и испытаний, чтобы определить оптимальные параметры подачи сжиженного газа и его влияние на работу двигателя. Также важно учесть возможные риски и ограничения, связанные с использованием сжиженного газа, такие как безопасность, надёжность системы топливоподачи и её влияние на ресурс двигателя.

Можно отметить следующие преимущества газодизелей, работающих на смеси сжиженного газа и дизельного топлива: увеличение моторесурса двигателя в 1,25-2,0 раза; увеличение срока службы моторного масла в 2-4 раза; уменьшение стоимости эксплуатации в городских условиях на 30-50%; снижение выброса оксидов азота на 10-20%, твёрдых частиц – в 2–3 раза, соединений серы – в 5–7 раз [3]. Эти преимущества могут сделать эксплуатацию тракторов в сельском хозяйстве более выгодной и экологичной.

Список источников

1. Генкин К.И. Газовые двигатели / К.И. Генкин. – М.: Машиностроение, 1977. – 196 с.
2. Мамедова М.Д. Транспортные двигатели на газе / М.Д. Мамедова, Ю.Н. Васильева. – М.: Машиностроение, 1994. – 224 с.
3. Марков В.А. Топлива и топливоподача многотопливных и газодизельных двигателей / В.А. Марков, С.И. Козлов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 296 с.

© Божко А.В., Остриков В.В., 2024

УДК 631.3-049.35

Бровченко Алексей Дмитриевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: broaldot@yandex.ru

Зуев Антон Сергеевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
магистр, Россия, Воронеж,
e-mail: tosha.zuev.2000@mail.ru

Универсальная установка для приготовления и нанесения консервационных материалов

Аннотация. В статье рассматривается модернизированная конструкция установки для приготовления и нанесения различных антикоррозионных составов. Установка позволяет получать загущенные антикоррозионные составы используя вторичное сырье, а также обеспечивает нанесение как загущенных, так и жидких составов безвоздушным и воздушным способами.

Ключевые слова: консервация техники, антикоррозионная обработка, установка, антикоррозионный состав.

Brovchenko Alexey D.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: broaldot@yandex.ru

Zuev Anton S.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, master,
Russia, Voronezh,
e-mail: tosha.zuev.2000@mail.ru

Universal installation for the preparation and application of preservative materials

Abstract. The article discusses the modernized design of the installation for the preparation and application of various anticorrosive compounds. The installation allows to obtain thickened anticorrosive compositions using secondary raw materials, and also provides the application of both thickened and liquid compositions by airless and airless methods.

Keywords: conservation of machinery, anti-corrosion treatment, installation, anti-corrosion composition.

Для снижения эксплуатационных издержек при работе сельскохозяйственных машин, важной задачей является защита их рабочих органов от коррозионных процессов с помощью защитных консервационных материалов. Себестоимость консервационных работ во многом зависит от используемых консервационных составов и технических средств. Применение вторичных ресурсов позволит снизить затраты на консервацию, а также определить оптимальный состав консервационных материалов и выбрать рациональные режимы их приготовления и нанесения. Решение задач антикоррозионной защиты сельскохозяйственной техники с использованием густых консервационных материалов из вторичных ресурсов требует создания энергоэффективных технических средств для приготовления и качественного нанесения защитных материалов. Эти технические средства должны работать в различных эксплуатационных условиях во время хранения техники [1].

Создание или модернизация технических средств для приготовления и нанесения защитных составов позволит существенно снизить затраты на консервацию сельскохозяйственной техники. Стоимость консервационных материалов и оборудования является одной из основных статей расходов на консервацию техники.

Практика показывает, что экономия средств на противокоррозионной защите техники приводит к высокому ущербу от снижения эксплуатационной надежности агрегатов, их раннего ремонта и замены деталей, пораженных очагами коррозии. Основной причиной некачественной защиты сельскохозяйственной техники является отсутствие эффективных и недорогих технических средств для приготовления и нанесения [2].

С точки зрения минимизации затрат сельскохозяйственных предприятий при консервации техники, выгодно использовать технологию приготовления антикоррозионного состава, разработанную в ФГБНУ ВНИИТиН [3].

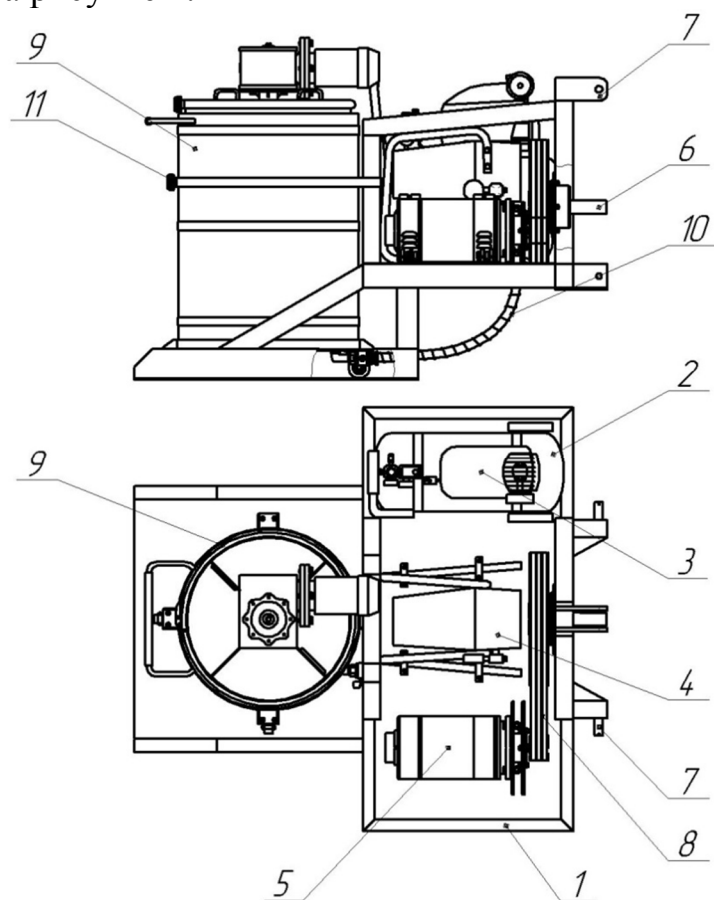
Продукты окисления из отработанного масла выделяют путем внесения в него 1-3 мас. % измельченного карбамида (диамида угольной кислоты) с последующим нагревом до 130°C, смешиванием и отстаиванием смеси при температуре не ниже 20°C в течение 48 ч. В обогреваемый бак с мешалкой загружают отработанное моторное масло в количестве 60±5 мас. % и 40±5 мас. % продуктов окисления, которые при непрерывном перемешивании при температуре 100°C в течение 0,5 часа диспергируют в отработанное масло [3].

Серийно выпускаемые установки и оборудование, которые можно использовать для реализации вышеуказанной технологии, имеют высокую стоимость, а, в случае, приготовления загущенных смазок, еще и высокие затраты труда. При этом для нанесения жидких и загущенных

консервационных материалов, возникает необходимость осуществлять воздушный и безвоздушный способы нанесения. Это требует использования различных установок, что увеличивает затраты на консервацию.

Возникает необходимость создания универсальной установки для антикоррозионной обработки. Для этого необходимо, чтобы конструкция обеспечивала выделение окислителей и приготовление требуемого защитного состава. С целью уменьшения номенклатуры машин для антикоррозионной защиты на установке предлагается поместить устройство для приготовления загущенных смазок с подогревом.

Спроектирована конструкция универсальной установки, которая представлена на рисунке 1.



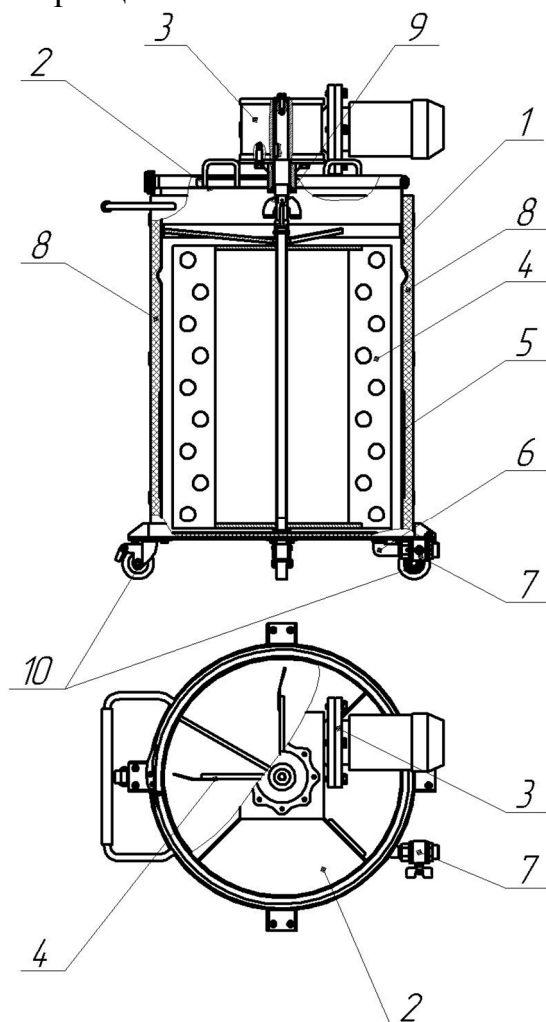
- 1 – рама; 2 – ресивер; 3 – компрессор; 4 – насос гидравлический высокого давления;
 5 – генератор однофазный; 6 – хвостовик шлицевой; 7 – трехточечная навеска;
 8 – ременная передача; 9 – устройство для приготовления антикоррозионных составов;
 10 – рукав гидравлический обогреваемый; 11 – грузовая стяжка

Рис. 1. Установка для приготовления и нанесения консервационных составов

Установка состоит из рамы 1, на которой установлены компрессор 3 с ресивером 2, гидравлический насос высокого давления 4, однофазный генератор и устройство для приготовления антикоррозионных составов 9.

Для агрегатирования на навесную систему трактора, впереди установки выполнена трехточечная навеска 7. Привод генератора осуществляется через ременную передачу 8 с помощью шлицевого хвостовика 6, который, при необходимости, соединяется с валом отбора мощности трактора (ВОМ) посредством карданной передачи.

Устройство для приготовления антикоррозионных составов (рис. 2) выполнено в виде бака 1 с крышкой 2. На крышке 2 установлен мотор-редуктор 3, предназначенный для привода четырехлопастной мешалки 4 и соединенный с ней с помощью полумуфты 9. С целью подогреваготавливаемых составов на баке 1 установлен ТЭН 5. Чтобы исключить потери тепла при осуществлении технологического процесса бак 1 вместе с ТЭНом 5 закрыты утеплителем 8 (базальтовая вата). В нижней части бака 1 установлен сливной патрубок 6 и шаровый кран 7. Устройство снабжено самоустанавливающимися колесами 10 для оперативного перемещения по территории поста консервации.



- 1 – бак; 2 – крышка бака; 3 – мотор-редуктор; 4 – мешалка четырехлопастная;
 5 – ТЭН; 6 – сливной патрубок; 7 – шаровый кран; 8 – утеплитель; 9 – полумуфта;
 10 – самоустанавливающиеся колеса

Рис. 2. Устройство для приготовления антикоррозионных составов

Для приготовления антикоррозионного состава устройство для его приготовления (рис. 2) перемещают посредством самоустанавливающихся колес 10 к месту осуществления технологического процесса приготовления на посту консервации машин. Открывают крышку бака 2 вместе с мотор-редуктором 3 и заливают отработанное минеральное моторное масло. Исходя из того, что бак 1 изготовлен из стандартной металлической бочки со съёмным верхом Б31А2 210, максимальное количество заливаемого отработанного масла составляет 180 литров. После этого, в отработанное масло добавляют измельченный карбамид в соотношении 1-3% к общему объему масла.

Установку подключают к электрической сети 220В. Одновременно включают мотор-редуктор 3 и ТЭН 5. В процессе перемешивания компонентов лопастная мешалка 4 создает окружной поток перемешиваемой жидкости. Исходя из требуемого крутящего момента для перемешивания компонентов, для привода мешалки 4 выбран червячный мотор-редуктор NMRV «NMRV 040.100.09.0,09x1400.B7». Данный редуктор обеспечивает частоту вращения мешалки $n = 9 \text{ мин}^{-1}$, а мощность электродвигателя составляет 0,09 кВт.

При достижении температуры состава $+130^{\circ}\text{C}$ отключают нагревательный элемент 5 и мотор-редуктор 3. Полученный состав оставляют отстаиваться в течении 48 часов при температуре не менее $+20^{\circ}\text{C}$. Далее необходимо открыть крышку бака 2, слить верхний жидкий слой состава в отдельную емкость, нижний слой (загущенный окислитель) извлечь для дальнейшего использования. При необходимости операцию повторяют. Согласно расчетам время достижения требуемой температуры нагрева составит 3,9 часа.

При проведении консервационных работ устройство для приготовления антикоррозионных составов 9 (рис. 1), закатывается на раму 1 и фиксируется грузовой стяжкой 11. Открывается крышка бака и заливается отработанное моторное масло и окислитель в требуемых пропорциях. Посредством трехточечной навески 7, установка навешивается на трактор тягового класса 1,4. Шлицевой хвостовик 6 соединяется с хвостовиком ВОМ трактора. Во время работы ВОМ трактора, приводится во вращение однофазный генератор 5 с помощью ременной передачи 8. Благодаря этому обеспечивается электропитанием следующие потребители: устройство для приготовления антикоррозионных составов 9 (мотор-редуктор и ТЭН), компрессор 3 и насос высокого давления 4. После приготовления антикоррозионного состава, трактор доставляет установку до места проведения работ. При необходимости с помощью компрессора 3 и обдувочного пистолета (не показан) обрабатываемые поверхности очищаются от остатков загрязнителей. Насосом высокого давления 4 через гидравлический рукав

10 и пистолет распылитель (не показан), антикоррозионный состав наносится на обрабатываемые поверхности. В тех случаях, когда есть необходимость нанесения жидких антикоррозионных составов на внутренние поверхности машин, вместо обдувочного пистолета устанавливают пистолет для нанесения защитных составов со сменными емкостями (воздушный способ нанесения).

Если антикоррозионная обработка проводится при низких температурах (постановка на хранение машин в осенний период), то периодически включают в работу ТЭН 5 (рис. 2) и обогрев гидравлического рукава 10 (рис. 1).

Таким образом, предлагаемая установка позволяет получать загущенные антикоррозионные составы используя вторичное сырье (отработанные минеральные масла), а также обеспечивает очистку (обдувку) обрабатываемых поверхностей и нанесение как загущенных, так и жидких составов безвоздушным и воздушным способами.

Список источников

1. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / М.М. Севернев [и др.]; под ред. М.М. Севернева. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 333 с.

2. Зуев А.С. Современные составы, способы и оборудование для антикоррозионной обработки сельскохозяйственной техники / А.С. Зуев, А.Д. Бровченко // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 75-й национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – Ч. I. – С. 311-316.

3. Патент №2554007 С1 Российская Федерация, МПК С10М 101/02, С10М 143/1, С10Н 30/12. Защитная смазка для металлических деталей: №2014130605/04: заявл. 22.07.2014; опубл.:22.07.2014 / Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Остриков В.В., Петрашев А.И., Прохоренков В.Д., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В.; заявитель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – 7 с.

© Бровченко А.Д., Зуев А.С., 2024

УДК 621.43-44

Бурдыкин Владимир Дмитриевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: burdykin50@mail.ru

Способы воспламенения рабочей смеси в ДВС

Аннотация. В статье рассматриваются нетрадиционные способы воспламенения рабочей смеси в бензиновых двигателях, их преимущества и недостатки. Данные системы позволяют снизить уровень выброса вредных веществ.

Ключевые слова: система воспламенения, экология, состав смеси, скорость распространения фронта пламени.

Burdykin Vladimir Dm.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Applied Mechanics, Associate Professor,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: burdykin50@mail.ru

Methods of ignition of the working mixture in the internal combustion engine

Abstract. The article discusses non-traditional ignition methods of the working mixture in gasoline engines, their advantages and disadvantages. These systems allow you to reduce the level of emissions of harmful substances.

Keywords: ignition system, ecology, composition of the mixture, speed of propagation of the flame front.

В настоящее время ведутся работы по повышению экономичности бензиновых двигателей. Данная задача может быть решена путем перевода работы двигателя на бедных смесях, что позволяет повысить экономичность и снизить выброс вредных веществ [1,2]. Но при этом возникают проблемы с воспламенением рабочей смеси от искры обычной свечи зажигания, В данной ситуации необходимо обеспечить мощный искровой разряд, от которого пламя быстро распространяется по объему топливо-воздушной смеси.

Существуют два метода создания очага воспламенения. Первый позволяет получить искру повышенной энергии. Другой позволяет получение небольшой объем богатой легко воспламеняющейся смеси образующий при сгорании мощный очаг воспламенения. При этом методе происходит послойное распределение смеси и форкамерно-факельное зажигание [7].

Эти методы требуют применение специальных свечей зажигания. В настоящее время разработаны свечи, которые позволяют получить: высокое напряжение, энергию, определенную геометрию искрового промежутка и его расположение в камере сгорания и длительность разряда. При мощности разряда энергия искра обеспечивает энергичное развитие очага воспламенения [4]. Но при этом выбросы углеводородов и окиси углерода не уменьшается, так как происходит медленное распространение фронта пламени и не обеспечивает сгорание смеси в короткий промежуток времени.

Послойное распределение смеси обеспечивает снижение выбросов азота, окиси углерода и углеводородов. В настоящее время существуют несколько методов получения распределение рабочей смеси: бесфоркамерное факельное дожигание, вихревое движение заряда внутри цилиндра, подача дополнительного воздуха или обедненной смеси, использование отдельных камер сгорания.

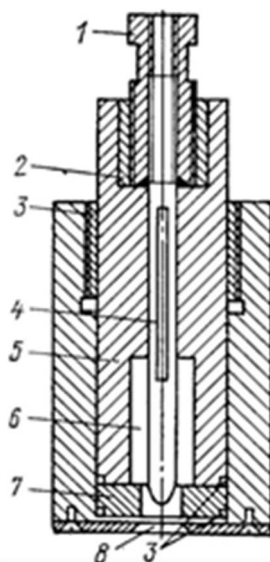
Метод форкамерно-факельного зажигания представляет собой экстремальный случай послойного сжигания смеси в отдельных камерах сгорания и увеличением скорости истечения пламени при уменьшении диаметра выходного отверстия предкамеры. Что приводит к проникновению пламени в основную заряд рабочей смеси.

В форкамерном двигателе процесс сгорания происходит в определенной последовательности-сначала в форкамере происходит воспламенение богатой смеси ($\alpha=0,4 \dots 0,7$) от искрового разряда, продукты сгорания данной смеси содержат активные атомы и радикалы, которые обладают высокой химической активностью. Проникая через узкий перепускной канал в камеру сгорания, происходит сильное завихрение, что приводит к образованию многочисленных очагов сгорания. При этом способе зажигания отсутствует стадия медленного сгорания [3,5,6].

Для двухтактных двигателей разработана система зажигания рециркулирующей отработавших газов. Для воспламенения заряда используется большое количество отработавших газов, которые через отверстие расположенное над поршнем попадает из цилиндра в картер. Запуск двигателя осуществляется от обычной свечи зажигания. При рециркуляции отработавших газов определенной величины, свеча зажигания отключается. Работа двигателя отличается плавностью, снижением удельного расхода топлива и доли токсичных выбросов. Множество источников воспламенения обеспечивают горение во всей массе, при этом бедная смесь достаточно быстро сгорает, обеспечивая чистоту и эффективность работы двигателя, снижается образование окислов азота [1,2].

В настоящее время разрабатываются новые фотохимические и плазменные системы зажигания. Фотохимические лазерные воспламенители используют явление фотолиза-разложение веществ под действием света (рис.1). При проведении исследований было установлено, что эффективно только ультрафиолетовое излучение и причиной воспламенения являются атомы кислорода, возникающие при диссоциации его молекулы.

Воспламенение топливо-воздушной смеси происходит при концентрации атомов кислорода 10^{14} в см^3 . Энергия воспламенения практически не зависит от соотношения воздуха-топливо. Особенностью данной системы является то, что она вызывает воспламенение в условиях подобных тем, в которых в которых происходит воспламенение плазменного факела, при практически с такой же затратой энергии. Сфокусированный лазерный луч генерирует плазменные ядра, которые становятся источниками воспламенения. Данный процесс воспламенения приводит к снижению удельного расхода топлива, количества выброса окиси углерода и углеводородов [4]



- 1 – впускной канал с проводом высокого напряжения; 2 – латунный вкладыш;
 3 – уплотнительные кольца; 4 – подача газа; 5 – изоляция (макор);
 6 – анод из нержавеющей стали; 7 – катод из нержавеющей стали;
 8 – окно, закрытое пластиной из фарфора

Рис. 1. Схема фотохимического воспламенителя

Существует метод воспламенения топливо-воздушной смеси-горячий ионизированный газ-плазма, который воспламеняет смесь более эффективно, чем обычная свеча зажигания. Плазма обеспечивает получение многих активных очагов горения, вызывающих разветвленную цепную реакцию, способную поддерживать и расширять пламя. Что положительно сказывается на воспламенении бедных смесей, где скорость распространения фронта пламени относительно мала.

Для увеличения подачи электрической энергии используется конденсатор, который разряжается при относительно низком напряжении и большой силе тока (рис.2).

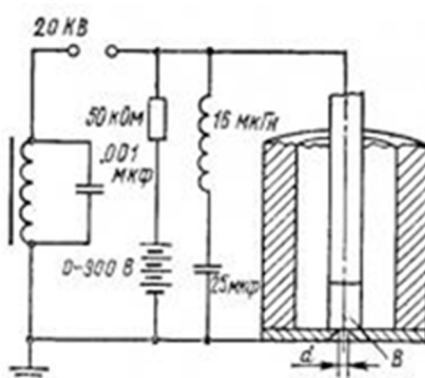


Рис. 2. Схема плазменного факельного воспламенителя со стандартной катушкой зажигания

Плазма образуется ударным нагревом электрической энергией горячей смеси размещенной в полости объемом 10 мм³. Полость соединена с камерой сгорания каналом малым диаметром-1мм. Плазма состоит из свободных электронов и ионов, которые в связи с высокой температурой обладают большой энергией и химической активностью.

Высокая скорость образования плазмы в полости воспламенения приводит к мгновенному возрастанию давления и поток плазмы устремляется через отверстие со сверхзвуковой скоростью, проникая в топливо воздушную смесь. При серийных системах зажигания процесс сгорания происходит в ламинарном режиме движения, а впоследствии переходит в турбулентный режим. При плазменном воспламенении горение происходит в форме турбулентного пламени, а затем стремится к ламинарному характеру. Первыми вступают в процесс сгорания углеводороды, находящиеся в жидком состоянии. Опыты показывают, что плазма расширяет пределы воспламенения смеси.

Предлагаемые методы воспламенения позволяют расширить пределы воспламеняемости топливо-воздушной смеси в широком диапазоне коэффициента избытка воздуха.

Список источников

1. Горбунов В. В. Токсичность двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие / В.В. Горбунов, Н.Н. Патрахальцев. – М.: Изд-во РУДН, 1998. – 102с.
2. Кульчицкий А.Р. Токсичность поршневых ДВС. Образование вредных веществ при горении топлив: учебное пособие / А.Р. Кульчицкий. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та. – 2010. – 80 с.
3. Лепешкин О.М. Теория горения и взрыва: учебное пособие / О.М. Лепешкин, А.С. Доронин. – СПб. – 2023. –165 с.
4. Никифоров А.Р. Прогрессивные системы зажигания двигателей / А.Р. Никифоров // Катера и яхты. – 1985. – №113. – С.30-35.
5. Патент на изобретение № 2403411 РФ, МПК51 P020 19/08 (2006/01). Способ смесеобразования и воспламенения рабочей смеси двигателя внутреннего сгорания. / Павлюк А.С., Семкин Б.В., Стенников; заявитель и патентообладатель АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – №2009117598/06, заявл. 08.05.2009; опубл. 10.11.2010. Бюл. №31 – 5 с.
6. Сечин А.И. Теория горения и взрыва: учебное пособие / А.И. Сечин [и др.]. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2020. – 162 с.
7. Шароглазов Б.А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания» / Б.А. Шароглазов, М.Ф. Фарафонов, В.В. Клементьев. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.

УДК 630*378.33

Васильев Владимир Викторович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
доцент кафедры электротехники и автоматики, кандидат технических наук,
Россия, Воронеж,
e-mail: vasiliev.vladimir87@mail.ru

Афоничев Дмитрий Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
заведующий кафедрой электротехники и автоматики, профессор,
доктор технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: dmafonichev@yandex.ru

**Технологические схемы формирования навигационных плотов на базе
плоских сплотовых единиц**

Аннотация. Представлены технологические схемы формирования навигационных плотов на акватории водных объектов, в состав которых входят усовершенствованные плоские сплотовые единицы. Данные технологические схемы основаны на использовании нового способа спуска сплотовых единиц в водоем и модернизированных технических средств для изготовления и перемещения по суше плоских сплотовых единиц. Для каждой технологической схемы приведен порядок выполнения работ на каждом этапе процесса формирования плота в зависимости от конструктивных особенностей используемых усовершенствованных плоских сплотовых единиц.

Ключевые слова: технологическая схема, плот, формирование, плоская сплотовая единица, наклонный роликовый транспортер, способ спуска.

Vasiliev Vladimir V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: vasiliev.vladimir87@mail.ru

Afonichev Dmitry N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Head of the Department of Electrical Engineering and Automation, Professor,
Doctor of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: dmafonichev@yandex.ru

**Technological schemes for the formation of navigation rafts based on flat
raft units**

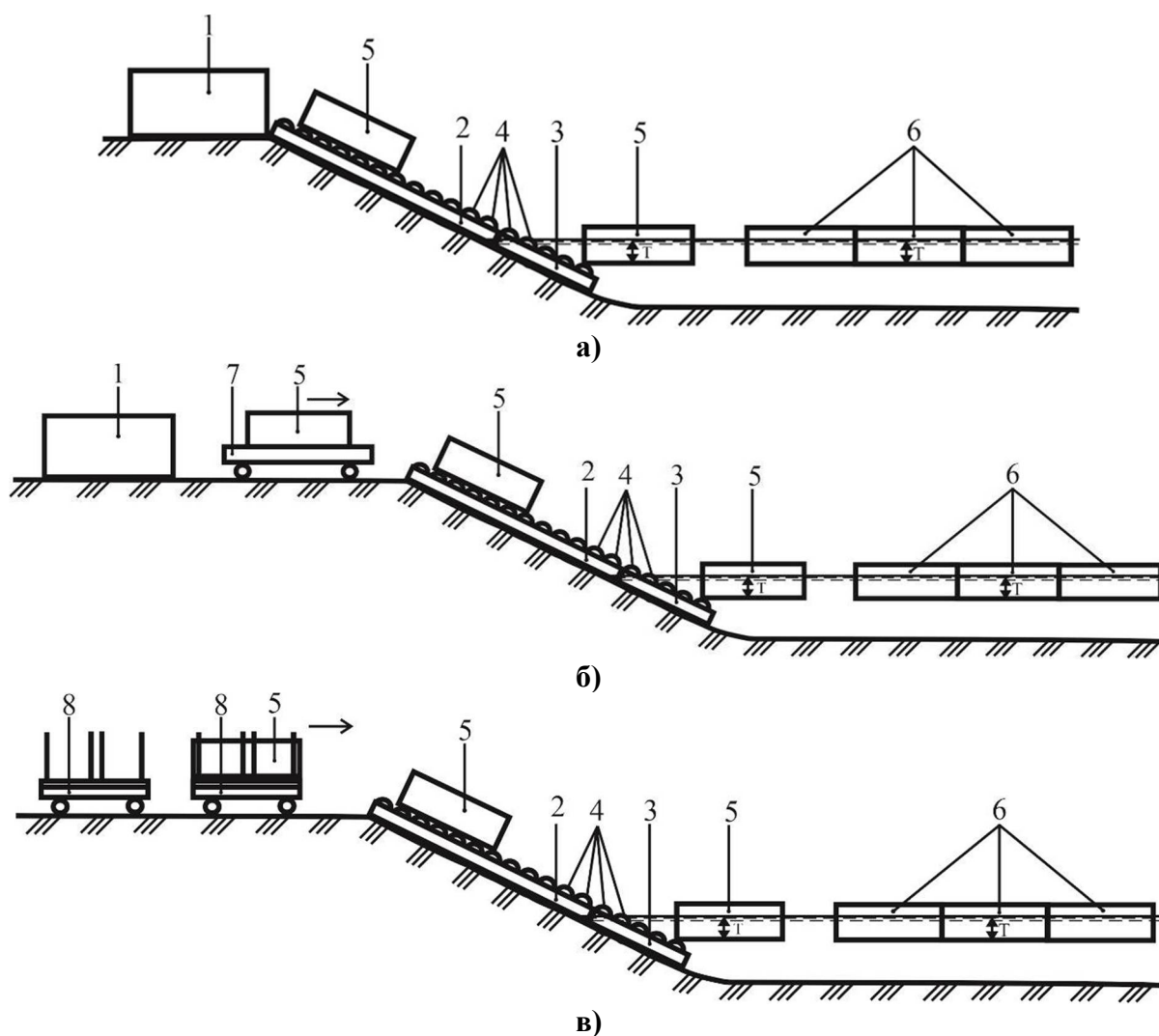
Abstract. Technological schemes for the formation of navigation rafts in the water area of water bodies, which include improved flat-flow units, are presented. These technological schemes are based on the use of a new method of launching raft units into a reservoir and upgraded technical means for the manufacture and movement of flat raft units over land. For each technological scheme, the procedure for performing work at each stage of the raft formation process is given, depending on the design features of the advanced flat raft units used.

Keywords: technological scheme, raft, formation, flat cohesive unit, inclined roller conveyor, method of descent.

Формирование плотов различных конструкций может осуществляться как в навигационный период года, так и в межнавигационный период [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Как правило, в навигационный период года плоты на базе плоских сплочных единиц формируются на акватории водного объекта на формиловочных рейдах и при необходимости укрупняются на переформиловочных рейдах для выполнения магистрального плотового сплава [2, 3, 4]. Процесс формирования навигационных плотов на базе плоских сплочных единиц должен реализовываться строго по технологическим схемам, обеспечивающим максимальную эффективность. Для модернизированных плотов (патенты РФ № 2804911 и № 2811178) [8, 9], включающих в себя усовершенствованные плоские сплочные единицы (патенты РФ № 2777674, № 210485 и № 2777676), разработаны технологические схемы формирования навигационных плотов на акватории водного объекта, которые представлены на рисунке 1.

Технологическая схема, приведенная на рисунке 1а, предусматривает установку сплочной машины 1 или грузовой платформы 1 рядом с наклонным роликовым транспортером, таким образом, чтобы плоская сплочная единица выгружалась из данных технических средств непосредственно на береговую секцию 2 роликового транспортера. Береговая секция 2 роликового транспортера, соединена с русловой секцией 3, которая установлена в русле водоема, таким образом, что ее конец расположен на глубине не менее осадки плоской сплочной единицы T [10]. При этом береговая 2 и русловая 3 секции включают в себя ролики 4. Все плоские сплочные единицы 5 по роликовому транспортеру в обязательном порядке направляются в водоем торцевой стороной (торцами лесоматериалов) [10]. Заключительной частью спуска сплочных единиц 5 на воду, является формирование плота 6, который может иметь различную конструкцию и назначение.

Технологическая схема, изображенная на рисунке 1б, отличается от технологической схемы, приведенной на рисунке 1а, тем, что изготовление плоских сплочных единиц производится на удалении от места спуска в водоем. При этом транспортировка плоских сплочных единиц 5 до наклонного роликового транспортера осуществляется подъемно-транспортным агрегатом 7.



а – изготовление плоских плоточных единиц на береговом складе – спуск на воду – формирование плота; б – изготовление плоских плоточных единиц на береговом складе – транспортировка – спуск на воду – формирование плота; в – изготовление плоских плоточных единиц на лесосеке (технологической стоянке, погрузочном пункте) – транспортировка – спуск на воду – формирование плота

Рис. 1. Технологические схемы формирования навигационных плотов на базе усовершенствованных плоских плоточных единиц

Технологическая схема, представленная на рисунке 1в, кардинальным образом отличается от ранее рассмотренных. Главным отличием данной технологической схемы является то, что плотка плоских плоточных единиц 5 реализуется в грузовой платформе 8, которая в свою очередь устанавливается на транспортном средстве. При этом изготовление плоских плоточных единиц 5 осуществляется на лесосеке (технологической стоянке, погрузочном пункте), после сборки плоские плоточные единицы транспортируются на береговой склад и перегружаются на наклонный роликовый транспортер.

Необходимо отметить, что количество сплочных машин и грузовых платформ, в том числе установленных на транспортных средствах, наклонных роликовых транспортеров, подъемно-транспортных агрегатов для каждой технологической схемы определяется расчетным путем и зависит от их производительности и от объема годового оборота лесоматериалов на береговом складе.

Формирование плота на базе усовершенствованных плоских сплочных единиц, по технологической схеме, изображенной на рисунке 1а, осуществляется следующим образом. Первоначально плоская сплочная единица 5 (патенты РФ № 2777674, № 210485 и № 2777676) изготавливается в сплочной машине 1 или грузовой платформе 1. Затем плоскую сплочную единицу 5 извлекают из сплочной машины 1 или грузовой платформы 1 и размещают ее на береговой секции 2 наклонного роликового транспортера так, чтобы ее торцевая сторона (торцы лесоматериалов) была направлена к водоему, то есть должно соблюдаться условие перпендикулярности рядов лесоматериалов сплочной единицы 5 роликам 4 транспортера. В результате этого сила тяжести плоской сплочной единицы 5 приведет ее в движение, где она начнет скатываться по береговой секции 2 наклонного роликового транспортера, с последующим движением ее по русловой секции 3 наклонного роликового транспортера. По мере передвижения плоской сплочной единицы 5 по роликовому транспортеру она будет погружаться в воду. Достигнув конца русловой секции 3 наклонного роликового транспортера, плоская сплочная единица 5, на глубине не менее своей осадки T , за счет выталкивающей силы, которая действует на погруженную часть сплочной единицы, устанавливается в горизонтальное плавучее состояние. После этого плоская сплочная единица 5 поступает в запань на временное хранение, или непосредственно в формирующую сетку для формирования плота 6. Аналогичным способом все изготовленные плоские сплочные единицы 5 в сплочной машине 1 или в грузовой платформе 1 спускаются на воду по наклонному роликовому транспортеру и отправляются на формирование плота 6.

Если изготавливаемые плоские сплочные единицы 5, соответствуют конструкции (патент РФ № 2777674), то плот (патент РФ № 2804911), формируется согласно технологии описанной в источнике [8]. При условии, когда изготавливаемые плоские сплочные единицы 5 соответствуют конструкциям (патенты РФ № 210485 и № 2777676), то формирование плота (патент № 2811178), производится согласно технологии описанной в работе [9]. В данном случае следует отметить, что формирование плотов (линеек) для первоначального плотового сплава и формирование магистральных плотов на переформируемых рейдах должно выполняться таким образом, чтобы они соответствовали

техническим условиям и отвечали требованиям данного водного бассейна и потребителя.

Процесс формирования плота на базе усовершенствованных плоских сплоточных единиц по технологической схеме, изображенной на рисунке 1б, реализуется следующим образом. Плоская сплоточная единица 5 (патенты РФ № 2777674, № 210485 и № 2777676) изготавливается в сплоточной машине 1 или грузовой платформе 1. Затем данная плоская сплоточная единица 5 подъемно-транспортным агрегатом 7 извлекается из сплоточной машины 1 или грузовой платформы 1 и транспортируется к месту спуска в водоем (к наклонному роликовому транспортеру). С помощью подъемно-транспортного агрегата 7 плоская сплоточная единица 5 устанавливается на береговой секции 2 наклонного роликового транспортера так, чтобы ее торцевая сторона (торцы лесоматериалов) была направлена к водоему. Плоская сплоточная единица 5 скатывается по береговой секции 2 наклонного роликового транспортера, затем по его русловой секции 3. По мере передвижения плоской сплоточной единицы 5 по роликовому транспортеру она погружается в воду. В конце русловой секции 3 наклонного роликового транспортера плоская сплоточная единица 5 на глубине не менее своей осадки T за счет выталкивающей силы, которая действует на погруженную часть сплоточной единицы, устанавливается в горизонтальное плавучее состояние. Дальнейший процесс формирования плотов из усовершенствованных плоских сплоточных единиц в зависимости от их конструкции осуществляется по методикам, которые представлены в источниках [8, 9].

Процесс формирования плота на базе усовершенствованных плоских сплоточных единиц по технологической схеме, изображенной на рисунке 1в, реализуется следующим образом. Изготовление плоской сплоточной единицы 5 (патенты РФ № 2777674, № 210485 и № 2777676) осуществляется в грузовой платформе 8, которая установлена на транспортном средстве, на лесосеке (технологической стоянке, погрузочном пункте). Затем изготовленная плоская сплоточная единица 5 транспортируется на береговой склад к месту спуска в водоем (к наклонному роликовому транспортеру). Плоская сплоточная единица 5 выкатывается из грузовой платформы 8 на береговую секцию 2 наклонного роликового транспортера так, чтобы ее торцевая сторона (торцы лесоматериалов) была направлена к водоему. Это обеспечивает опирание плоской сплоточной единицы 5 на ролики и ее перемещение по наклонному роликовому транспортеру. Для данной технологической схемы дальнейший процесс формирования плота из усовершенствованных плоских сплоточных единиц аналогичен процессу, описанному для технологических схем, приведенных на рисунках 1а и 1б.

Рассмотренные технологические схемы формирования навигационных плотов на базе усовершенствованных плоских сплоточных единиц, являются энергоэффективными. Это связано с тем, что данные технологические схемы включают в себя современные решения по изготовлению и транспортировке усовершенствованных плоских сплоточных единиц, а также новый способ спуска сплоточных единиц в водоем, не требующий затрат энергии.

Список источников

1. Войтко П.Ф. Водные поставки древесного сырья на ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК» по реке Вычегда / П.Ф. Войтко, И.Г. Гайсин // Труды Поволжского государственного технологического университета. – 2013. – С. 137–144.
2. Войтко П.Ф. Совершенствование выгрузки плоских сплоточных единиц с воды на рейдах приплава / П.Ф. Войтко, И.Г. Гайсин // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2013. – № 1. – С. 28–33.
3. Митрофанов А.А. Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение: монография / А.А. Митрофанов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – 492 с.
4. Митрофанов А.А. Научное обоснование и разработка экологически безопасного плотового лесосплава / А.А. Митрофанов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 268 с.
5. Обоснование конструкции плоской сплоточной единицы для первоначального лесосплава / П.Ф. Войтко, Е.М. Царев, И.Г. Гайсин, М.М. Рощина // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2018. – № 6. – С. 88–94.
6. Овчинников М.М. Транспорт леса: В 2 т. Т. 2.: Лесосплав и судовые перевозки / М.М. Овчинников, В.П. Полищук, Г.В. Григорьев. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 208 с.
7. Папонов Н.Н. Водный транспорт леса / Н.Н. Папонов, С.И. Сушков. – Воронеж: ВГЛТУ, 2016. – 200 с.
8. Патент 2804911 РФ С1, МПК В63В35/62. Плот / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, В.В. Абрамов, Е.В. Поздняков (РФ). – Патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (RU). – № 2023114620; заявл. 02.06.2023; опубл. 09.10.2023. – Бюл. № 28. – 9 с.
9. Патент № 2811178 РФ С1, МПК В63В35/62. Плот / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, В.В. Абрамов, Е.В. Поздняков (РФ). – Патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (RU). – № 2023121796; заявл. 21.08.2023; опубл. 11.01.2024. – Бюл. № 2. – 9 с.
10. Патент 2803459 РФ С1, МПК В65G69/00. Способ спуска сплоточных единиц в водоем / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев (РФ). – Патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2022133702; заявл. 21.12.2022; опубл. 13.09.2023. – Бюл. № 26. – 7 с.

© Васильев В.В., Афоничев Д.Н., 2024

УДК 621.791

Коноплин Алексей Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра технического сервиса и технологии машиностроения, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: Kan_457@mail.ru

Чупахин Александр Викторович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: chup154@gmail.com

Беляев Иван Геннадьевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, обучающийся, Россия, Воронеж, e-mail: may.may.2018@mail.ru

Злыгостева Юлия Васильевна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, агроинженерный факультет, обучающийся, Россия, Воронеж, e-mail: ziulia_04@mail.ru

TIG-сварка: недостатки и преимущества

Аннотация. Рассмотрены особенности технологии TIG-сварки, специфика применения, устройство сварочного аппарата, описан сварочный процесс. Проанализированы преимущества и недостатки данной технологии.

Ключевые слова: ручная сварка, TIG-сварка, аргон, вольфрам, авиационная промышленность, цветные металлы.

Konoplin Alexey N.

Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Great, Department of Technical Service and Engineering Technology, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: Kan_457@mail.ru

Chupakhin Alexander V.

Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Great, Department of Operation of Transport and Technological Machines, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: chup154@gmail.com

Belyaev Ivan G.

Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Great, Department of Agricultural Engineering, student, Russia, Voronezh, e-mail: may.may.2018@mail.ru

Zlygosteva Ulia V.

Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Great, Department of Agricultural Engineering, student, Russia, Voronezh, e-mail: ziulia_04@mail.ru

TIG welding: disadvantages and advantages

Abstract. TIG welding is used to work with carbon and stainless steels, aluminum, copper, brass and other non-ferrous metals. The technology ensures high quality of the weld. There are no slags and splashes during operation, which eliminates the need to refine the connection. The article discusses the features of TIG welding technology, the specifics of the application, the device of the welding machine and describes the welding process. The advantages and disadvantages of the technology are considered separately.

Keywords: manual welding, TIG welding, argon, tungsten, aviation industry, non-ferrous metals.

Вопросы сварочных технологий для деталей, изготовленных из цветных металлов (алюминий, магний), испытывающих серьезные нагрузки, всегда будоражили умы инженеров. Для решения данной проблемы в начале 40-х годов 20-го века американский инженер Рассел Мередит изобрел горелку и разработал процесс сварки металлов неплавящимся электродом в среде защитного газа. Впервые эту технологию применили в самолетостроении, но впоследствии её начали использовать для соединения алюминиевых, титановых заготовок, конструктивных элементов из легированных сталей и т.д. Что существенно облегчает ремонт потрескавшихся автомобильных составляющих: радиаторов, поддонов картера и т. п.

Ручная аргоновая сварка TIG (аргоно-дуговая) осуществляется с использованием неплавящихся вольфрамовых электродов. В качестве защитной среды обычно применяется аргон.

Использование данного металла для изготовления электродов обусловлено более высокой температурой плавления – 3422°C, что намного больше температуры плавления различных металлов, свариваемых по такой технологии. Кроме того, вольфрам обладает высокой электропроводимостью и долго сохраняет свою форму [2].

Для повышения качества сварных швов и для улучшения их свойств вольфрамовые электроды легируют различными элементами [4]. Обычно применяются следующие виды электродов: электрод из чистого вольфрама (зеленого цвета), электроды с добавлением тория (желтого, красного и фиолетового цвета), электроды с добавлением лантана (черного, золотого и синего цвета), электроды с добавлением церия (серого цвета), электроды с добавлением циркония (белого и коричневого цвета), электроды с добавлением церия и лантана (розового цвета).

В горелку TIG подаётся инертный защитный газ, чтобы защитить сварочную ванну от загрязнения, пока ток подаётся на сварочную дугу. Поток защитного газа необходим для защиты расплавленного металла от атмосферных газов. В качестве защитного газа обычно используется аргон. Смеси аргона с водородом или гелием применяются для изменения скорости сварки или глубины проплавления свариваемого металла.

Сварочная горелка TIG имеет несколько видов в зависимости от области применения:

1) горелки TIG с воздушным охлаждением имеют только один вход для газа и более склонны к перегреву, в отличие от горелок TIG с водяным охлаждением. В основном эти горелки используются для обработки тонкостенных металлов и небольших конструкций;

2) горелки TIG с водяным охлаждением имеют вход для газа, а также вход и выход для водопроводов. Это преимущественно для крупных конструкций, требующих быстрого охлаждения. Однако они дороже на порядок, поскольку необходимо установить систему охлаждения воды.

При выполнении сварки можно переключаться между источником питания переменного тока (AC) и постоянным током (DC) в зависимости от типа материала и желаемой мощности сварки [1]. Источник тока при газовой вольфрамовой дуговой сварке должен быть переменным или постоянным. Это обеспечивает стабильное и равномерное поступление тепла.

Существует три варианта сварочного тока, каждый из которых имеет свою специфику применения:

1) при сварке переменным током поддерживается температура без перегрева основного материала. Обычно переменный ток применяется для сварки алюминия и магния;

2) отрицательный электрод позволяет более точно рассчитать энергию, потребляемую при сварке. Такую полярность применяют для сварки большинства металлов, кроме алюминия и магния;

3) положительный электрод практически не используется при сварке TIG, поскольку ток течёт к электроду, заставляя его скатываться из-за быстрого подвода тепла. Единственным плюсом DCEP является наличие «очищающего действия», при котором оксиды на поверхности сварочной ванны придают блестящий вид.

Ещё одним фактором, который следует учитывать, является применяемая частота переменного тока. Более низкие частоты создают более широкий шов с приличным проплавлением, тогда как более высокие частоты обеспечивают больший контроль и проплавление в области сварного шва [3].

Сварку TIG иногда путают со сваркой MIG. Несмотря на то, что они имеют сходство, есть и некоторые ключевые различия, на которые следует обратить внимание.

Основное различие между процессами сварки MIG и TIG заключается в том, что при сварке TIG используется неплавящийся электрод и дополнительно вносимый в зону сварки присадочный материал. В то время как MIG сварка, использует в качестве электрода

расплавляемую проволоку, автоматически подающуюся в сварочную горелку [5].

Сварка неплавящимся электродом наиболее часто применяется при сварке трубчатых конструкций или конструкций из тонколистовых материалов. Это связано с более низким нагревом, которое сохраняет микроструктуру металлов. В случае сварки толстых материалов, предпочтительнее сварка MIG. Учитывая его более низкую стоимость по сравнению с другими сварочными процессами и высокую степень автоматизации процесса многие предприятия используют MIG сварку для массового производства.

Шов, полученный TIG сваркой обычно требует только легкой полировки. Следовательно, по сравнению со швами, полученными MIG сваркой сокращается время на зачистку шва и шов имеет лучший внешний вид. Поэтому такой способ сварки предпочтителен для неокрашенных деталей, деталей из нержавеющей стали или алюминия. Это не означает, что сварные швы MIG не могут быть настолько эстетичными, но сварные швы MIG довольно часто окрашиваются для улучшения внешнего вида.

Использование присадочного металла при сварке TIG не является обязательным. При подаче присадочных стержней в сварочную ванну у сварщиков TIG задействованы обе руки, а также требуется педалью управлять подачей тепла. То есть TIG сварка является менее автоматизированной чем MIG[5].

На рисунках 1 и 2 показано устройство сварочного аппарата и процесс сварки TIG.

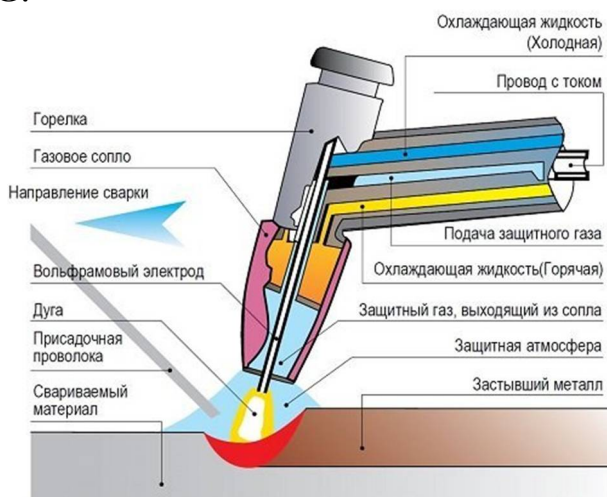


Рис. 1. Принцип работы аргонодуговой сварки

Сварка TIG является процессом, который требует более строгого выполнения, чем дуговая сварка, поскольку она позволяет оператору более точно контролировать температуру и скорость сварки.

В процессе сварки необходимо контролировать передний угол, чтобы предотвратить образование воздушных карманов в сварочной ванне.

Для лучшего управления процесса необходимо сохранять короткую длину дуги. Чем больше длина дуги, тем больше она будет расширяться.

Постоянная скорость перемещения горелки является основным фактором получения шва одинаковой ширины. Повышение скорости перемещения горелки приведет к сужению сварного шва.



Рис. 2. Процесс аргонодуговой сварки

Диаметр прутка присадочного материала и скорость введения его в зону сварки определяет сварщик. Если в процессе работы изменилась форма кончика вольфрамового электрода из-за эрозии, то её необходимо заточить на шлифовальном круге.

Сварка неплавящимся электродом – это не просто процесс «подключи и работай». Основным отличием сварочного аппарата TIG от других является наличие множества регулируемых функций, таких как сила тока, количество импульсов, выход переменного или постоянного тока и поток инертного газа. Благодаря всем этим настраиваемым функциям процесс сварки TIG весьма универсален.

Следовательно, TIG сварка обладает следующими преимуществами.

1. Сваривание большого количества различных металлов и сплавов.
2. Большое количество настраиваемых параметров позволяет подобрать режим работы для конкретной операции.
3. Сваривание металлов различной толщины в конструкциях любой сложности.
4. Высокая стабильность процесса сварки позволяет получать высококачественные швы.
5. В этом процессе газовой дуговой сварки используются безопасные газы, в результате чего образуется меньше дефектов сварного шва и снижаются требования к ТБ.
6. Сварку TIG можно выполнять под неудобными углами. Примером может служить его применение при сварке выступов, где сварочная горелка должна находиться в определенном положении.
7. Заготовку легко рассмотреть, поскольку защитный газ бесцветен и образует минимальное количество дыма.

Но также данный процесс обладает и определёнными недостатками.

1. TIG сварка требует оператора высокой квалификации.
2. Скорость получения шва заметно медленнее, чем при использовании MIG сварки.
3. Применение неправильной полярности резко снижает качество шва.
4. Перегрев сварного шва сильно снижает качество шва и ухудшает структуру металла.
5. Требуется высокая стабильность подачи защитного газа.
6. Стоимость оборудования и инертного газа гораздо выше стоимости оборудования и материалов применяемых при MIG сварке.

На основании всего выше сказанного мы можем сделать вывод, что сварка TIG (лигированно-инертная газовая сварка) является одним из наиболее точных и качественных способов сварки металлов. Она позволяет получить прочные и долговечные сварные соединения без лишних дефектов. Данный метод особенно хорошо подходит для сварки алюминиевых деталей, так как обеспечивает высокую степень точности и контроля нагревания детали.

Однако, для различных типов металлов требуются различные подходы при использовании технологии TIG. Например, для сварки нержавеющей стали необходимо использовать аппарат постоянного тока, а для хромомолибденовых материалов и никелевых сплавов – защитные газы для обеспечения безопасного и эффективного процесса сварки.

В целом же, сварка TIG обладает рядом преимуществ, среди которых качественные сварные швы, сохранение механических свойств материала и возможность работать с различными типами металлов. Но для достижения оптимальных результатов необходимо учитывать особенности каждого материала и следовать технологическим рекомендациям для конкретного вида сварки.

Список источников

1. Гаспарян В.Х. Технология электросварочных и газосварочных работ: учебное пособие / В.Х. Гаспарян. – Ростов н/Д.: Феникс, 2017. – 334 с.
2. Овчинников В.В. Современные виды сварки: учебное пособие для учреждений СПО / В.В. Овчинников. – 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2014. – 208 с.
3. Чернышов, Г.Г. Сварочное дело: сварка и резка металлов: учебник / Г.Г. Чернышов. – 9-е изд., стер. – М.: Академия, 2015. – 496 с.
4. Юхин Н.А. Выбор сварочного электрода: учебно-справочное пособие / Н.А. Юхин, И. Н. Ворновицкий. – М.: Соуэло, 2008. – 72 с.
5. Юхин Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG): учебное пособие / Н.А. Юхин. – М.: Соуэло, 2016. – 73 с.

УДК 631.3.072

Кузнецов Алексей Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: kuz-basss@yandex.ru

Определение рационального числа шариков в одном канале шарикового дифференциала

Аннотация. В статье описана методика расчёта наиболее рационального числа шариков в каналах шарикового дифференциала, которая позволяет снижать ударные нагрузки в конструкции дифференциала при старте автотракторной техники.

Ключевые слова: дифференциал шариковый, расчет конструкции, оптимизация работы.

Kuznetsov Alexey N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: kuz-basss@yandex.ru

Determination of the rational number of balls in one channel of the ball differential

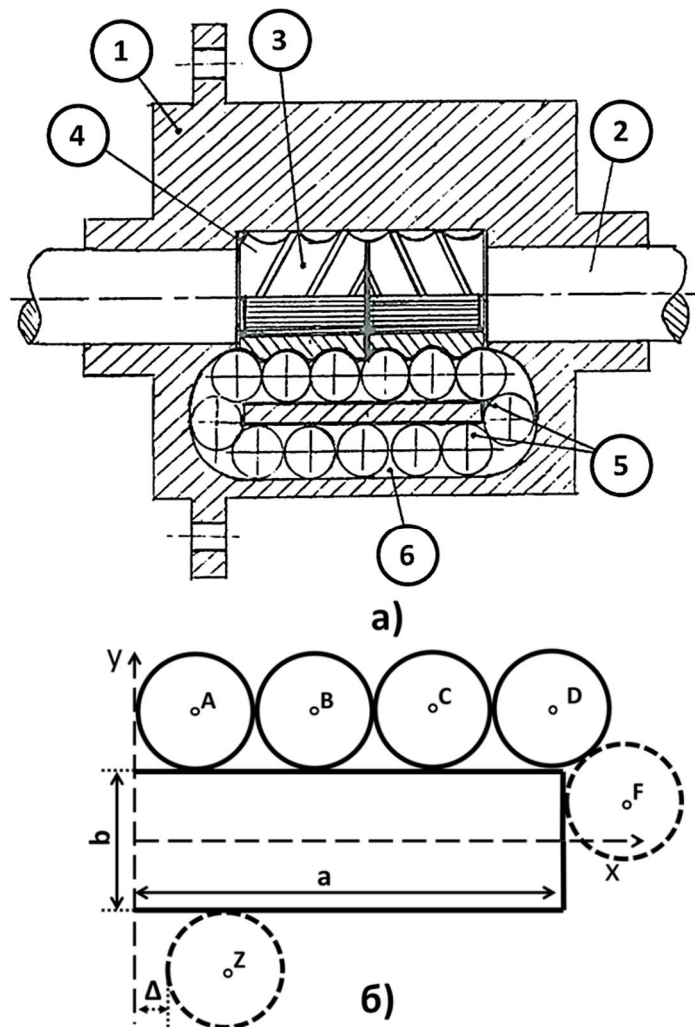
Abstract. The article describes a method for calculating the most rational number of balls in the channels of a ball differential, which allows reducing shock loads in the differential design at the start of automotive equipment.

Keywords: ball differential, design calculation, operation optimization.

На комфортабельность эксплуатации автотракторной техники в значительной степени оказывает влияние число различных современных технических решений, использованных в его конструкции [1, 3]. Но в настоящее время эксплуатация любого типа автомобилей является практически невозможной при отсутствии или неправильной работе дифференциала ведущего моста. Одной из наиболее перспективных конструкций дифференциалов являются шариковые [4]. Но в настоящее время отсутствуют проработанные методики для определения параметров подобных дифференциалов.

В общих чертах работа дифференциала поясняется рисунком 1а. При прямолинейном движении по хорошей дороге вращение от ведущей звёздочки главной передачи передаётся на корпус 1. От него через шарики 5 контактирующие с винтовыми канавками 4 полуосевых элементов 3 (шнеков), передаётся на полуоси 2 автомобиля и далее на ведущие колеса, обеспечивая им одинаковую угловую скорость.

Вначале движения между телами качения в канале, образованном крышками и корпусом дифференциала имеется зазор Δ , как показано на рисунке 1б.



1 – корпус дифференциала; 2 – полуоси; 3 – шнеки; 4 – винтовые канавки шнеков;
5 – шарики; 6 – полость канала

Рис. 1. Общее устройство шарикового дифференциала (а) и исходные параметры расчёта (б)

При использовании шарикового дифференциала, во время старта автомобиля происходит выталкивание полуосевыми элементами (шнеками) шариков до их смыкания в канале, и после этого начинается передача крутящего момента от корпуса дифференциала к полуосям. В момент соударения шариков при «замыкании» дифференциала они и все элементы трансмиссии испытывают значительные перегрузки, что может вызвать быстрое разрушение шариков.

Это означает, от величины максимального зазора между шариками в одном канале дифференциала во многом зависят его надежность и долговечность. То есть, чем ниже этот зазор Δ (рис. 1б), тем меньшую

скорость при включении сцепления успеваеt набрать вторичный вал КПШ, и, соответственно, значительно ниже ударные нагрузки на дифференциал.

Следовательно, задачей нашего исследования являлось подобрать такое количество шариков нужного диаметра, чтобы этот зазор Δ был минимальным. В силу значительной громоздкости вычислений мы опускаем предварительные расчёты, обосновывающие выбор максимального и минимального значения диаметра шариков. Эти расчеты основаны на ограничениях по габаритам дифференциала, и максимальным напряжениям, действующим на один шарик.

Принятые в качестве исходных данных длина и ширина канала обоснованы габаритными значениям серийного дифференциала автомобиля КамАЗ-6520 и соответственно равны $a = 80$ мм, $b = 30$ мм (рис. 1б). Значение радиуса шариков должно лежать между значениями от 3 мм до 10 мм.

Чтобы определить, зависимость величины зазора от диаметра шариков, необходимо посчитать координаты центров всех шариков (A, B, C, D, F..., Z) и итоговый зазор для разных значений центров.

При расчёте предполагаем, что шарики в канале расположены симметрично и для отрицательной полуплоскости по оси X. То есть параметр a – это лишь половина от длины канала.

Первый этап расчёта не вызывает сложностей, так как расположение центров шариков лежащих на верхней грани каналов (для рис. 1б – это точки A, B, C и D) рассчитывается по тривиальным геометрическим зависимостям. Для определения положения точки F, необходимо задаться параметром c – расстоянием от центра предыдущего шарика до конца грани, на которой располагался предыдущий шарик (рис. 2а).

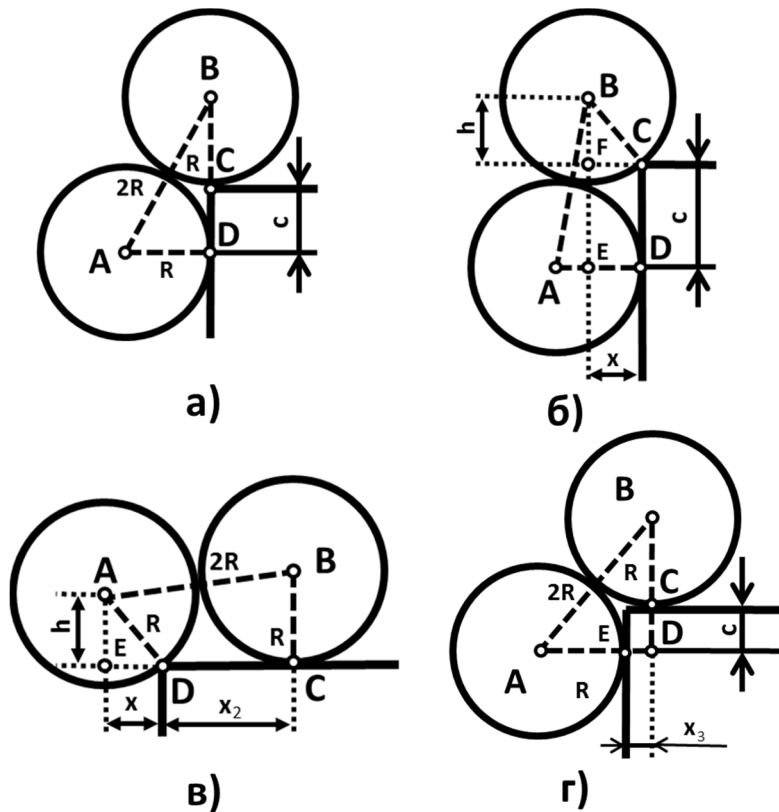
На рисунке представлено положение шарика, перешедшего на следующую грань, и касающегося её в точке, расположенной на ребре. Параметр c при этом находится в жесткой взаимосвязи от R . Так как точки A, B и D, образуют прямоугольный треугольник с гипотенузой $AB=2R$ и катетом $AD=R$, угол $DAB=60^\circ$, следовательно

$$c = (\sqrt{3} - 1)R. \quad (1)$$

Теперь рассмотрим два случая, при которых этот параметр меньше или больше данного значения.

1. Если $c \geq (\sqrt{3} - 1)R$, то справедлива схема, представленная на рисунке 2б.

Для данной схемы необходимо определить значения параметров x – расстояние от центра исследуемого шарика до плоскости предыдущей грани и h – расстояние от центра исследуемого шарика до плоскости новой грани канала.



а – определение переходного условия; б – расчетная схема при $c \geq (\sqrt{3} - 1)R$;
 в – схема для определения положения шарика следующего за «переходным»;
 г – расчетная схема при $c \leq (\sqrt{3} - 1)R$

Рис. 2. Расчётные схемы к определению параметров положения шариков в канале

Здесь справедливы следующие соотношения:

$$\begin{cases} R^2 - x^2 = h^2; \\ (2R)^2 - (R - x)^2 = (h + c)^2. \end{cases} \quad (2)$$

Избавление от одной из переменных в данной системе даёт следующее квадратное уравнение:

$$\left[\left(\frac{R}{c} \right)^2 + 1 \right] \cdot x^2 + 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot R^2 - c^2}{2c} \right) \cdot \left(\frac{R}{c} \right) \cdot x + \left[\left(\frac{2 \cdot R^2 - c^2}{2c} \right)^2 - R^2 \right] = 0. \quad (3)$$

Решение данной системы после значительных упрощений и отброса отрицательного значения (бессмысленного для рассматриваемой физической задачи) представлено ниже:

$$x = \frac{-2 \cdot R^3 + R \cdot c^2 + c^2 \cdot \sqrt{8R^2 - c^2}}{2(R^2 + c^2)}. \quad (4)$$

Параметр h находится из исходной системы (2)

$$h = \sqrt{R^2 - x^2} \quad (5)$$

Следует заметить, что нахождение положения центра следующего шарика значительно проще. Схема для расчёта представлена на рисунке 2в.

Из представленной схемы видно, что

$$x_2 = \sqrt{3R^2 + 2 \cdot h \cdot R - h^2} - x. \quad (6)$$

2. Если $c \leq (\sqrt{3} - 1)R$, то справедлива, расчётная схема, представленная на рисунке 2г.

Для данной схемы параметр x_3 равен

$$x_3 = \sqrt{3R^2 - 2 \cdot c \cdot R - c^2} - R. \quad (7)$$

Для нахождения матрицы, содержащей координаты положений центров всех шариков, которые возможно уместить в канал, был написан алгоритм в среде разработки Visual Studio 2017 на языке программирования Си. Значения радиусов R выбирались от 3 до 10 мм, с шагом 0,2 мм. Всего рассчитывалось 35 итераций, с сохранением результатов в файлы на дисках ПК.

Далее в пакете MathCad 15 были обработаны результаты, полученные ранее, и была построена матрица соответствия максимального зазора между шариками их диаметрам (рис. 3).

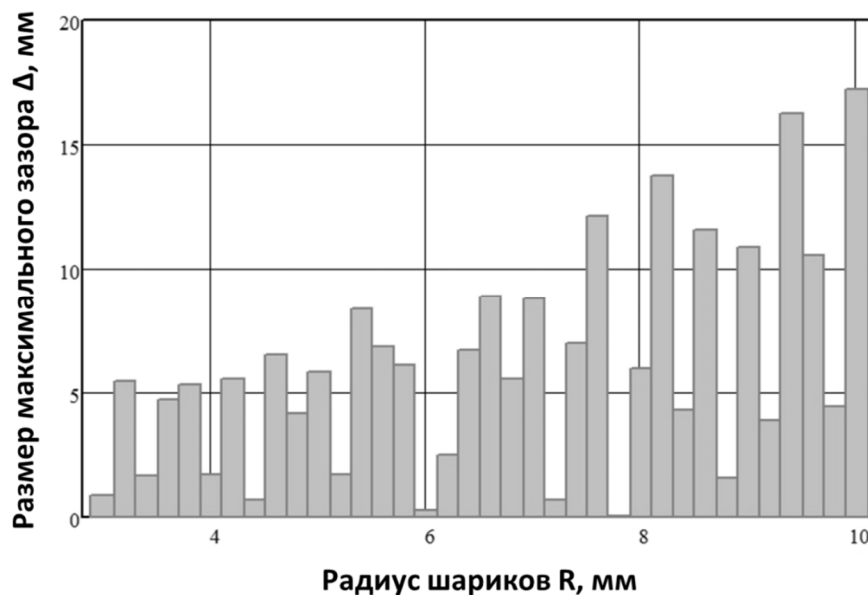


Рис. 3. Гистограмма зависимости максимального зазора между шариками от радиуса

Для входных параметров минимум зазора обеспечивается при значении радиуса $R = 7,8$ мм. При симметричном расположении шариков в обоих плечах канала, внутрь канала уместается равно 27 шариков, при этом зазор составляет 0,27 мм. При наличии 6 каналов общее количество шариков в дифференциале составляет 162.

Список источников

1. Влияние конструктивных параметров дифференциала на эксплуатационные свойства автомобиля / А.Н. Кузнецов, А.А. Заболотная, Е.А. Кондобарова, А.В. Авдеев // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы национальной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 36-39.

2. Григорьев Е.А. Конструкции современных дифференциалов и их влияние на проходимость автомобилей / Е.А. Григорьев, А.Н. Кузнецов // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 72-й национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов. – ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – Ч. I. – С. 117-121.

3. Солдатов Е.Г. Роль дифференциала в работе автомобиля / Е.Г. Солдатов, А.Н. Кузнецов // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 74-й национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – Ч. VI. – С. 366-369.

4. Пат. на изобретение № 2319875 РФ, МПК F16H 48/20 (2006.01). Самоблокирующийся дифференциал транспортного средства / В.Н. Красиков; заявитель и патентообладатель Красиков Валерий Николаевич. – 2005137272/11; заявл. 30.11.2005; опубл. 20.03.2008, Бюл. №8. – 9 с.

© Кузнецов А.Н., 2024

УДК 004.896

Новиков Алексей Евгеньевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, старший преподаватель, Россия, Воронеж, e-mail: novikov-alexey1@yandex.ru

Заболотная Алла Александровна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, старший преподаватель, Россия, Воронеж, e-mail: allavolod@yandex.ru

Перспективы применения технологий искусственного интеллекта в машиностроении

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы внедрения и последующего применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в отрасли машиностроения, возможные преимущества и недостатки включения алгоритмов ИИ в процессы разработки, проектирования и производства машин и оборудования.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машиностроение, производство, конструирование.

Novikov Alexey E.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Department of Applied Mechanics, Senior lecturer, Russia, Voronezh,
e-mail: novikov-alexey1@yandex.ru

Zabolotnaya Alla A.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Department of Applied Mechanics, Senior lecturer, Russia, Voronezh,
e-mail: allavolod@yandex.ru

Prospects for the application of artificial intelligence technologies in mechanical engineering

Abstract. The article discusses the prospects for the introduction and subsequent application of artificial intelligence (AI) technologies in the mechanical engineering industry, the possible advantages and disadvantages of including AI algorithms in the development, design and production of machinery and equipment.

Keywords: artificial intelligence, mechanical engineering, manufacturing, design.

Машиностроение – одна из ключевых отраслей промышленности, которая играет важную роль в развитии экономики и технологического прогресса. В последние годы внедрение технологий искусственного интеллекта в эту сферу стало особенно актуальным, открывая новые возможности для повышения эффективности, качества и безопасности производства. Однако вопрос повсеместного внедрения современных технологий является не таким однозначным, как может показаться на первый взгляд.

Основные направления использования ИИ в машиностроении:

1. Автоматизация процессов. Искусственный интеллект дает возможность автоматизировать многие задачи, такие как контроль качества, мониторинг производственных линий и управление складскими запасами. Это снижает вероятность ошибок и увеличивает производительность.

2. Оптимизация производства. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать большие объемы данных о производственных процессах и предлагать оптимальные решения для повышения эффективности. Например, ИИ может помочь в оптимизации логистики и планировании производственных циклов.

3. Диагностика и обслуживание оборудования. Системы ИИ могут анализировать данные с датчиков и предсказывать возможные поломки оборудования, что позволяет проводить профилактическое обслуживание и минимизировать простои.

4. Разработка новых продуктов. ИИ используется для создания новых моделей и прототипов, что ускоряет процесс разработки и улучшает качество продукции.

5. Безопасность на производстве. Системы компьютерного зрения и машинного обучения могут обнаруживать опасные ситуации на производстве, такие как пожары, утечки и другие инциденты, что помогает предотвратить аварии и травмы.

Основными преимуществами использования искусственного интеллекта в машиностроении являются:

1. Повышение производительности за счет автоматизации рутинных задач, что позволит сотрудникам сосредоточиться на более сложных и творческих задачах.

2. Снижение затрат при оптимизации производственных процессов.

3. Улучшение качества продукции ввиду возможности реализации постоянного мониторинга и анализа данных, что позволит выпускать продукцию более высокого качества.

4. Повышение безопасности на производстве за счет оперативного обнаружения и предотвращения аварийных ситуаций [2].

Минусы включения алгоритмов искусственного интеллекта в процессы производства машин и оборудования являются общими для всех отраслей, где сейчас происходит активное внедрение ИИ и машинного обучения:

1. Отсутствие совместимости между различными продуктами и стандартов, регламентирующих внедрение ИИ, что в будущем может привести к проблемам в стандартизации и взаимодействии различного оборудования, особенно от разных производителей.

2. Сокращение рабочих мест ввиду оптимизации отдельных процессов или даже производственных линий.

3. Необходимость тотального контроля над действиями ИИ ввиду его возможности к обучению и самостоятельному принятию решений.

4. Повышение требований к защите информации и персональных данных.

Довольно большое количество как преимуществ, так и недостатков говорит о необходимости тщательного рассмотрения необходимости использования ИИ в тех или иных процессах производства [1].

В отечественном производстве достаточно успешных примеров внедрения технологий искусственного интеллекта. Например, ПАО «КАМАЗ» – крупнейший российский производитель грузовой техники использует технологии ИИ для анализа данных о выполнении производственных операций и последующего более эффективного распределения рабочих ресурсов с целью повышения производительности труда.

Государственная корпорация «Ростех» применяет искусственный интеллект для оптимизации производственных процессов и управления качеством продукции. В частности выполняется анализ наработки

различного оборудования для прогнозирования сроков его эксплуатации и возникновения возможных отказов.

Зарубежные компании также активно осваивают современные технологии, в том числе машинное обучение и внедрение ИИ. Так, компания Siemens использует искусственный интеллект для выполнения сложных задач в области автоматизации, робототехники, инспекции качества и обслуживания, что позволяет ускорить выполнение задач на производстве, снизить затраты и форсировать вывод продуктов на рынок.

Автопроизводитель Toyota применяет технологии компьютерного зрения для контроля качества сборки автомобилей. Система способна отслеживать качество работы сотрудника без участия супервайзера. Кроме того, сотрудники, за которыми следит система, будут получать уведомление о правильности сборки узлов. Для расширения возможностей дизайнеров транспортных средств в компании используют генеративный искусственный интеллект, который в процессе проектирования нового автомобиля позволяет учесть различные инженерные ограничения (рис. 1).

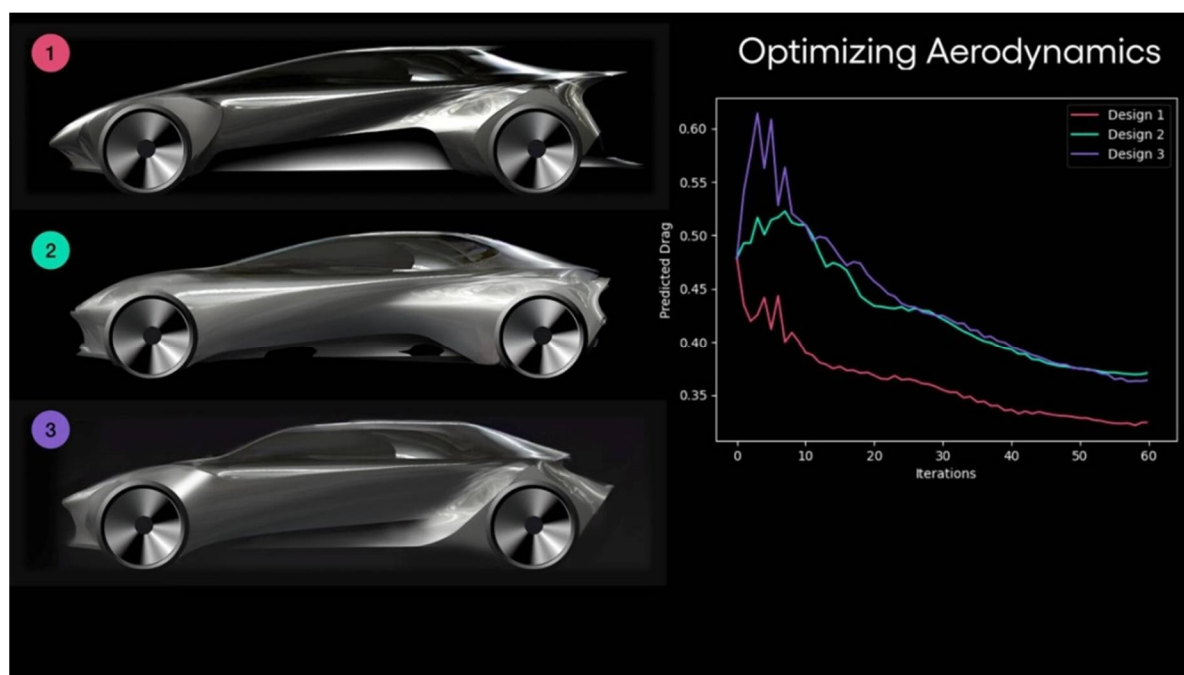


Рис. 1. Возможные варианты дизайна кузова автомобиля с учетом аэродинамического сопротивления

Компания General Electric применяет оснащённую ИИ платформу Predix для слежения за работой оборудования, которое компания поставляет клиентам. Predix собирает и анализирует огромный объём данных, по которым можно понять, исправно и функционирует ли оборудование. Анализ позволяет производителю выявлять причины неэффективности систем, о которых он не мог узнать раньше.

Технологии искусственного интеллекта открывают новые горизонты для машиностроения, способствуя повышению эффективности, качества и безопасности производства. Внедрение ИИ становится неотъемлемой частью стратегии развития современных предприятий, стремящихся оставаться конкурентоспособными на рынке. Однако, для успешного внедрения подобных технологий необходима обширная подготовительная база, обученный высококвалифицированный персонал, а так же решение вопросов этики и права, связанные с использованием данных и защитой конфиденциальности [3].

Таким образом, применение технологий искусственного интеллекта в машиностроении дает широкие возможности для создания новых высококачественных продуктов, и может вывести отрасль на совершенно другой уровень качества и ресурсосбережения. Однако ввиду большого числа все еще не решенных проблем и ограничений к резкому и полномасштабному использованию ИИ как в машиностроении, так и в других областях стоит подходить с осторожностью.

Список источников

1. Водин Д.В. Применение искусственного интеллекта и его преимущества и недостатки в век цифровых технологий / Д.В. Водин, Т.В. Мешкова // Исследования молодых ученых: матер. XLVI междунар. науч. конф. – Казань: Молодой ученый, 2022. – С. 1-7.

2. Ефимушкин В.А. Искусственный интеллект в цифровой трансформации промышленности / В.А. Ефимушкин, Т.В. Ледовских, А.В. Чукарин // Цифровая трансформация. Связь будущего: матер. XXVIII междунар. форума МАС' 2024. – М.: Государственный университет просвещения, 2024. – С. 119-131.

3. Черепанов Н.В. Проблемы и задачи развития искусственного интеллекта на машиностроительном предприятии / Н.В. Черепанов, С.П. Буслаев // Инновации и инвестиции. – М.: НПО им. С.А. Лавочкина, 2021. – № 7. – С. 175-179.

© Новиков А.Е., Заболотная А.А., 2024

УДК 621.791.927

Чупахин Александр Викторович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: chup154@gmail.com

Трухачев Павел Юрьевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, магистр, Россия, Воронеж, e-mail: Paveltruhacev01@yandex.ru

Титова Ирина Вячеславовна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: titovair@yandex.ru

Коноплин Алексей Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: kan_457@mail.ru

Особенности технологии восстановления направляющих втулок клапанов гильзованием

Аннотация. В данной статье дан анализ основных способов восстановления направляющих втулок клапанов, рассмотрены их преимущества и недостатки, обоснован выбор наиболее рациональной технологии восстановления по технико-экономическому критерию.

Ключевые слова: направляющая втулка клапана, способ восстановления, бронзовые разрезные втулки, гильзование.

Chupakhin Alexander V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of operation of transport and technological machines, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: chup154@gmail.com

Truhachev Pavel Y.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of operation of transport and technological machines, magistr, Russia, Voronezh, e-mail: Paveltruhacev01@yandex.ru

Titova Irina V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of operation of transport and technological machines, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: titovair@yandex.ru

Konoplin Alexey N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,

Department of operation of transport and technological machines, Associate Professor,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,

e-mail: kan_457@mail.ru

Features of the technology of restoration of valve guide bushings by sleeving

Abstract. This article provides an analysis of the main methods of restoring valve guide bushings, considers their advantages and disadvantages, and substantiates the choice of the most rational restoration technology based on technical and economic criteria.

Keywords: valve guide bushing, restoration method, bronze split bushings, sleeving.

В процессе эксплуатации автотракторных двигателей велика вероятность появления отказов деталей газораспределительного механизма. В частности это связано с износом направляющих втулок клапана. Втулки постоянно испытывают нагрузки трением. При износе кулачка, рокера или коромысла возникают боковые усилия, действующие на стержень клапана, что приводит к интенсивному изнашиванию сопряжения клапана и гнезда. Когда направляющие имеют большой износ, то двигатель начинает расходовать масло и появляется повышенный шум клапанного механизма. При ремонте головок блока цилиндров двигателей одной из ответственных и трудоемких операций является восстановление направляющих втулок клапанов.

Для обеспечения герметичности сопряжения клапана и клапанного гнезда необходимо обеспечить их соосность относительно центральной оси направляющей втулки. Если втулка изношена, то это может послужить причиной неправильной ориентации фаски клапана относительно клапанного гнезда. Конструкции головок блока цилиндров могут быть выполнены со сменными направляющими втулками, которые сопрягаются со стержнями клапанов, а также может стержень клапана перемещаться непосредственно в отверстии головки блока без дополнительной втулки. Обычно перед восстановлением сопряжения клапана и клапанного гнезда необходимо обеспечить правильную посадку стержня клапана в отверстии направляющей втулки или головки блока.

Как показывает практика, втулки выпускных клапанов имеют большую величину износа по сравнению с втулками впускных клапанов. Это в свою очередь обусловлено более сильным температурным воздействием со стороны выпускного тракта [1].

Что касается характера износа внутренней поверхности втулки клапана, то в горизонтальной плоскости форма отверстия становится овальной, причем большая ось его будет лежать в плоскости вращения кулачка распределительного вала. Износ по высоте имеет седлообразный вид. В отдельных случаях можно наблюдать смещение центра втулки

относительно отверстия в головке блока. Обычно это происходит после запрессовки новой втулки в процессе ее развертывания под необходимый размер, когда инструмент неправильно отцентрирован. При дальнейшей обработки клапанного гнезда это приведет к неравномерности ширины и конфигурации его фасок. Это приведет к ухудшению теплоотвода, прогоранию клапана и его гнезда, а также вызовет повышенный износ стержня и торца клапана.

Зачастую причинами вышеперечисленных дефектов могут быть низкое качество поставляемых в продажу запасных частей, как отечественного, так и импортного производства. Выпускаемые в качестве запасных частей направляющие втулки могут быть, как номинального, так и ремонтного размеров. Причем ремонтные размеры могут быть установлены производителем, как по внутренней поверхности, для сопряжения со стержнем клапана, так и по наружной поверхности, для сопряжения с отверстием в головке блока.

Обычно износ внутренней поверхности втулки при естественном изнашивании не превышает 0,15 мм. В последнее время очень часто отмечаются случаи, когда головки блока поступают на ремонтные предприятия с гораздо большей величиной износа. По наружному диаметру направляющая втулка посажена в отверстие головки блока с натягом, величиной 0,03...0,06 мм. При многократной замене втулок в процессе ремонта посадка ослабляется. Это обычно вызывает необходимость применения втулки ремонтного размера по ее наружному диаметру. В процессе изнашивания внутренней поверхности втулки и стержня клапана увеличивается зазор в их сопряжении. Если величина зазора не превышает 0,2 мм, применяют втулку ремонтного размера для внутренней ее поверхности, уменьшенного на 0,05 мм в диаметре.

Непосредственно сама операция замены направляющей втулки довольно сложна в технологическом плане, особенно если втулка изготовлена из металлокерамического сплава, который обладает повышенной хрупкостью. Поэтому при запрессовке новых металлокерамических втулок очень важно обеспечить плавное равномерное приложение усилия к запрессовываемой детали и правильно подобрать размеры деталей сопряжения. В тех случаях, когда изготовление ремонтной втулки невозможно или затруднительно, или, когда после неоднократной замены втулки в отверстии головки на поверхности появляются значительные риски и повреждения, можно для герметизации соединяемых деталей применять анаэробные герметики. Главное условие их применения это их устойчивость к высоким температурам. В противном случае возможно попадание масла в камеру сгорания через зазор между втулкой и отверстием головки блока цилиндров.

Обычно при использовании ремонтной направляющей втулки отверстие в головке блока обрабатывают до выведения следов износа, а наружный диаметр втулки обрабатывают до получения необходимого натяга в сопряжении.

Также известна технология [2] применения бронзовых разрезных втулок. В этом случае разрезную бронзовую втулку запрессовывают в предварительно обработанное внутреннее отверстие изношенной втулки, не удаляя последнюю. Данная технология имеет, как положительные, так и отрицательные моменты. С одной стороны технологическая простота ремонта и экономия, а с другой – низкий ресурс данного сопряжения, недостаточный теплоотвод, возможное нарушение геометрии рабочей поверхности по причине несоответствия размеров.

Для восстановления сопряжения «стержень клапана - внутренняя поверхность направляющей втулки» применяются следующие методы [1]:

1. Пластическое деформирование металла направляющей втулки. Выполняется путем обработки внутренней поверхности роликом из твердого материала. При этом происходит уменьшение внутреннего диаметра втулки, образуется спиральная канавка, которая способствует увеличению смазки в сопряжении, а значит, снижается вероятность попадания масла в камеру сгорания. При этом также увеличивается ресурс сопряжения за счет упрочнения поверхности пластическим деформированием (наклепом). Недостатком данного способа является, то, что его применение возможно только для втулок, изготовленных из материалов с повышенными пластическими свойствами.

2. Гильзование направляющих клапанов бронзовыми разрезными втулками. Данная технология является относительно менее трудоемкой и сложной по сравнению с другими возможными, но в данном случае отмечается некоторое снижение ресурса направляющей втулки, так как бронзовая разрезная втулка имеет более высокую скорость изнашивания особенно в сравнении с металлокерамикой.

3. Замена направляющей втулки. Применение данного способа возможно только для сменных втулок, а это создает ограниченность его применения для различных конструктивных исполнений элементов газораспределения в головке блока цилиндров. Особенности трудности возникают при выпрессовке и запрессовке металлокерамических направляющих втулок клапанов, так как они достаточно хрупкие.

4. Восстановление гальваническим нанесением покрытием никель-фосфор-медь покрытий (Ni-P-Cu). Данный способ позволяет одновременно восстанавливать партию из нескольких втулок, но его применение ограничивает низкая сцепляемость электролитических покрытий с основным металлом, а также трудоемкость и энергоемкость процесса.

Обоснование применения технологии восстановления производим по минимуму соотношения себестоимости восстановления к ресурсу. Данное соотношение представляет собой технико-экономический критерий, значение которого для наиболее рациональной технологии восстановления будет минимальным [3]

$$\frac{C_e}{k_d} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где C_e – себестоимость восстановления изношенной поверхности втулки, руб.;

k_d – коэффициент долговечности.

Определим себестоимость восстановления из выражения [4]:

$$C_e = S \cdot C_{y\partial}, \quad (2)$$

где S – площадь поверхности втулки, м²;

$C_{y\partial}$ – удельная себестоимость восстановления, руб./м².

Площадь поверхности втулки составит

$$S = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h, \quad (3)$$

где R – радиус втулки, мм;

h – высота втулки, мм.

$$S = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,012 \cdot 0,12 = 0,009 \text{ м}^2.$$

Определим значения себестоимости восстановления единицы площади изношенной поверхности направляющей втулки стержня клапана для всех из возможных способов [5]:

1. Пластическое деформирование – $C_{y\partial} = 4000$ руб./м², $k_d = 0,9$,

$$C_e = 0,009 \cdot 4000 = 36 \text{ руб.}, \quad \frac{C_e}{k_d} = \frac{36}{0,9} = 40.$$

2. Замена направляющей втулки – $C_{y\partial} = 3500$ руб./м², $k_d = 0,8$,

$$C_e = 0,009 \cdot 3500 = 31,5 \text{ руб.}, \quad \frac{C_e}{k_d} = \frac{31,5}{0,8} = 39,4.$$

3. Гильзование направляющих клапанов бронзовыми разрезными втулками – $C_{y\partial} = 3400 \text{ руб./м}^2$, $k_{\partial} = 0,8$, $C_{\epsilon} = 0,009 \cdot 3400 = 30,6 \text{ руб.}$,
 $\frac{C_{\epsilon}}{k_{\partial}} = \frac{30,6}{0,8} = 38,3$.

4. Восстановление гальваническим нанесением покрытием никель-фосфор-медь покрытий (Ni-P-Cu). – $C_{y\partial} = 3800 \text{ руб./м}^2$, $k_{\partial} = 0,85$,
 $C_{\epsilon} = 0,009 \cdot 3800 = 34,2 \text{ руб.}$, $\frac{C_{\epsilon}}{k_{\partial}} = \frac{34,2}{0,85} = 40,2$.

По минимальному значению данного соотношения можно сделать вывод, что наиболее рациональным способом восстановления изношенной поверхности направляющей стержня клапана является гильзование бронзовыми разрезными втулками.

Список источников

1. Войкина А.В. Восстановление направляющих втулок клапанов / А.В. Войкина, А.В. Чупахин // Актуальные направления научных исследований для эффективного развития АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – Часть I. – С. 121-130.
2. Новиков В.С. Проектирование технологических процессов восстановления изношенных деталей / В.С. Новиков. – М.: МГАУ, 1998. – 50с.
3. Чупахин А.В. Определение материала наименее подверженного истиранию / А.В. Чупахин, Д.А. Матвеев // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – с. 295-299.
4. Батищев А.Н. Методические рекомендации по проведению мониторинга состояния технологических процессов восстановления деталей сельскохозяйственной техники на сервисах предприятий / А.Н. Батищев, В.М. Юдин, В.В. Серебровский. – Орел: ОГСХА, 1999. – 74 с.
5. Бабяк С.И. Восстановление направляющих втулок клапанов газораспределительного механизма двигателей семейства ЯМЗ покрытием никель-фосфор-медь: специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бабяк Сергей Иванович. – Москва, 2010. – 18 с.

УДК 621.436

Бурдыкин Владимир Дмитриевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, кандидат технических наук, доцент, Россия, Воронеж, e-mail: burdykin50@mail.ru

Снижение теплонапряженности электрогидравлической форсунки дизеля

Аннотация: В статье приводятся сведения о необходимости снижения температуры форсунки дизеля. Описаны существующие методы снижения температуры элементов форсунки и влияние температуры на надежность работы форсунок. Предложен метод снижения температуры в корпусе форсунки и распылителе.

Ключевые слова: дизель, форсунка, распылитель, теплонапряженность, закоксовывание, надежность.

Burdykin Vladimir D.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Applied Mechanics, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russia, Voronezh, e-mail: burdykin50@mail.ru

Reduction of thermal stress electrohydraulic diesel nozzle

Abstract: The article provides information on the need to reduce the temperature of the diesel nozzle. The existing methods of reducing the temperature of the nozzle elements and the effect of temperature on the reliability of the nozzles are described. A method for reducing the temperature in the nozzle body is proposed.

Keywords: diesel, nozzle, atomizer, thermal stress, coking, reliability.

Современные тенденции развития дизелей идут по пути форсирования по среднему эффективному давлению и частоты вращения коленчатого вала, что требует повышения давления впрыскивания и, естественно, сопровождается ростом температуры распылителя форсунки. Вследствие высоких тепловых и механических нагрузок происходит изнашивание контактных поверхностей распылителей и закоксовывание распыливающих отверстий, что снижает ресурс распылителей и сдерживает форсирование дизеля. Основными факторами, влияющими на срок эксплуатации распылителя, являются параметры рабочих газов, теплофизические и химические свойства топлива, физико-механические свойства материала распылителя [2,5]. Причинами, по которым приходится выбраковывать распылители, являются: потеря герметичности по запирающему конусу в результате ударных взаимодействий контактирующих деталей, гидравлическая плотность направляющего сопряжения, закоксовывание распыливающих отверстий [3].

В общем случае, количество подводимого к распылителю форсунки тепла определяется температурой газов $t_{\text{газ}}$ в камере сгорания и величиной площади их соприкосновения с распылителем F_p (рис. 1) [1, 6].

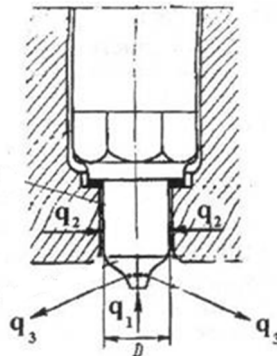


Рис.1. Схема подвода и отвода теплоты от корпуса распылителя

В общем случае, количество подводимого к распылителю форсунки тепла определяется температурой газов $t_{\text{газ}}$ в камере сгорания и величиной площади их соприкосновения с распылителем F_p :

$$q_1 + q_2 - q_3 = F_p \alpha_{\text{газ}} (t_{\text{газ}} - t_{\text{расп}}),$$

где q_1 и q_2 – количество теплоты, подводимое в распылитель через его торцевую и цилиндрическую поверхности, Дж;

q_3 – количество тепла, отводимого с впрыскиваемым топливом, Дж;

F_p – площадь распылителя, соприкасающаяся с газами, м^2 ;

$\alpha_{\text{газ}}$ – коэффициент теплоотдачи от газов, $\text{Вт}/(\text{К}\cdot\text{м}^2)$;

$t_{\text{газ}}$ – средняя температура газов, К;

$t_{\text{расп}}$ – температура стенок соплового наконечника, К.

С увеличением F_p количество передаваемого в распылитель тепла растет.

При этом установлено, что температура около 220°C является для распылителей уже критической. К этому пределу близки фактические температуры распылителей целого ряда форсированных дизелей.

Распределение температур корпуса распылителя носит не постоянный характер, достигая максимального значения $205\text{-}250^\circ\text{C}$ в области носка распылителя и подыгольной полости и $120\text{-}130^\circ\text{C}$ в области сопряжения корпуса распылителя с корпусом форсунки.

Температура иглы распылителя составляет примерно $115\text{-}125^\circ\text{C}$ в центральной части и повышение температуры происходит как в направлении запирающего конуса, так и в направлении цилиндрической прецизионной поверхности [3,4]. Это объясняется увеличением объема топлива под дифференциальной площадкой иглы при этом происходит увеличение скорости движения топлива при прохождении топлива повышается коэффициент теплоотдачи в топливо, что и приводит к снижению температуры в центральной части иглы. Повышение

температуры иглы в направлении прецизионных сопряжений объясняется снижением интенсивности отвода теплоты в топливо. В области запирающего конуса температура иглы определяется теплотой рабочего процесса, а в области цилиндрического направляющего сопряжения интенсивным тепловым потоком от корпуса распылителя [1, 2].

Поэтому совершенствование конструкций элементов топливной аппаратуры, в частности форсунки с целью повышения надежности является одной из задач конструкторов. Предлагается конструкция форсунки, позволяющая повысить ее долговечность [7].

На рисунке 2 изображена электрогидравлическая форсунка, продольный разрез.

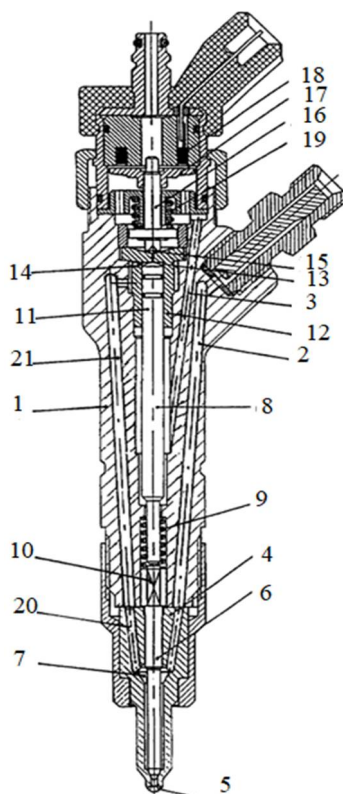


Рис. 2 Электрогидравлическая форсунка

Данная конструкция электрогидравлической форсунки решает задачу повышения надежности и долговечности распылителя. Электрогидравлическая форсунка для дизеля содержит корпус 1 с размещенными в нем топливоподводящим 2 и сливным 3 каналами и сквозной осевой полостью, закрепленный на корпусе полый распылитель 4 с сопловыми отверстиями 5, иглу 6, установленную в полости распылителя 4 с образованием подыгольной камеры 7 и сопряженную с несущей частью 8 мультипликатора запирания, пружину запирания иглы 9, центрирующую проставку 10.

Уплотняющую часть 11 мультипликатора запирания, выполненную в виде поршня, диаметр которого превышает диаметр уплотняющей части иглы

6 и который прецизионно установлен во втулке 12 мультипликатора запираения с образованием камеры гидроуправления 13, жиклер камеры гидроуправления 14, шариковый клапан гидроуправления 15, шток 16, якорь 17, электромагнит 18, пружину клапана гидроуправления 19, топливоподводящий канал в распылителе к жиклеру камеры гидроуправления 20, топливоподводящий канал в корпусе форсунки к жиклеру камеры гидроуправления 21.

Электрогидравлическая форсунка работает следующим образом. При поступлении импульса электрического тока в электромагнит 18 якорь 17 через шток 16 открывает шариковый клапан гидроуправления 15, через который происходит истечение топлива из камеры гидроуправления 13 на слив. Топливо под высоким давлением в подыгольной камере 7 действует на дифференциальную площадку иглы 6, которая перемещается, преодолевая усилие пружины запираения иглы 9 и инерцию мультипликатора запираения, и происходит впрыскивание топлива в камеру сгорания дизеля через сопловые отверстия 5. Заканчивается впрыскивание в момент прекращения подачи электрического тока в электромагнит 18. Под действием усилия сжатия пружины клапана гидроуправления 19 шток 16 прижимает шариковый клапан гидроуправления 15 к своему гнезду во втулке 12 мультипликатора запираения, слив топлива из камеры гидроуправления 13 прекращается, давление топлива в камере гидроуправления 13 растёт, так как оно поступает из линии высокого давления через топливоподводящий канал 21 и жиклер камеры гидроуправления 14 в камеру гидроуправления 13.

Под действием высокого давления в камере гидроуправления 13 мультипликатор запираения перемещается, воздействуя на иглу 6 распылителя 4 в направлении закрытия форсунки. Впрыскивание топлива в камеру сгорания дизеля прекращается.

Наиболее напряженное тепловое состояние испытывает распылитель форсунки. В процессе работы дизеля отвод теплоты от деталей форсунки производится за счет теплопроводности через сопряженные с форсункой детали двигателя и за счет теплоотдачи от нагретых деталей форсунки к топливу, поступающему через топливоподводящие каналы и распылитель в камеру сгорания дизеля.

Данная конструкция форсунки усиливает интенсивность охлаждения, главным образом, распылителя электрогидравлической форсунки за счет того, что помимо охлаждения распылителя потоком топлива, впрыскиваемого в камеру сгорания дизеля, топливо высокого давления, расходуемое на управление, проходит через подыгольную камеру распылителя 7, канал 20 распылителя, канал 21 в корпусе форсунки в камеру гидроуправления и далее идет на слив.

Дополнительный поток топлива, проходящий через подыгольную камеру распылителя, снижает температуру распылителя и тем самым

способствует повышению надежности и долговечности распылителя электрогидравлической форсунки.

Как известно, характеристика подачи топлива форсункой имеет участок провала давления и расхода топлива сразу после открытия форсунки. При этом падение давления топлива в полостях высокого давления форсунки зависит от объемов этих полостей. Топливоподающий канал в распылителе форсунки к жиклеру камеры гидроуправления 20 и топливоподающий канал в корпусе форсунки к жиклеру камеры гидроуправления 21 позволяют в широких пределах изменять топливный объем высокого давления форсунки и, следовательно, представляют возможность оптимизировать характеристику подачи топлива в камеру сгорания дизеля.

Кроме того, предлагаемая конструкция форсунки обеспечивает в момент провала характеристики подачи в самый начальный момент впрыскивания одновременное снижение давления топлива в подыгольной камере распылителя форсунки и снижение давления топлива перед жиклером камеры гидроуправления, что позволяет несколько снизить расход топлива на управление без ухудшения характеристики подачи.

Таким образом, предлагаемая конструкция форсунки обеспечивает повышение долговечности распылителя.

Список источников

1. Долинин В.Н. Определение коэффициента теплоотдачи от стенки корпуса распылителя к топливу / В.Н. Долинин // Исследование теплопередачи в дизелях: сб. науч. тр. – Л.: ЦНИДИ, 1975. – № 69. – С. 54-61.

1. Кондренко В.А. Эффективность применения теплозащитного экранирования распылителей форсунок форсированных дизелей / В.А. Кондренко // Ползуновский вестник №4. – Барнаул, 2007. – С. 47-49.

2. Лазарев В.Е. Снижение тепловой и гидродинамической нагруженности направляющего сопряжения «игла-корпус» распылителя / В.Е. Лазарев, Г.В. Ломакин, Е.А. Лазарев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2009. – Вып.14. – №33 (166). – С. 76-80.

3. Лаврик А.Н. Основные способы тепловой защиты распылителя топливоподающей форсунки дизеля / А.Н.Лаврик, В.Е.Лазарев // Вестник Академии транспорта. Уральское межрегион, отд.– Курган, 1999. – № 2. – С. 89-94.

4. Лаврик А.Н. Анализ факторов, влияющих на закоксовывание сопловых отверстий распылителей топливных форсунок дизелей // Автомобильная техника: Научный вестник. – Челябинск: ЧВАИ, 2001. – Вып. 14. – С. 31-37.

5. Михеев М.А. Основы теплопередачи Текст. / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – М.: Энергия, 1977. – 344 с.

6. Патент на изобретение №2293205 Российская Федерация, МПК F 02M 47/02 Электрогидравлическая форсунка для дизеля; №205129868/06: заявл. 26.09.2005; опубл. 10.02.2007 / М.Н. Кухарев, В.Д. Бурдыкин, А.В. Белоглазов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 6с.

УДК 621.85.052

Бурменко Феликс Юрьевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
заведующий кафедрой машиноведения и технологического оборудования, доцент,
кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: burmenco@mail.ru

Звонкий Виталий Георгиевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
заведующий кафедрой автоматизированных технологий и промышленных комплексов,
доцент, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

Павлова Светлана Александровна

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
кафедра машиноведения и технологического оборудования, магистрант,
Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: svetlana.pavlova.2002@inbox.ru

**Направления совершенствования экспериментального стенда
испытания клиновых ременных передач**

Аннотация. В статье предложено техническое решение в стенде для испытания клиновых ременных передач, которое повышает точность снятия показателей за счет равномерного распределения нагрузки между ремнями, автоматической компенсации разницы в длинах ремней и их вытяжки, расширяет возможность использования стенда за счет возможности проводить исследования многоремных (многопоточных) клиноремных передач.

Ключевые слова: клиновая ременная передача, способ натяжения, многопоточная клиноремная передача.

Burmenko Felix Yu.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University,
Head of the Department of Mechanical Engineering and Technological Equipment,
Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: burmenco@mail.ru

Zvonkiy Vitaliy G.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University,
Head of the Department of Automated Technologies and Industrial Complexes,
Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

Pavlova Svetlana A.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University,
Department of Mechanical Engineering and Technological Equipment,
undergraduate student, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: svetlana.pavlova.2002@inbox.ru

Directions for improving the experimental test bench for wedge belt drives

Abstract. The article proposes a technical solution in a stand for testing new belt drives, which increases the accuracy of removing indicators due to uniform load distribution between

belts, automatic compensation of the difference in belt lengths and their extraction, expands the possibility of using the stand through the study of multi-time (multithreaded) V-belt gears.

Keywords: V-belt drive, tensioning method, multithreaded V-belt drive.

Для экспериментального изучения поведения передач под нагрузкой, проверки новых теоретических положений создаются различные испытательные стенды и установки как замкнутого контура, так и открытого энергетического потока, оснащаемые не только выпускаемой промышленностью аппаратурой, но и оригинальными приборами и приспособлениями. Предлагаемый стенд может эксплуатироваться в контрольно-измерительных заводских лабораториях машиностроительных и автотранспортных предприятий для испытания ременных приводов машин и механизмов вентиляторов, насосов, грузоподъемных и транспортирующих машин и механизмов, рабочих органов сельскохозяйственной, мелиоративной и лесной техники. Другое его назначение – использование в учебном процессе в качестве исследовательской экспериментальной установки при изучении процессов, происходящих в деталях и узлах машин при их эксплуатации, на примере испытания образцов в лабораторных условиях.

В задачи экспериментальных исследований входит получение практических навыков выполнения операций сборки и демонтажа, настройки контрольно-измерительной системы и снятия экспериментальных показаний, определение погрешностей измерений и проведение теоретических расчетов, обобщения и анализа полученных результатов, так например стенд с замкнутым силовым контуром для испытаний ведущих мостов транспортных средств в котором в качестве нагрузочного устройства применена ременная передача шкивы которой жестко связаны с входным валом испытываемого моста, основным недостатком является наличие мощного устройства нагружения, которое в свою очередь требует подвода энергии большой мощности для рассеивания энергии испытательной нагрузки на мост [1], а например стенд для испытаний приводных ремней на прочность, включающий установленные на раме приводной механизм, приводной шкив, которому сообщается движение от приводного механизма, натяжной шкив, нагружающее устройство, датчики контроля позволяет имитировать реальные условия эксплуатации за счет натяжения и нагрузки приводного ремня и снизить затраты энергии для проведения испытаний за счет применения схемы рекуперации [2].

Наиболее близким к предлагаемому решению по технической сущности является учебный экспериментальный лабораторный стенд для испытания узлов и деталей машин [3], недостатком которого является то, что он не приспособлен для исследования и испытания клиноременных передач с несколькими (два и более) однопрофильными клиновыми

ремнями имеющих место в большинстве приводных механизмов (насосов, вентиляторов, подъемно-транспортных и сельхозмашин). Согласно ГОСТ 1284.1-89 [4] длина ремней одной партии имеют отклонения между собой, причем с увеличением длины ремня – это отклонение растет. Так, например, для ремней длиной до 850 мм отклонения составляет $850+14-8$, а с длиной 1500 мм уже $1500+24-12$ (см. таблицу 3) [4]. Кроме того, согласно ГОСТ 1284.2-89 [5] в процессе приработки имеет место удлинение ремня на величину до в зависимости от класса ремня на 1,5-2,5 % (см. таблицу 1) [5].

Таким образом, в приводе из-за разности длин ремней, входящих в многоремennую передачу передаваемая нагрузка неравномерно распределяется между ветвями которые имеют неодинаковое натяжение. В рабочих приводных механизмах для выравнивания нагрузок применяются специальные натяжные шкивы [6]. Однако в испытательных стендах такая система натяжения приемлема только для одноремennой передачи и не позволяет исследовать и испытывать многопоточные передачи с несколькими шкивами - двумя и более. Это сужает возможность испытательного стенда, при этом не обеспечивается требуемая степень точности снятия показателей измерительными датчиками, что понижает качество исследовательских работ, особенно в учебных целях.

Задачей являлось создание энергоэффективного при эксплуатации испытательного стенда, позволяющего устанавливать различные многоремennые (многопоточные) приводные передачи, и проводить исследования их работы.

Технический результат, при решении поставленной задачи, заключается в том, что в стенде для испытаний клиновых ремennых передач на работоспособность каждая секция испытываемого клинового ремня состоит из соосно установленных неподвижного и подвижного полушкивов, полушкивы выполнены в виде конических дисков с величиной угла наклона образующей равной половине угла наклона клина сечения ремня, охватывающего шкивы, а натяжной механизм выполнен в виде упругих элементов, воздействующих на подвижные полушкивы, которые установлены на валах в направляющих скользящих шпонках, при этом упругие элементы выполнены в виде винтовой пружины и снабжены тензометрическими датчиками силы.

Сущность предлагаемого технического решения заключается в выполнении многоручьевых шкивов из секций отдельно для каждого клинового ремня, что позволяет разделить передаваемую нагрузку на каждый ремень и оснастить их встроенным в шкив индивидуальным натяжным механизмом, позволяющим выровнять усилия каждого из ремней между собой.

Выполнение каждого шкива составными и состоящими из соосно установленных подвижного и неподвижного полушкивов в виде конических дисков, при этом подвижной диск подпружинен, позволяет обеспечивать постоянное прижатие ремня к ребордам шкивов обеспечивая тем самым требуемое трение и избежание проскальзывания ремней при больших нагрузках и излишнего пережатия при малых.

Выбор угла наклона конических дисков шкивов равной половине угла боковой поверхности трапеции клина ремня позволяет надежно обеспечить контакт ремня со шкивом и создать максимальную силу трения между ними, а также учесть, что согласно ГОСТ, для различных видов передач ремни выпускаются с разными параметрами угла вершины трапеции: 40° , 34° и 26° [4].

Выполнение отдельных и встроенных в подвижные полушкивы натяжных устройств ремней, когда передача крутящего момента осуществляется несколькими (два и более) параллельными потоками, когда каждый из отдельных ремней поджимается отдельным независимым упругим элементом на одинаковое усилие позволяет увеличить единичную (суммарную) передаваемую мощность и надежность передачи. Отдельное независимое натяжение каждого из ремней позволяет компенсировать разность длин ремней, не параллельность осей соединяемых шкивов и другие погрешности, а также исключить подгонку ремней по длине.

Выполненные упругих элементов в виде винтовой пружины сжатия позволяет создать требуемое усилие прижатия шкивов к ремням при компактном конструктивном исполнении натяжного механизма, встроенного в подвижной полушкив. Установка тензометрических датчиков силы в винтовые пружины сжатия каждой секции позволяет фиксировать степень натяжения ремней в каждом шкиве и вычислить передаваемую мощность этим ремнем, тем самым исследовать работу клиноременной передачи в широком диапазоне и расширить возможности применения стенда.

Принцип предлагаемого технического решения поясняется схемами стенда для испытания клиновых ременных передач на работоспособность на рисунке 1, который включает электропривод 1 с приводной передачей 2 с ведущим 2.1 и ведомым 2.2 шкивами и исследуемую ременную передачу А с клиновыми ремнями 3 включающую ведущий 4 и ведомый 5 шкивы размещенные на первичном 6 и вторичном 7 валах, нагружающее тормозное устройство 8, датчика контроля крутящего момента 9, числа оборотов вала привода 10, датчика тормозного момента 11.

В исследуемой многопоточной клиноременной передаче (рис. 1б и 1в) ведущий 4 и ведомый 5 шкивы состоят из секций I, II, III, количество которых соответствует числу испытываемых клиновых ремней (в данном варианте их 3), каждая секция включает соосно установленные

неподвижный 12 и подвижный 13 полушкивы в виде конических дисков с величиной угла α наклона образующей равной половине угла β наклона клина сечения ремня охватывающего шкивы. Натяжной механизм выполнен в виде упругих элементов, выполненных в виде винтовой пружины сжатия 14 которая воздействует на подвижные полушкивы 13 установленные на валах 6 и 7 в направляющих скользящих шпонках 15.

Для снятия показателей усилия натяжения ремней и распределения нагрузки между ними винтовые пружины сжатия каждой секции снабжены тензометрическими датчиками силы. Испытание многопоточной клиноременной передачи выполняют с применением компьютерного модуля управления в диалоговом режиме с использованием программного обеспечения, которое позволяет проводить серию испытаний подряд, после чего формируется отчет о результатах работы по усредненным значениям.

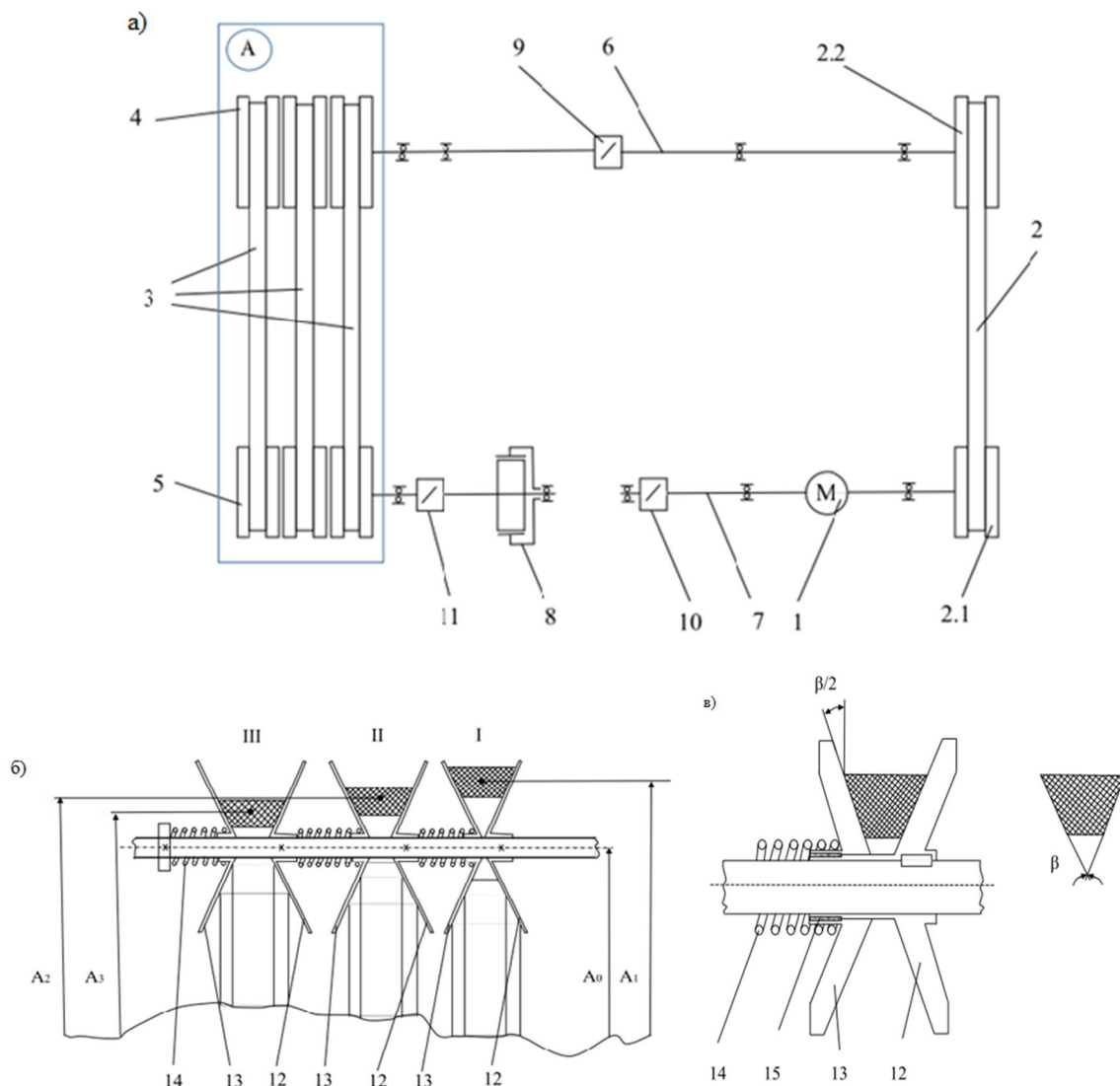


Рис. 1. Принципиальная конструктивно-технологическая схема стенда

Работа стенда осуществляется следующим образом, испытываемые ремни 3 надеваются на каждую секцию шкивов между полушкивами 12 и 13 при этом с помощью пружины 14 натяжного механизма создается статическое напряжение и ремни 3 натягиваются до требуемой величины, при этом компенсируется разница в длине каждого ремня 3. Включается электродвигатель 1 на режим холостого хода с минимальными оборотами при котором происходит выравнивание ремней в ручьях полушкивов и они занимают равное расположение на ведомом и ведущих шкивах, чем обеспечивается равное передаточное отношение каждого клинового ремня (рис. 1б). В дальнейшем, модулем управления осуществляется регулировка оборотов электрического двигателя и устанавливается требуемая величина оборотов, включается тормозное устройство 9 создаваемое нагрузкой, соответствующую номинальной нагрузке испытываемой многопоточной ременной передачи конкретного привода имитируя рабочий процесс агрегата.

При вращении ведущих шкивов и передачи крутящего момента на ведомые шкивы каждый из ремней исходя из своей длины занимает свое положение на каждом в отдельности шкиве за счет осевой нагрузки создаваемой винтовыми пружинами сжатия 14 натяжного механизма перемещающей подвижной шкив 13 относительно неподвижного шкива 12. Этим обеспечивается установившийся режим за счет равномерного распределения нагрузки между ремнями и обеспечения равного усилия натяжения каждой ветви (потока) передачи (см. рис. 1б и 1в). Исходя из методики испытаний тормозным устройством 8 изменяется величина нагрузки и регулируется число оборотов шкивов, для этого используется модуль управления, снимающий данные крутящего и тормозного моментов, оборотов на валу посредством датчиков 9 – 11. Параметры измерения поступают на ЭВМ где происходит их централизованное накопление, обработка и анализ.

Так как стенд оборудован модулем управления с компьютером и установленной программой индикации, регистрации и управления, позволяющей регулировать обороты приводов и нагрузку, контролировать и сохранять данные об оборотах приводов, силе натяжения, вычислять и сохранять нагрузку, это обеспечивает точность контроля и регулирования измеряемых параметров при проведении испытаний приводных ремней многопоточной передачи.

В результате такого выполнения испытательного стенда расширяется возможность его использования за счет исследования клиноременных передач, состоящих из многих ремней, повышается точность снятия показателей за счет равномерного распределения нагрузки между ремнями, снижения начального натяжения ремней и автоматической

компенсации разницы в длинах ремней и их вытяжки, что очень важно в проведении исследований.

Список источников

1. Патент RU 2 178 878 С2, МПК G01M 13/02. Оpubл. 27.01.2002, Бюл. № 4.
2. Патент RU 2 571 196 С1, МПК G01M 13/02. Оpubл. 20.12.2015, Бюл. № 35.
3. В. Н. Бельков, Н. В. Захаренков и др. Испытание и расчет деталей машин: учеб. пособие; Минобрнауки, ОмГТУ. – Омск: Изд. ОмГТУ, 2016.
4. ГОСТ 1284.1-89 (ИСО 1081-80). Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Основные размеры и методы контроля. Издательство стандартов. Москва, 2004 г.
5. ГОСТ 1284.2-89 (ИСО 1081-95). Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Технические условия. Издательство стандартов. Москва, 2004 г.
6. RU 2 088 820 С1, МПК 16Н 7/12. Оpubл. 27.08.1997, Бюл. № 32.

© Бурменко Ф.Ю., Звонкий В.Г., Павлова С.А., 2024

УДК 631.312.24

Василенко Сергей Владимирович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: tuli-fruli@mail.ru

К вопросу о повышении прочности конструкции навесного плуга

Аннотация. Целью настоящей статьи является демонстрация возможности уменьшения металлоёмкости конструкций навесных плугов, улучшение их прочностных показателей за счет изменения геометрических параметров сечений. Поскольку рыночная цена зарубежных плугов в разы, а иногда и на порядок отличается от отечественных, данный вопрос приобретает особенную актуальность. Практическая реализация результатов исследований не ограничивается публикацией выводов и предложений, а подтверждается выпуском реальных конструкций.

Ключевые слова: плуг, основная обработка почвы, изгибающий момент, момент сопротивления изгибу, рама плуга, главная балка.

Vasilenko Sergey V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Applied Mechanics, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: tuli-fruli@mail.ru

On the issue of increasing the structural strength of a mounted plow

Abstract. The purpose of this article is to demonstrate the possibility of reducing the metal consumption of mounted plow structures and improving their strength characteristics by changing the geometric parameters of the sections. Since the market price of foreign plows differs several times, and sometimes by an order of magnitude, from domestic ones, this issue becomes especially relevant. The practical implementation of research results is not limited to

the publication of conclusions and proposals, but is confirmed by the release of real structures.

Keywords: Plow, main tillage, bending moment, moment of resistance to bending, plow frame, main beam.

Основная обработка почвы закладывает основы урожая всех сельскохозяйственных культур и является неотъемлемой частью любых технологий их возделывания. Как и на всех полевых операциях, агротехнические приемы и технические средства для обработки почвы совершенствуются с целью сохранения и улучшения плодородия почвы, а также экономии энергетических затрат, которые на данных видах работ весьма значительны.

После того как, в связи с распадом Советского Союза флагман нашего плугостроения Одесский завод имени Октябрьской революции оказался за границей, в Российской Федерации ощутилась острая необходимость наладки собственного производства этих орудий.

Те сравнительно немногие серии плугов, которые выпускаются нашими предприятиями различных форм собственности, зачастую представляют собой копии давно выпускавшихся орудий на заводе им. Октябрьской революции, причем с далеко не лучшим качеством изготовления. Иногда наблюдается подражание зарубежным образцам. Низкое качество изготовления рабочих органов влияет на технологические показатели обработки почвы. В период приработки отвалов, которые в нашей стране изготавливаются из черного проката, из-за залипания рабочей поверхности корпусов расход топлива повышается на 15-20%, а пласт плохо оборачивается из-за нарушения конфигурации рабочей поверхности. Период приработки отвалов на сырых глинистых почвах может растянуться на весь пахотный сезон. Анализ технического состояния пахотных орудий в хозяйствах Воронежской, Белгородской и Липецкой областей показывает, что многие плуги изготовлены с низким качеством сварных соединений, с нарушением классической геометрии рабочих органов и упрощением конструкции за счет отказа от предплужников или замены их на примитивные углоснимы.

Наиболее нагруженной частью рамы плуга является главная балка расстановки рабочих органов, или балка жёсткости. На рисунке 1 показана эпюра изгибающих моментов, из которой становится очевидным, что у балки нет явного опасного участка. Каждый корпус плуга передаёт ей изгибающий момент, равный в нашем случае 552160 Н·см. Для примера принята ширина захвата корпуса 45 см и глубина вспашки 30 см [1]. Расчёт на прочность при изгибе с последующим подбором сечения при данной нагрузке допускает применение трубы квадратного сечения размером 120x120 мм и с толщиной стенки 6 мм. Момент сопротивления изгибу такой трубы равен 95,49 см³. При таком моменте сопротивления запас

прочности приближается к 2,5. Но, следует учитывать, что при подъёме плуга в транспортное положение, в случае с навесной конструкцией, при выходе из почвы нагрузка на балку резко возрастает. Так если у плуга шесть корпусов, каждый из которых имеет ширину захвата 45 см, то изгибающий момент в середине балки доходит до 1400000 Н·см. В этом случае не обойтись без значительного усиления сечения балки плуга. Но надо иметь ввиду, что усиление сечения балки неизбежно повлечёт за собой увеличение металлоёмкости, а значит и веса конструкции.

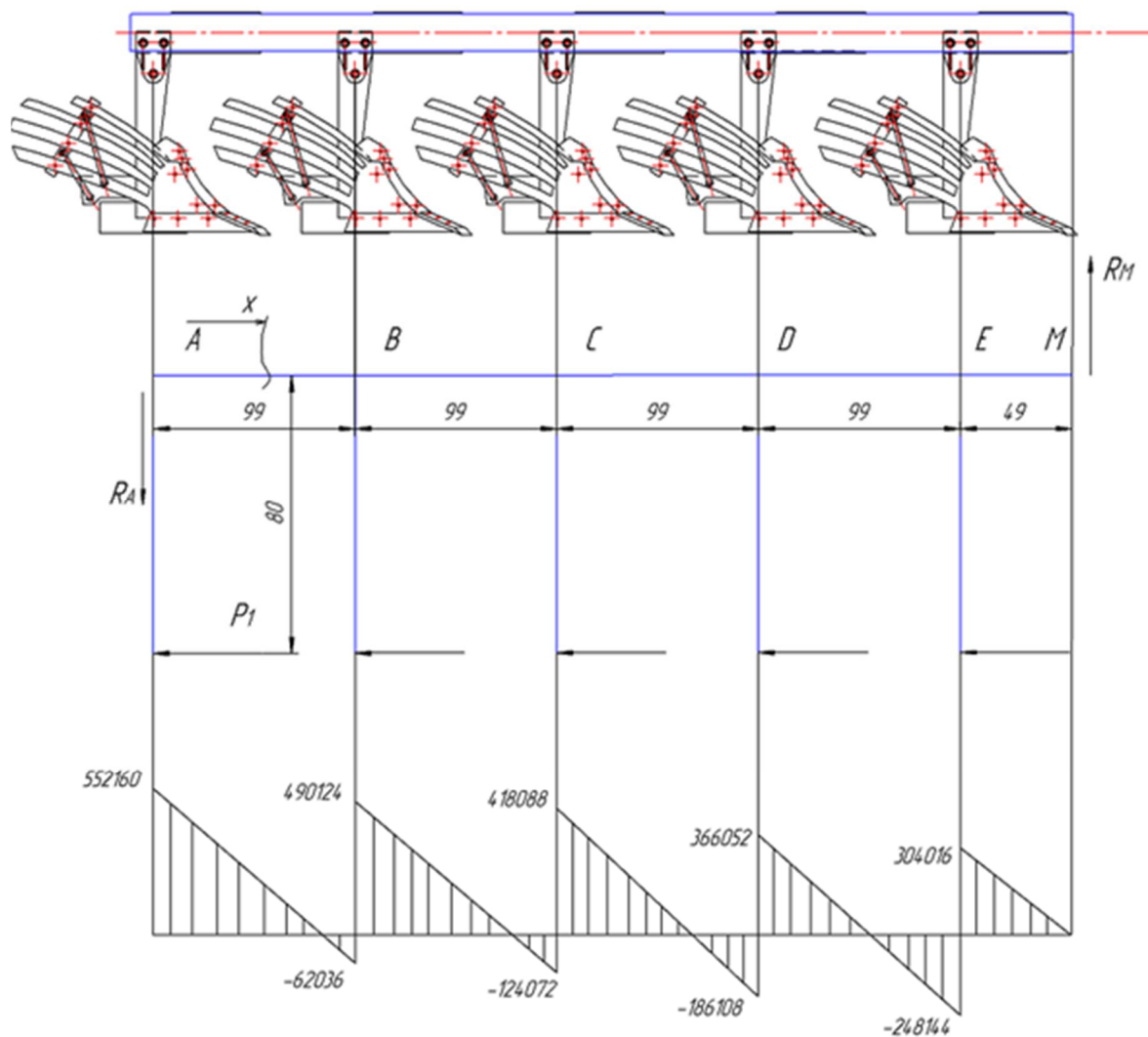


Рис. 1. Изгибающие моменты на главной балке рамы

На машиностроительном предприятии «Аква-Свар» (г. Воронеж), выпускавшему навесные плуги, было реализовано предложение по изготовлению балки из двух сваренных швеллеров. Это позволило усилить сечение вставкой между ними полосы – дополнительное ребро жёсткости. Для тяжёлых плугов с шестью и более корпусами использовался швеллер №16 и полоса 10 мм. Кроме этого, была доварена зигзагообразная полоса.

Таким образом балка превратилась пространственную ферму, и конструкция увеличила жесткость в несколько раз (рис. 2). Первые плуги, предложенной конструкции появились в 1998 году и всё ещё служат в Центральном Черноземье, не проявляя признаков износа рамы.

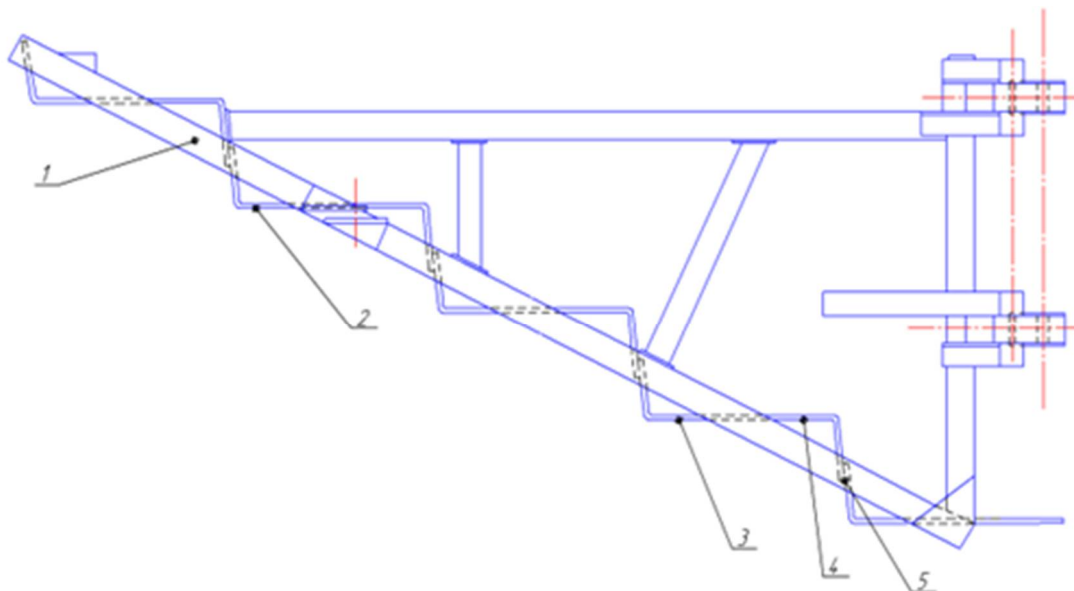


Рис. 2. Способ упрочнения главной балки рамы

За годы эксплуатации этим плугам доводилось пахать заболоченные участки, просёлочные дороги, как в Центральном Черноземье, так и за его пределами на глубину до 33 см. Очевидцы рассказывали, что бывали случаи зацепа трактора К-700 за скрытое препятствие и трактор буксовал, но рама не имела остаточной деформации. По изучению статистики опросных листов, прилагаемых при продаже плуга, ни один из выпущенных плугов не потребовал рихтовки балок рамы.

Список источников

1. Василенко В.В. Повышение надёжности рамы плуга / В.В. Василенко, О.И. Поливаев, Д.Н. Афоничев, В.В. Труфанов // Вестник ВГАУ: Теоретический и научно-практический журнал. – Воронеж: Воронежский гос. аграр. ун-т. – 2012. – №2 (33). – С. 119-121.

© Василенко С.В. 2024

УДК 631.312.24

Василенко Сергей Владимирович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
кафедра прикладной механики, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: tuli-fruli@mail.ru

Выбор рациональной формы поперечного сечения главной балки плуга

Аннотация. Основная обработка почвы является началом агротехнического цикла при любых технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Почву обрабатывают для того, чтобы увеличить мощность пахотного поля, заделать удобрения, разрыхлить плужную подошву. При этом улучшается аэрация, благотворно влияющая на вегетацию растений. Вспашка – наиболее популярный прием глубокой обработки с самой высокой энергозатратностью. В связи с высокой энергозатратностью плуги требуют повышенную жёсткость и прочность. Но улучшение этих параметров влечёт за собой и повышение расхода материалов, а это повышение веса, повышение цены. В данной статье описаны результаты испытаний нескольких составных сечений главной балки плуга на разных почвах.

Ключевые слова: главная балка, плуг, основная обработка почвы, сечение, деформация.

Vasilenko Sergey V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Department of Applied Mechanics, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences,
Russia, Voronezh,
e-mail: tuli-fruli@mail.ru

Selecting a reasonable cross-sectional shape of the main beam of the plow

Abstract. Basic tillage is the beginning of the agrotechnical cycle for any crop cultivation technology. The soil is cultivated in order to increase the power of the arable field, add fertilizers, and loosen the plow sole. At the same time, aeration improves, which has a beneficial effect on plant growth. Plowing is the most popular deep cultivation technique with the highest energy consumption. Due to their high energy consumption, plows require increased rigidity and strength. But improving these parameters also entails an increase in material consumption, which means an increase in weight and an increase in price. This article describes the results of tests of several composite sections of the main plow beam on different soils.

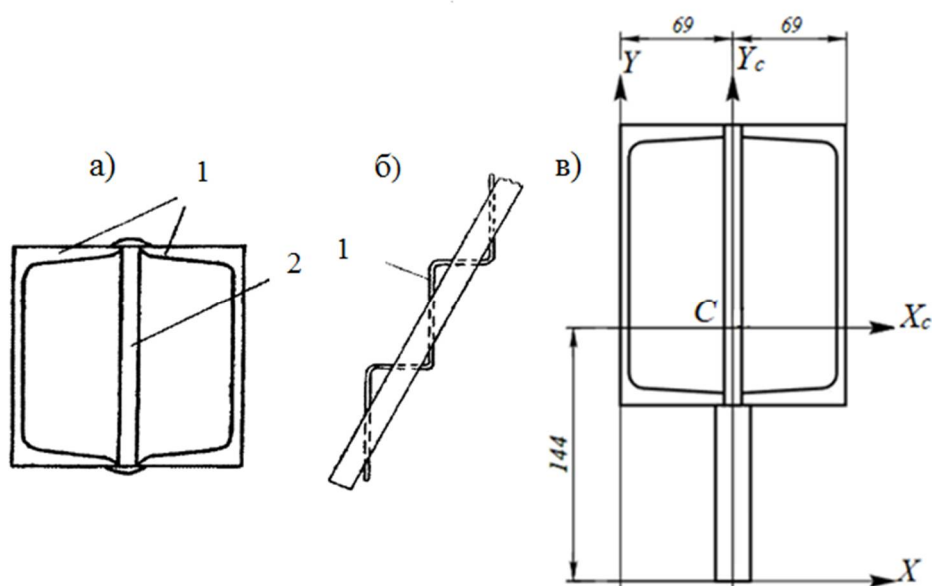
Keywords: main beam, plow, main tillage, section, deformation.

Основная обработка почвы существенно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Часто современные способы и сельскохозяйственные агрегаты для основной обработки почвы не справляются в полной мере с обеспечением агротехнических требований, что может снижать урожайность на 10-35% [1]. Кроме того, выполнение обработки почвы не в оптимальные сроки способствует еще большим отрицательным последствиям.

Анализ работы и технических характеристик выпускаемых в настоящее время отечественной промышленностью почвообрабатывающих машин свидетельствует о том, что по агротехническим показателям и производительности они отвечают современным требованиям и находятся на одном уровне с лучшими образцами зарубежных машин аналогичного назначения. Однако по надежности, металлоемкости, по качеству сварки, изготовлению, эстетике большая часть из них уступает зарубежным образцам.

В программу исследований и их практической реализации вошли вопросы повышения прочностных характеристик рам плугов наряду с уменьшением их металлоемкости.

Опыт изучения конструкций выпускавшихся ранее плугов говорит о том, что главная балка жесткости выполнена в виде цельнотянутой трубы квадратного сечения, а приваренные к ней Г-образные пластины для крепления корпусов дистанционно разъединены на 80 мм. В местах разъединения пластин балка не имеет дополнительных укрепляющих элементов и при длительной эксплуатации прогибается как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. На основании компьютерного расчета моментов сопротивления сечений и нормальных напряжений принята более рациональная форма поперечного сечения. Балка формируется двумя швеллерами (например, для плуга АС ПНУ 8-35 это швеллеры №16), между которыми сварено вертикальное ребро жесткости толщиной 10 мм, рисунок 1а. Г-образные пластины для крепления корпусов сварены в непрерывную извилистую ленту 1, превратившую балку в пространственную ферму, рисунок 1б.



а – с ребром жесткости 10 мм; б – с Г-образными пластинами;
в – с усилением полосой 2х10 см

Рис. 1. Сечение балки плуга

Момент сопротивления такой составной балки, у которой сечение выполнено по рисунку 1 с добавлением пластины 2 x 10 см, рисунок 1в, ориентированной вниз в продолжение ребра жесткости, равно: вокруг горизонтальной оси $308,9 \text{ см}^3$, и вокруг вертикальной оси $156,0 \text{ см}^3$. Для сравнения была рассчитана также составная балка, у которой сечение по рисунку 1 усилено двумя диагональными ребрами с размером 15 x 0,6 см. Моменты сопротивления этой балки равны соответственно $260,8 \text{ см}^3$ и $185,1 \text{ см}^3$. Учитывая, что рама чаще деформируется в вертикальной плоскости при подъеме плуга в транспортное положение, было отдано предпочтение первому варианту составного сечения.

Вместо литых чугунных стоек корпусов поставлены плоские щеки с приваренными ребрами жесткости 1, рисунок 2, придающими стойке форму тавра.

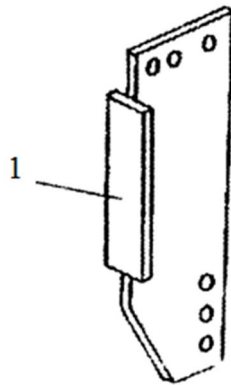


Рис. 2. Форма стойки корпуса

Все эти изменения в конструкции привели к снижению массы плуга и увеличению его жесткости и прочности. Например, у плуга АС ПНУ 8-35 масса оказалась на 400 кг меньше, чем у его прототипа – плуга ПН 8-35. Полевые испытания на прочность были проведены при раскорчевке сада кустарниковых пород, вспашке полевых дорог с твердостью поверхностного слоя до 1300 Н/см^2 , а также при вспашке на глубину до 40 см по стерневому фону. Ни в одном случае остаточной деформации рам не обнаружено.

Список источников

1. Бойков В.М. Механико-технологическое обоснование эффективных способов и технических средств основной обработки почвы // Автореф. дис. ... докт. техн. наук.– Саратов, 1998. – 35 с.

© Василенко С.В. 2024

УДК 620.197

Зобов Сергей Юрьевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
кафедра прикладной механики, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: nicena@yandex.ru

Методы обработки поверхности материалов

Аннотация. Рассмотрены некоторые методы обработки поверхности материалов с целью улучшения их свойств.

Ключевые слова: материал, поверхностный слой, подложка, лазерная обработка поверхности, ионная имплантация, ионное осаждение.

Zobov Sergey Yu.

Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great,
Department of Applied Mechanics, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences,
Russia, Voronezh,
e-mail: nicena@yandex.ru

Methods of surface treatment of materials

Abstract. Some methods of surface treatment of materials in order to improve their properties are considered.

Keywords: material, surface layer, substrate, laser surface treatment, ion implantation, ion deposition.

Внешний слой любого материала отличается от основного материала и оказывает влияние на долговечность изделия. Материал можно рассматривать как составной, где одним из компонентов является внешний слой, который может включать в себя естественно образующиеся оксидные пленки для защиты некоторых металлов (например, титана, нержавеющей стали), а также микродобавки легирующих элементов, которые добавляются для получения нужных свойств.

Поверхностный слой представляет собой внешнюю часть материала, которая имеет свои особенности, зависящие от состава и структуры покрытия, взаимодействия с подложкой и силы адгезии. Без прочной связи между покрытием и подложкой невозможно достичь желаемых свойств материала.

Многие методы обработки поверхности применяются в промышленности и позволяют изменять механические, химические, магнитные и другие свойства материала в широком диапазоне.

Существуют различные способы обработки поверхности, которые можно разделить на следующие категории:

- механические методы, включающие дробеструйную обработку и ударное упрочнение;
- физико-химические методы, такие как ионная имплантация, азотирование и цементация;
- методы осаждения, которые позволяют получать слои на поверхности с другим составом и структурой, чем у материала подложки,

например, ионное нанесение, химическое или физическое осаждение из паров, электролитическое осаждение [1].

Помимо этой системы классификации, используется схема Буншаха, которая разделяет процессы осаждения на капельный и атомный перенос. Процесс капельного переноса характеризуется большим количеством микроструктурных пор, а процессы атомного переноса – наличием несовершенств, тип и плотность которых зависят от параметров процесса, таких как температура охлаждения и кинетическая энергия атомов.

Независимо от выбранной системы классификации, главным является правильный выбор метода обработки поверхности. Для процессов осаждения этот выбор зависит от множества факторов: свойств материала, который будет нанесен; скорости осаждения; ограничений, накладываемых подложкой (например, максимальной температуры осаждения); сцепления покрытия с подложкой; мощности, подводимой к процессу; необходимой аппаратуры и ее возможностей; стоимости; экологических аспектов; доступности материалов.

Очевидно, что не все методы подходят для нанесения материалов всех типов, но с учетом указанных факторов можно разумно выбрать наиболее подходящий метод.

Такие методы обработки поверхности, как ионная имплантация, ионное осаждение, лазерная обработка получили широкое распространение [2].

Лазерная обработка поверхности — это процесс, при котором по поверхности материала проходит лазерный луч; Лазерный луч может быть непрерывным или импульсным; Этот высокоэнергетический луч способен расплавить тонкий верхний слой материала, но более глубокие слои при этом остаются холодными. Расплавленный слой затем быстро охлаждается из-за контакта с холодным материалом, что приводит к закалке поверхности.

Изменяя мощность и длительность воздействия лазерного луча на материал, можно расплавить верхний слой сплава на определенную глубину. Было выяснено, что точное управление процессом плавления может привести к уменьшению размера структуры и введению специальных добавок в затвердевший слой. Таким образом, можно изменить устойчивость к коррозии и износу без изменения свойств основного объема материала.

Лазерная обработка поверхностей – это процесс, который может улучшить стойкость материалов к износу, коррозии, эрозии и усталости. Существует несколько способов лазерной обработки, таких как плавление и легирование поверхности, а также импульсная обработка, которые могут улучшить характеристики трещиностойкости высокопрочных сплавов.

Использование ионной имплантации широко распространено в производстве микроэлектронных устройств и привлекает большой интерес благодаря своей способности улучшать износостойкость и устойчивость

поверхностных слоев материала к воздействию окружающей среды. Метод ионной имплантации позволяет изменять почти все свойства материалов, зависящие от состояния поверхности, и влияющие на их долговечность.

В процессе имплантации в материал вводятся различные частицы, что положительно сказывается на его свойствах и характеристиках. Например, было установлено, что железо, обработанное ионами хрома, и стали, обработанной ионами азота, становятся более устойчивыми к коррозии.

Основными достоинствами данного метода являются отсутствие ограничений, связанных с диффузионными процессами, позволяющими изменять химические характеристики поверхности, а также возможность сохранения прочностных и вязкостных свойств материала при одновременной оптимизации химического состава и микроструктуры поверхности без образования резкой границы между зоной поверхностной имплантации и основным материалом, а также минимизация расхода дефицитных легирующих материалов при поверхностном легировании с помощью ионной имплантации.

Ионная имплантация – это не метод нанесения покрытия, здесь ионные частицы внедряются в поверхность материала без добавления дополнительного слоя, в отличие от электроосаждения или гальваники. Ионная имплантация отличается от таких диффузионных процессов, как науглероживание и азотирование, где в поверхностные слои также вводят инородные частицы, но ограничены процессом диффузии или максимальными значениями растворимости. Использование ионной имплантации в металлургии обладает большим потенциалом для разработки новых сплавов и изучения влияния метастабильности на характеристики материалов.

Обработка поверхностей для улучшения эксплуатационных свойств имеет широкие возможности благодаря развитым методам анализа поверхности, которые позволяют определить оптимальный способ обработки с учетом различных факторов, таких как материал подложки, наносимый материал, параметры процесса и экономичность.

Список источников

1. Обработка поверхности и надежность материалов / Пер. с англ. // Под. ред. Дж. Бурке, Ф. Вайса. – М.: Мир, 1984. – 192с.

2. Козлов В.Г. Анализ методов обработки поверхности высокопрочных материалов / В.Г.Козлов, Е.В.Козлова, А.А. Заболотная, А.В. Чупахин // Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в различных режимах движения: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, – 2017. – С.214-220.

УДК 62.181.1

Зобов Сергей Юрьевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
кафедра прикладной механики, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: nicena@yandex.ru

Расчетная схема автомобиля с учетом колебаний

Аннотация. В статье рассматривается выбор расчетной схемы автомобиля с учетом механических колебаний.

Ключевые слова: расчетная схема, колебания, модель, автомобиль, упругие элементы.

Zobov Sergey Yu.

Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great,
Department of Applied Mechanics, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences,
Russia, Voronezh,
e-mail: nicena@yandex.ru

The design scheme of the car, taking into account fluctuations

Abstract. The article considers the choice of the design scheme of the car, taking into account mechanical vibrations.

Keywords: calculation scheme, oscillations, model, motor, elastic elements.

При изучении различных машин и инженерных конструкций необходимо создать расчетную схему или модель, так как они имеют разнообразные свойства и сложную форму, которые невозможно описать теоретически. Для проведения математического анализа и расчета необходимо иметь четкую схему и список основных характеристик.

Перед выбором расчетной схемы необходимо проанализировать динамическую устойчивость, определить вынужденные колебания и рассчитать частоты свободных колебаний. Также требуется определить параметры детали или конструкции, необходимые для расчета.

Расчетная схема (модель) представляет собой реальный объект, избавленный от незначительных особенностей, который позволяет оценить прочность и жесткость конструкции, определить допустимые нагрузки, подобрать необходимые размеры элементов и выбрать материалы, обеспечивающие нужную прочность, жесткость и экономичность. Также с ее помощью можно провести оптимизацию параметров конструкции и т.д. [1].

При проведении расчета колебаний, необходимо упростить физические явления и свойства упругих элементов (силы, возникающие в упругих элементах при малых колебаниях, считаются линейно зависимыми от координат). Свойства колес автомобиля, подшипников скольжения и качения, а также упругого основания железнодорожного пути подвергаются схематизации.

Выбор числа степеней свободы при установлении расчетной схемы в теории колебаний имеет большое значение. В зависимости от начальных условий, требуемой точности, характера действующих сил и целей исследования, одна и та же система может быть представлена различными расчетными схемами.

Для анализа колебаний автомобиля, как сложной механической системы, необходимо выбирать расчетные схемы, соответствующие поставленным задачам.

Расчетная схема коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания представляет собой систему, состоящую из массивных и упругих элементов, расположенных дискретно и способных к вращательным движениям. Эта система может быть простой, открытой, разветвленной, замкнутой или кольцевой и имеет собственные частоты. Для определения амплитуд крутильных колебаний необходимо знать амплитуды силовых воздействий. В системе вала присутствуют специальные муфты с нелинейными свойствами, которые также учитываются в расчетной схеме. Демпфирование снижает амплитуды колебаний в резонансных областях частот возбуждения и не может быть предварительно рассчитано на основе чертежа проектируемого объекта. Однако результаты многократных колебаний, изученных на двигателях различных типов, используются при расчетах [2].

Автомобиль можно представить как систему, состоящую из нескольких твердых тел, которые связаны между собой упругими элементами. Для определения колебаний кузова автомобиля при движении по неровной дороге, кузов можно рассматривать как одно твердое тело, подвешенное на рессорах и шинах. Для снижения колебаний, на кузов также воздействуют демпферы.

При простом расчете можно выделить три направления движения: вертикальное перемещение центра масс кузова, повороты вокруг продольной и поперечной осей, проходящих через центр масс. Для более точного расчета необходимо учитывать колеса автомобиля, добавляя степени свободы, соответствующие их количеству.

Важным является упрощенное представление о свойствах рессор и шин, а также о демпфирующих силах, которые могут иметь нелинейные характеристики. Также важно учитывать неровности дорожного покрытия.

Расчетная схема трансмиссии автомобиля включает в себя коленчатый вал, который можно рассматривать как упругий или жесткий в зависимости от частоты, упругую муфту сцепления, карданный вал, полуоси и колеса. Для более точного расчета и исследования колебаний, необходимо учитывать моменты инерции вращающихся масс, выбирать количество степеней свободы, учитывать упругие свойства зубьев шестерен, зазоры и силы трения, а также распределение крутящего момента по длине коленчатого вала. При вертикальных колебаниях кузова,

изменяются радиусы ведущих колес, а крутильные и вертикальные колебания становятся взаимосвязанными.

При движении автомобиля возникает явление «шимми» – колебания колес. Для изучения этого явления необходимо рассмотреть колебания управляемых колес относительно кузова автомобиля, который движется прямолинейно без колебаний. Кроме упругости рессор и шин, в расчетную схему добавляется упругость рулевого управления. Важным элементом является также схематизация сил взаимодействия шин с дорогой и свойства сервоусилителей рулевого управления.

При создании расчетной схемы необходимо заменять отдельные элементы системы на стандартные (стержни, балки, пластины и т.д.).

Список источников

1. Беляев А.Н. Сопротивление материалов: учебное пособие / А.Н. Беляев, В.В. Шередекин. – Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2013. – 559 с.

2. Вибрации в технике: справочник в 6-ти томах / Под ред. В.Н. Челомей. – Т. 3. Колебания машин, конструкций и их элементов / Диментберг Ф.М., Колесников К.С. – М.: Машиностроение, 1980 – 544 с.

© Зобов С.Ю., 2024

УДК 631.312.02

Клинк Григорий Валентинович

Приднестровский государственный университет имени Т. Г. Шевченко, заведующий кафедрой эксплуатации и ремонта машинно-тракторного парка, доцент, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь, e-mail: klink.grigoriy2016@yandex.ru

Ставинский Анатолий Сергеевич

Приднестровский государственный университет имени Т. Г. Шевченко, старший преподаватель кафедры «Технических систем и электрооборудование в АПК», аспирант, Приднестровье, Тирасполь, e-mail: 28_03_91@list.ru

Обоснование угловых изменений геометрии рабочей части крыльев лап глубокорыхлителей посевного комплекса Mzuri Pro-Til 4T

Аннотация. В статье раскрыта необходимость и обоснованность в угловом изменении геометрии рабочей части крыльев лап глубокорыхлителей посевного комплекса. При этом основные геометрические параметры крыльев лап глубокорыхлителей (длина, ширина и высота) изменениям не подвергались, что позволяет сохранять профиль нарезаемого Т – образного канала неизменным. Угловая изменённость геометрии рабочей части крыльев лап глубокорыхлителей позволит повысить удельное давление рабочей части модернизированного сменного крыла на почву, что обеспечит разрезание почвы, а не её смятие, и в итоге значительно снизить сопротивление, как самих сменных крыльев, так и всего машинно-тракторного агрегата в целом.

Ключевые слова: угловые изменения, геометрические параметры, рабочая часть крыла лапы глубокорыхлителя, посевной комплекс, машинно-тракторный агрегат.

Klink Grigory V.

T. G. Shevchenko Pridnestrovian State University,
Head of the Department of Operation and Repair of the Machine and Tractor Fleet,
Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: klink.grigoriy2016@yandex.ru

Stavinsky Anatoly S.

T. G. Shevchenko Pridnestrovian State University,
Senior Lecturer at the Department of Technical Systems and Electrical Equipment in
Agriculture, postgraduate student, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: 28_03_91@list.ru

**Substantiation of angular changes in the geometry of the working part of
the wings of the paws of deep-diggers of the Mzuri Pro-Til 4T
sowing complex**

Abstract. The article reveals the necessity and validity of an angular change in the geometry of the working part of the wings of the paws of deep-diggers of the sowing complex. At the same time, the main geometric parameters of the wings of the deep-drainers (length, width and height) were not changed, which allows you to keep the profile of the cut T-shaped channel unchanged. The angular variation in the geometry of the working part of the wings of the deep-diggers will increase the specific pressure of the working part of the upgraded replaceable wing on the soil, which will ensure cutting of the soil, rather than crumpling it, and as a result significantly reduce the resistance of both the replaceable wings themselves and the entire machine and tractor unit as a whole.

Keywords: angular changes, geometric parameters, working part of the wing of the deep-loader, sowing complex, machine-tractor unit.

В настоящее время при возделывании сельскохозяйственных культур большое внимание уделяется усовершенствованию технологии полосовой обработки почвы Strip-till.

Во многих регионах и странах мира подготовительные, посевные и операции по уходу за растениями выполняют в разное время, применяя различные технические варианты полосовой обработки почвы: разделенный или совмещённый метод обработки почвы. При совмещённом методе рыхлят и одновременно сеют в весеннее время. При этом применяют комбинированные агрегаты эшелонированного типа в составе специального культиватора и сеялки или универсальные многофункциональные посевные комплексы.

На современном этапе большой интерес вызывает одно из самых перспективных направлений совершенствования технологии Strip-till и технических средств её обеспечения – это технология Mzuri Pro-Til с использованием универсального многофункционального посевного комплекса Mzuri, как агротехнология будущего поколения [1].

В Приднестровье в ходе визуально-поисковых исследований, технической экспертизы и экспериментальных испытаний макетных образцов многофункционального посевного комплекса Mzuri при выполнении технологических операций в полевых условиях ПК «Агрофирма «Дружба» при возделывании подсолнечника и кукурузы были уточнены технические характеристики, конструктивные особенности и технологические возможности посевного комплекса, а также степень износа наиболее нагруженных рабочих органов [2].

Технология Mzuri Pro-Til предусматривает выполнение одновременно шести технологических операций (прорезание растительных остатков, полосовое глубокое рыхление почвы с локальным внесением удобрений, уплотнение с формированием семенного ложа, рыхление и высев семян, прикатывание семян, заделка семян) за один проход по полю многофункциональным посевным комплексом Mzuri без предварительной подготовки почвы непосредственно по стерне предшественника.

Проведенными визуально-поисковыми исследованиями установлено, что наиболее интенсивный износ происходит рабочих кромок режущих дисков и крыльев лап глубокорыхлителей посевного комплекса [3].

На основании проведенных экспериментальных исследований и сравнительных испытаний экспериментальных образцов крыльев лап глубокорыхлителей, а также выполненных измерений и расчётов были получены данные по потере натуральной массы сменных крыльев лап глубокорыхлителей.

Проведя анализ полученных данных, были определены зоны наибольшего износа крыльев лап глубокорыхлителей. Исходя из проведенных исследований установлена необходимость в угловом изменении геометрии рабочей части крыльев лап глубокорыхлителей посевного комплекса.

На рисунке 1 представлено серийное сменное крыло, его габаритные размеры: длина 224 мм, ширина 115 мм, высота 8 мм.

На крыле выполнен скос под углом 15 градусов относительно продольной оси, коричневым цветом обозначена основная рабочая часть крыла. Лапа глубокорыхлителя со сменным крылом формирует в почве Т-образный канал, а тукопровод и аппликатор обеспечивают подачу и равномерное раскладывание заданной нормы удобрений.

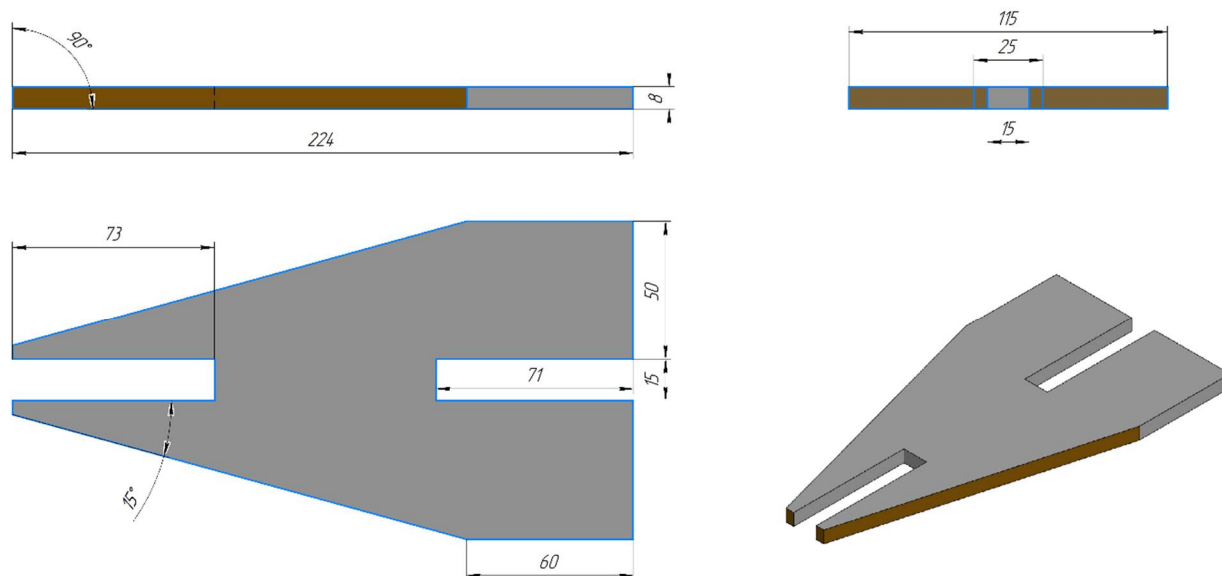


Рис. 1. Серийное сменное крыло лапы глубокорыхлителя

В процессе работы происходит износ рабочей части крыла глубокорыхлителя, что приводит к уменьшению ширины Т-образного канала. Постоянная высота рабочей части крыла обеспечивает низкое удельное давление на слой почвы в пятне контакта с рабочей частью крыла и приводит к смятию почвы, что повышает сопротивление и износ рабочего органа.

Исходя из вышеизложенного, для уменьшения сопротивления и износа сменных крыльев глубокорыхлителя, считаем целесообразным рассмотреть возможность изменения угловых геометрических параметров рабочего органа.

На рисунке 2 представлено модернизированное сменное крыло, его габаритные размеры аналогичны серийному сменному крылу (длина 224 мм, ширина 115 мм, толщина 8 мм), а на модернизированном крыле выполнен скос под углом 5 градусов относительно горизонтальной плоскости, 30 градусов относительно продольной оси, и угол наклона 10 градусов относительно поперечной оси.

Основные геометрические параметры сменного крыла: длина, ширина и высота изменениям не подвергались, что позволяет сохранить профиль нарезаемого Т-образного канала неизменным.

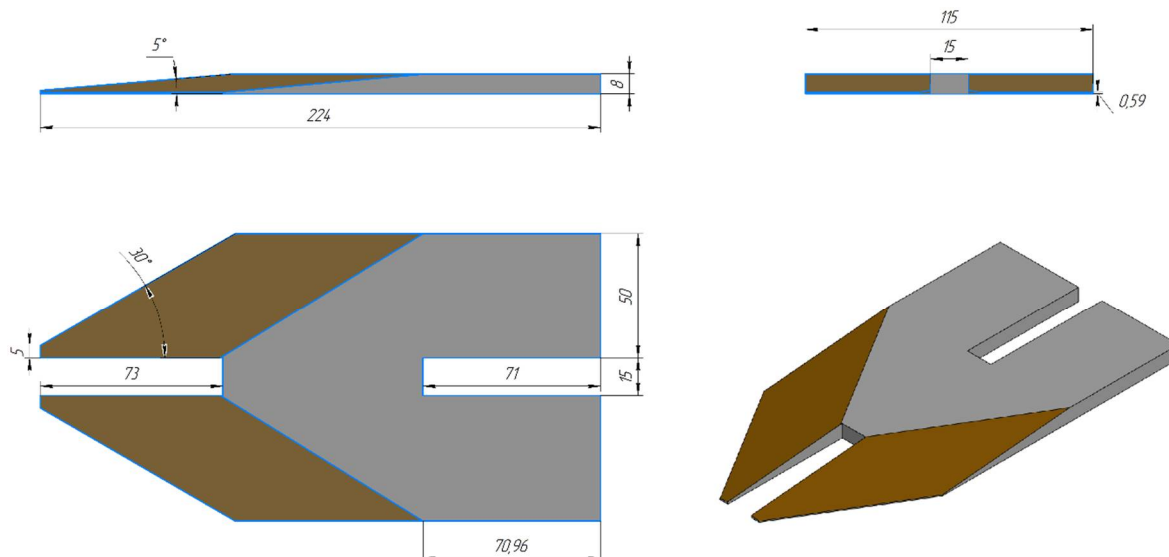


Рис. 2. Модернизированное сменное крыло лапы глубокорыхлителя

Угловая изменённость геометрии рабочей части крыльев лап глубокорыхлителей позволит повысить удельное давление рабочей части модернизированного сменного крыла на почву, что обеспечит разрезание почвы, а не её смятие, и в итоге значительно снизить сопротивление как самих сменных крыльев, так и всего машинно-тракторного агрегата в целом.

Список источников

1. MZURI PRO-TILL: технология будущего уже сегодня [Электронный ресурс]. – URL: <https://rynok-apk.ru/articles/technology/mzuri-pro-till/>?
2. Аналитический обзор и исследование применения многофункционального посевного комплекса для возделывания сельскохозяйственных культур по технологии mzuri pro-til / Г.В. Клинк, А. В. Димогло, А. С. Ставинский // Вестник Приднестровского университета. Сер.: Физико-математические и технические науки [Электронное издание]. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2023. – № 3(75), – С. 93-95.
3. Экспериментальные исследования и испытания упрочненных рабочих органов многофункционального посевного комплекса mzuri pro-til 4t select / А. С. Ставинский, Е. В. Юрченко, Г. В. Клинк, С. Ю. Косаченко // Вестник Приднестровского университета. Сер.: Физико-математические и технические науки [Электронное издание]. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2023. – № 3(75), – С. 96-103.

@ Клинк Г.В., Ставинский А.С., 2024

УДК 691.175.664

Новиков Алексей Евгеньевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, старший преподаватель, Россия, Воронеж, e-mail: novikov-alexey1@yandex.ru

Кузнецов Алексей Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: kuz-basss@yandex.ru

Полиуретан: преимущества, недостатки, области применения

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные области применения полиуретана, его преимущества, недостатки и перспективы использования.

Ключевые слова: полиуретан, машиностроение, конструирование, материалы.

Novikov Alexey E.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Applied Mechanics, Senior lecturer, Russia, Voronezh, e-mail: novikov-alexey1@yandex.ru

Kuznetsov Alexey N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: kuz-basss@yandex.ru

Polyurethane: advantages, disadvantages, applications

Abstract. This article discusses the main applications of polyurethane, its advantages, disadvantages and prospects of use.

Keywords: polyurethane, mechanical engineering, design, materials.

Полиуретан – это синтетический полимер, который получают из полиола, продукта переработки сырой нефти. Он обладает уникальными эксплуатационными характеристиками, что делает его востребованным материалом в различных отраслях промышленности.

Полиуретан обладает рядом уникальных свойств, которые являются весомыми преимуществами, по сравнению с другими материалами:

1. Высокая эластичность и упругость. Полиуретан способен выдерживать значительные нагрузки и деформации без разрушения.

2. Износостойкость и долговечность. Полиуретан устойчив к истиранию, механическим повреждениям и многократному действию различных нагрузок, что обеспечивает долгий срок службы изделий.

3. Химическая стойкость. Полиуретан устойчив к воздействию большинства химических веществ, включая масла, кислоты и щелочи.

4. Высокие демпфирующие свойства. Полиуретан обладает отличными амортизационными характеристиками, что делает его идеальным для использования в механизмах с непостоянными нагрузками.

5. Устойчивость к атмосферным воздействиям. Полиуретановые изделия не подвержены влиянию перепадов температур, влажности и ультрафиолетового излучения, что обеспечивает их долговечность в различных климатических условиях.

6. Диэлектрические свойства. Полиуретан обладает отличными диэлектрическими свойствами, что делает его безопасным для использования в электрических и электронных устройствах [3].

Полиуретан, несмотря на свои многочисленные преимущества, также имеет ряд недостатков, которые следует учитывать при его использовании в различных отраслях:

1. Низкая стойкость к некоторым химическим веществам. Полиуретан может быть подвержен разрушению при длительном воздействии хлороорганических соединений, ароматических углеводородов и некоторых кислот.

2. Ломкость при экстремально низких температурах. При длительном нахождении в условиях низких температур (ниже -50°C) полиуретан может становиться хрупким и ломким, что снижает его прочность и долговечность.

3. Сложность утилизации и соблюдения экологических норм. Полиуретан не разлагается естественным путем и его сжигание сопровождается выбросом токсичных веществ в атмосферу. Переплавка и получение вторсырья требуют сложной сортировки изделий с различными характеристиками.

Одной из основных отраслей, где все чаще применяется полиуретан, является машиностроение (рис. 1).



Рис. 1. Изделия из полиуретана, применяемые в машиностроении

Отлично себя зарекомендовали полиуретановые уплотнители и прокладки, которые широко используются в различных узлах для герметизации соединений и предотвращения утечек. Они обеспечивают надежную защиту от пыли, влаги и других загрязнений, при этом обладают большим запасом прочности и сопротивлению истиранию. Кроме этого полиуретан широко применяется для изготовления виброизоляционных и шумопоглощающих элементов, которые снижают уровень шума и вибрации в машинах и оборудовании. Активно осваивается использование полиуретана для производства подшипников и втулок, которые обладают высокой износостойкостью и способны работать в условиях тяжелых нагрузок [2]. Благодаря своим демпфирующим свойствам, полиуретан используется для изготовления амортизаторов, которые смягчают удары и вибрации, обеспечивая плавную работу механизмов [1]. Для защиты металла от коррозии и внешнего воздействия применяют полиуретановые покрытия, которые обеспечивают как химическую, так и механическую защиту, что делает их незаменимыми в различных промышленных и ремонтных условиях.

В строительстве полиуретан используется для создания теплоизоляционных панелей, которые обеспечивают эффективное сохранение тепла в жилых, коммерческих и промышленных зданиях (рис. 2). Помимо этого, полиуретан используется в строительных герметиках, которые помогают защитить здания от проникновения влаги и предотвращают потерю тепла через швы и стыки. Они устойчивы к воздействию повышенной влажности и предотвращают образование плесени и грибка.

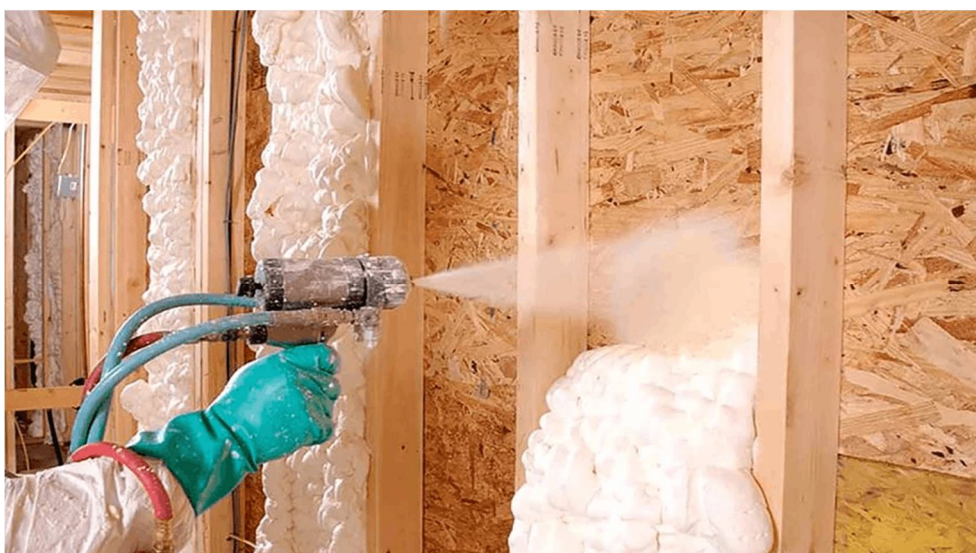


Рис. 2. Напыление теплоизоляционного материала из полиуретана

Широкое применение полиуретан обрел и в медицине, так как он обладает следующими специфичными для данной отрасли свойствами:

1. Невосприимчивость к органике.
2. Гипоаллергенность.
3. Проницаемость для рентгеновских лучей.
4. Легкость стерилизации.
5. Возможность моделирования и придания необходимой формы.

Благодаря этому стало возможно изготовление протезов, имплантатов, различного медицинского оборудования, а так же расходных материалов – бинтов, повязок, перчаток с более высоким сроком службы, повышенным комфортом и безопасностью.

Таким образом, полиуретан является незаменимым материалом в различных областях благодаря своим уникальным свойствам и широкому спектру применения. Его использование способствует повышению надежности и долговечности машин и оборудования, а также снижению затрат на их обслуживание. В будущем можно ожидать дальнейшего развития и внедрения новых полиуретановых технологий, что откроет новые возможности для машиностроения, строительства, медицины. Однако, несмотря на многочисленные преимущества полиуретана, его недостатки также требуют внимания и учета при выборе материала для различных применений. Разработка новых технологий и методов утилизации полиуретана может помочь снизить негативное воздействие на окружающую среду и расширить его использование в различных отраслях.

Список источников

1. Новиков А.Е. Улучшение поворачиваемости машинно-тракторного агрегата за счет совершенствования задней навесной системы: дис. ... канд. техн. наук: 4.3.1. / А.Е. Новиков. – Воронеж, 2024. – 173 с.
2. Яковлев С.Н. О некоторых физических свойствах конструкционных полиуретанов / С.Н. Яковлев // Известия СПбТИ. – 2013. – № 20. – С. 78–80.
3. Яковлев С.Н. Расчет полиуретановых деталей, работающих на сжатие при статической нагрузке / С.Н. Яковлев // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – № 1(190). – 2014. – С. 137–142.

© Новиков А.Е., Кузнецов А.Н., 2024

УДК 631.234

Титова Ирина Вячеславовна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, доцент, кандидат технических наук, доцент, Россия, Воронеж
e-mail: titovair@yandex.ru

Чупахин Александр Викторович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, агроинженерный факультет, к.т.н., доцент, Россия, Воронеж,
e-mail: chup154@gmail.com

Коноплин Алексей Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, агроинженерный факультет, к.т.н., доцент, Россия, Воронеж,
e-mail: kan_457@mail.ru

Булыгин Николай Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: bulnik2791@gmail.com

Некоторые области применения солнечной энергии в сельском хозяйстве

Аннотация: Целью данного обзора является изучение применения солнечной энергии как альтернативного источника энергии для использования в сельском хозяйстве. В нем обсуждаются сферы и области применения солнечной энергии для охлаждения помещений, производства удобрений и техники на солнечной энергии.

Ключевые слова: солнечная энергия, удобрения, возобновляемые источники, сельское хозяйство

Titova Irina V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, department of operation of transport and technological machines, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russia, Voronezh
E-mail: titovair@yandex.ru

Chupakhin Alexander V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Faculty of Agroengineering, Ph.D., Associate Professor, Russia, Voronezh,
e-mail: chup154@gmail.com

Konoplin Alexey N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Faculty of Agroengineering, Ph.D., Associate Professor, Russia, Voronezh,
e-mail: kan_457@mail.ru

Bulygin Nikolay N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Department of Operation of Transport and Technological Machines, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: bulnik2791@gmail.com

Some applications of solar energy in agriculture

Abstract: The purpose of this review is to study the use of solar energy as an alternative energy source for use in agriculture. It discusses the fields and applications of solar energy for indoor cooling, fertilizer production and solar-powered machinery.

Keywords: solar energy, fertilizers, renewable sources, agriculture

Солнечная энергия скоро станет основным энергетическим ресурсом, используемый человеком. Рассмотрим те области сельского хозяйства, где применение солнечной энергии является перспективным направлением.

Использование солнечной энергии для целей охлаждения помещений – перспективная идея, набирающая популярность и воплощающаяся в разных технических решениях [1]. На рисунке 1 изображена схема охладителя с солнечными коллекторами.

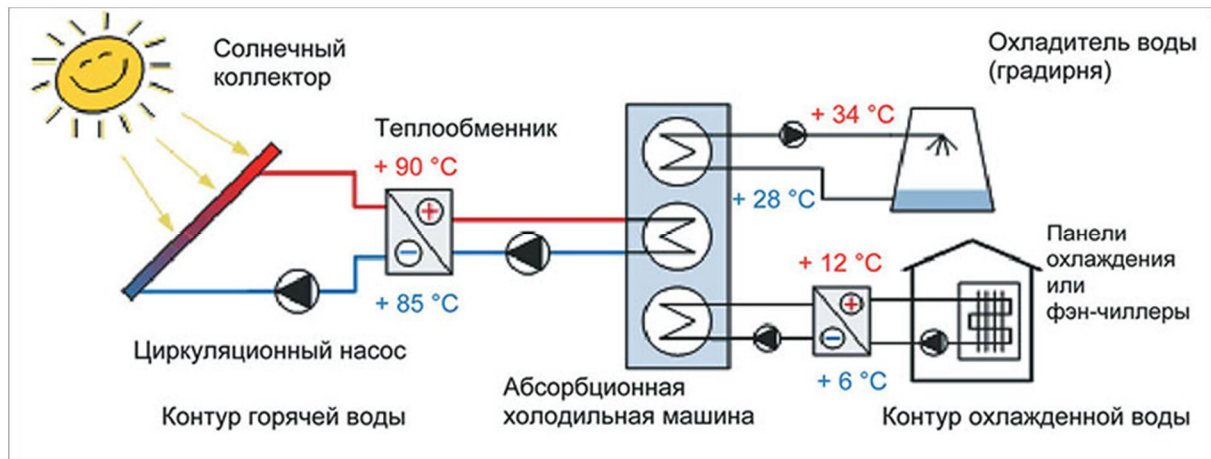


Рис.1. Схема охладителя с солнечными коллекторами

Применение систем охлаждения на основе солнечных батарей станет распространенным явлением по мере снижения ценности фотоэлектрических технологий.

В зависимости от батареи и резервуара для хранения воды общий КПД системы может увеличиться с $6,73\%$ до $10,27\%$ при использовании в холодильных установках.

Охлаждение помещений с помощью активных и пассивных солнечных технологий – общемировая тенденция, которая ввиду очевидных климатических изменений имеет огромную перспективу технического развития и широкого применения.

Широкое распространение и внедрение солнечных электростанций в России зависит от эффективности государственной поддержки, которая на сегодняшний день необходима и играет важную роль в поддержке энергетического перехода (рис. 2).

Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур широко применяется внесение удобрений. Они являются источником витаминов

для роста растений и созревания плодов. В сельском хозяйстве аммиак, являющийся наиболее важным химическим веществом, играет решающую роль в производстве удобрений с использованием термохимического процесса. Это позволяет производить в мире до 140 миллионов тонн аммиака (NH_3) в год. Этот процесс очень энергозатратен. По всему миру более сотни электростанций по всему миру работают для капитальных вложений в строительство заводов по производству минеральных удобрений. Преобразование в соединения на основе азота, которые затем могут быть использованы для удобрения растений, могут осуществляться за счет энергии солнца. Поэтому использование солнечной энергии для удовлетворения потребностей в минеральных удобрениях является жизнеспособным вариантом. Преобразование в соединения на основе азота, которые затем могут быть использованы для удобрения растений, могут осуществляться за счет энергии солнца.



Рис. 2. Солнечная электростанция

В настоящее время ведутся разработки в области технологий химии на солнечной энергии, что позволит производить удобрения прямо на полях, и применять непосредственно на урожаи посредством капельного орошения [2].

Техника на солнечной энергии обладают огромным потенциалом для выполнения сельскохозяйственных работ, таких как посев, прополка, вспашка, опрыскивание, внесение удобрений и сбор урожая в теплицах и на фермах открытого грунта. Сельскохозяйственные роботы в настоящее время питаются от перезаряжаемых батарей и электродвигателей, поэтому объединение с ними фотоэлектрического модуля является жизнеспособным решением.

Несколько производителей проводят разработки и исследовательские инициативы по созданию интеллектуальных роботов для прополки,

которые используют цифровые камеры для различия рядов посевов и получения крупномасштабных видов полей, используя методы обработки изображений, совместимые с сельскохозяйственными работами. Трактор считается самой важной машиной в сельском хозяйстве. Обычные тракторы работают на масле, которое не только увеличивает стоимость сельского хозяйства, но и наносит вред окружающей среде, выделяя углекислый газ. Тракторы используются для механизации сельскохозяйственных работ, таких как посадка, вспашка, жатва и сбор урожая. Таким образом, тракторы на солнечной энергии становятся жизнеспособным вариантом, который позволяет миллионам людей работать в дневное и ночное время, используя фотоэлектрические модули и батареи соответственно (рис. 3).



Рис. 3. Трактор на солнечных батареях

В настоящее время разработка тракторов на солнечной энергии находится на начальной стадии, но их перспективы в сельском хозяйстве радужны и неоспоримы.

Список источников

1. Акулова Т.К. Альтернативные виды энергии и их применение в России // Студенческий научный форум-2019: Интернет-портал.

URL: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018017168> (дата обращения 23.05.2019).

2. Лопез А. Можно ли использовать солнечную энергию в поле // Технологии: Интернет-портал. URL: <https://www.fertilizerdaily.ru/20170407-mozhno-li-ispolzovat-solnechnuyu-energiyu-dlya-sozdaniya-udobrenij-pryamo-na-pole/?ysclid=m3g2ylgegx897835669> (дата обращения 07.04.2017).

УДК 628.83

Звонкий Виталий Георгиевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, заведующий кафедрой автоматизированных технологий и промышленных комплексов, доцент, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь, e-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

Бурменко Феликс Юрьевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, заведующий кафедрой машиноведения и технологического оборудования, доцент, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь, e-mail: burmenco@mail.ru

Бурменко Даниил Юрьевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, кафедра технических систем и электрооборудования в АПК, магистр, Приднестровье, Тирасполь, e-mail: dburmenco@mail.ru

Современный подход в нейтрализации вентиляционных выбросов на предприятиях АПК

Аннотация. В статье предложено техническое решение для очистки вентиляционных воздушных выбросов, дымовых газов, паровоздушных смесей от тонкодисперсной твердой и жидкой фазы и вредных гомогенных примесей. Устройство может найти применение в различных отраслях промышленности аграрного комплекса, а также в экологических процессах газоочистки.

Ключевые слова: вытяжная система вентиляции, нейтрализация вытяжных газов, эффективность нейтрализации.

Zvonkiy Vitaliy G.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Head of the Department of Automated Technologies and Industrial Complexes, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol, e-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

Burmenko Felix Yu.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Head of the Department of Mechanical Engineering and Technological Equipment, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol, e-mail: burmenco@mail.ru

Burmenko Daniil Yu.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Department of Technical Systems and Electrical Equipment in Agriculture, Master's degree, Pridnestrovia, Tiraspol, e-mail: dburmenco@mail.ru

A modern approach to neutralizing ventilation emissions at agricultural enterprises

Abstract. The article proposes a technical solution for cleaning ventilation air emissions, flue gases, vapor-air mixtures from finely dispersed solid and liquid phases and harmful homogeneous

impurities. The device can be used in various industries of the agricultural complex, as well as in environmental processes of gas purification.

Keywords: exhaust ventilation system, exhaust gas neutralization, neutralization efficiency.

В настоящее время известно достаточно большое количество методов нейтрализации воздушных выбросов так, например, для обработки воздуха используют ионизатор, недостатком того устройства является необходимость пропускания через ионизатор весь объем вытяжных газов, что снижает производительность очистки и вынуждает повышать мощность ионизатора [1]. Устранение недостатка достигнуто в конструкции устройства для нейтрализации газов вытяжной системы вентиляции в котором весь вентиляционный воздух проходит по выпускному воздухопроводу и удаляется в атмосферу, при этом в выхлопной трубе размещен узел смешения газов куда подается порция ионизированного воздуха от ионизатора, перемешивается с основным выбросом и нейтрализует его [2]. Однако есть ряд существенных недостатков, а именно не обеспечивается высокая эффективность и экономичность нейтрализации. Это объясняется тем, что блок очистки газов с узлом смешения газов выполнен в виде последовательно установленных в выхлопной трубе кавитаторов, имеющих форму диска с центральным отверстием, что позволяет создать в его отверстии разрежение и обеспечить подсос в зону смешивания ионизированного воздуха.

В данном устройстве диск с центральным отверстием не является кавитатором, а по факту узлом смешивания основного выброса с ионизированным газом за счет его подсоса от ионизатора, то есть является ионоаэратором (смесителем различных струй воздуха). Кавитация в научных источниках описана как явление, возникающее именно в жидкостях, и возникает в результате местного понижения давления в жидкости при этом образуются маленькие пузырьки пара, которые, хотя и создают завивающиеся потоки газа и оказывают разрушительное действие на металлические механизмы, например, на гребные винты [3].

Кроме того, в процессе вентиляции концентрация вентиляционных выбросов меняется и в таком устройстве нет возможности корректировать подачи ионизированного воздуха, что приводит к снижению эффективности нейтрализации. Следовательно, есть необходимость ввести в конструкцию устройства узел регулирования.

Следует отметить, что процесс ионизации можно интенсифицировать. При наличии в ионизируемом воздухе катализатора – мелкодисперсно распыленных капель воды, что позволяет в большей степени насытить воздух ионами, а это в свою очередь позволяет повысить уровень нейтрализации основного потока вентиляционных выбросов [4].

Целью являлось повышение эффективности нейтрализации вентиляционных выбросов за счет интенсификации процесса их диффундирования с ионизированным воздухом. Поставленная цель

достигается тем, что в устройстве для нейтрализации вентиляционных выбросов в котором имеется вытяжной вентилятор, блок очистки (нейтрализации) с ионизатором нейтрализующего газа (атмосферного воздуха), а также расположенный в выпускном газоходе модуль смешивания вентиляционных выбросов с нейтрализующим газом имеющим ионаэрактор и воздушную магистраль, связывающую ионизатор с блоком очистки (нейтрализации), модуль смешивания снабжен обтекателем. Обтекатель состоит из двух усеченных полых конусов, соединенных малыми основаниями между собой и образующих диффузор Вентури, он большими основаниями осесимметрично размещен в выпускном газоходе, а в узком сечении диффузора соосно с ним на конце воздушной магистрали через гофрированную вставку установлен ионаэрактор, который смешивает нейтрализующий газ с вентиляционным выбросом.

Ионаэрактор в свою очередь выполнен в виде конического сопла, а вокруг сопла по внутреннему контуру нижнего конуса диффузора установлен узел орошения. Этот узел выполнен в виде кольцевого водораспределительного коллектора с водоструйными форсунками, вектор движения факела которых совпадает с вектором движения потока ионизированного воздуха.

При работе устройства степень нейтрализации вентиляционных выбросов и процесс диффундирования определяется концентрацией ионов в модуле смешивания, и это количество регулируется изменением зазора (величиной прохода) между коническим соплом и нижним конусом диффузора. Кроме того, диффузор снабжен датчиком ионов, установленным в конце диффузора в верхней его части и скоммутирован с блоком управления, а коническое сопло установлено с возможностью перемещения вдоль оси диффузора посредством приводного механизма. В свою очередь информация от датчика ионов вводится в блок управления процесса нейтрализации, который вносит коррекцию в работу приводного механизма конического сопла поддерживая тем самым оптимальную степень диффундирования и уровень нейтрализации вентиляционных выбросов на выходе из газохода которые дополнительно орошаются водоструйными форсунками мелкодисперсного пневматического распыления.

Таким образом описанные технические инновации обеспечивают повышение эффективности нейтрализации вентиляционных выбросов за счет интенсификации процесса их диффундирования с ионизированным воздухом.

Предлагаемое техническое решение может быть использовано в вентиляционных устройствах – в системах очистки и нейтрализации вытяжных газов в различных отраслях промышленности и медицинской сфере, а также в экологических процессах.

Сущность инновации поясняется иллюстрациями, где на рисунке 1а показана принципиальная конструктивно-технологическая схема устройства –

общий вид, на рисунке 1б – модуль смешивания, на рисунке 1в – размещение кольцевого водораспределительного коллектора с водоструйными форсунками (разрез А-А).

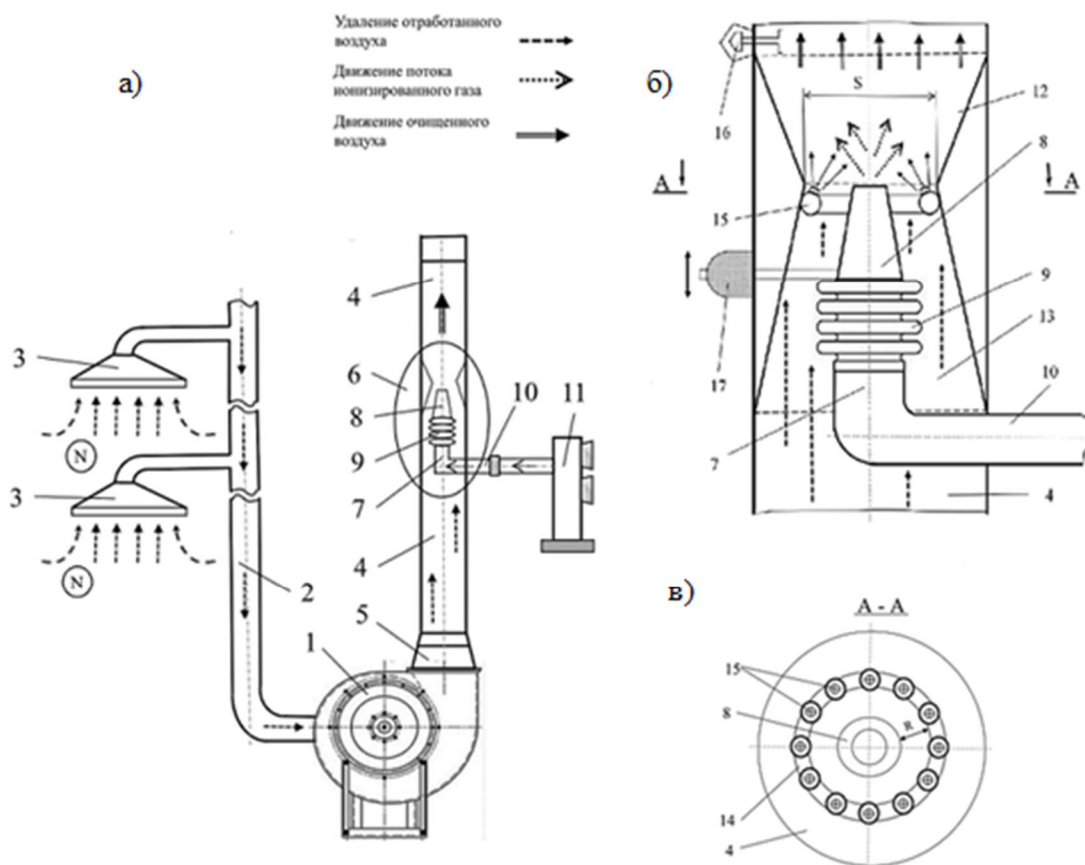


Рис. 1. Принципиальная конструктивно-технологическая схема устройства

Устройство для нейтрализации вентиляционных выбросов (рис. 1), содержит вытяжной вентилятор 1, который посредством вытяжного воздуховода 2 соединен с зонтами вытяжки 3 отсасывающие загрязненный воздух из зоны загазованности N и выпускного газохода 4 соединенного с нагнетательным патрубком 5 вентилятора 1. В выпускном газоходе 4 смонтирован модуль смешивания 6 включающий ионизатор 7 выполненный в виде конического сопла 8 с гофрированной вставкой 9 и посредством воздушной магистрали 10 связывающей его с ионизатором 11.

Модуль смешивания 6 снабжен обтекателем, состоящим из двух усеченных полых конусов 12 и 13 соединенных малыми основаниями между собой и образующих диффузор Вентури, а большими основаниями осесимметрично размещены в выпускном газоходе 4, где в узком сечении диффузора S соосно с ним размещено коническое сопло 8, а вокруг него по внутреннему контуру нижнего конуса диффузора установлен узел орошения в

виде кольцевого водораспределительного коллектора 14 с водоструйными форсунками 15.

Для определения степени нейтрализации вентиляционных выбросов и процесса диффундирования в модуле смешивания 6 в конце диффузора 12 установлен датчик ионов 16, информация от него поступает в блок управления процесса нейтрализации который вносит коррекцию в работу приводного механизма 17 конического сопла 8 поддерживая тем самым оптимальную степень и уровень нейтрализации вентиляционных выбросов на выходе из выпускного газохода 4.

Для надлежащей работы вытяжной системы вентиляции вентилятором 1 в вытяжном воздуховоде 2 создается пониженное давление, что позволяет посредством зонтов вытяжки 3 отсасывать загрязненный воздух из зоны загазованности N и подавать его в выпускной газоход 4.

В выпускном воздуховоде 4 проходя его узкое сечение диффузора в зазоре R между соплом 8 и конусом 13 обтекателя за счет потока воздуха, создаваемого вентилятором 1 создается в этом сечении пониженное давление которое эжектирует (отсасывает) из конического сопла 8 проходящий через ионизатор 11 ионизированный воздух. Исходящий из сопла 8 ионизированный воздух, проходя через диффузор вместе с вентиляционным выбросом диффундируется (смешивается) с ним и нейтрализует его. Одновременно в узле орошения форсунки 15 мелкодисперсного пневматического распыления создают факелы распыла воды, вектор движения которых совпадает с вектором движения потока ионизированного воздуха, что позволяет в большей степени насытить воздух ионами и интенсифицировать процесс ионизации за счет наличия в ионизируемом воздухе катализатора – мелкодисперсно распыленных капель воды.

Вентиляционный выброс проходя зону действия датчика ионов 16 установленного в конце диффузора 12 по ходу движения газов, воздействует на него, информация от датчика вводится в блок управления, и посредством сигнала через управляющий драйвер (контроллер) он выдает сигнал приводному механизму 17 который перемещает коническое сопло 18 вдоль оси конуса 13 диффузора изменяя зазор R между ними. Изменение зазора R вызывает перемену пониженного давления, которое корректирует степень эжекции и соответственно количество подсосываемого ионизированного воздуха, поддерживая тем самым оптимальную степень диффундирования и уровень нейтрализации вентиляционных выбросов на выходе из газохода. Задача датчика ионов 16 непрерывно измерять их содержание в газоходе 4 на оптимальном уровне и посредством выходного сигнала регулировать работу модуля смешивания 6, который благодаря этому обеспечивает эффективную нейтрализацию состава газов вентиляционного выброса.

При помощи газоанализатора «Сенсон-СД-7032» [5] проведена опытно-лабораторная проверка макетного образца ионного нейтрализатора с

предлагаемой конструкцией модулем смешивания с узлом орошения, результаты которых приведены в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что предлагаемое техническое решение показало его эффективность особенно при очистке выбросов аммиака, хлора, метанола и формальдегида преимущественно имеющихся в рабочих зонах производственных помещений.

Таблица 1. Перечень неисправностей, влияющих на расход топлива

Наименование загрязнителя в зоне загазованности <i>N</i> и санитарно-вентиляционном выбросе	Концентрация загрязнителя, мг/м ³			Максимальные ПДК загрязнителей воздуха для биосферы, мг/м ³
	В зоне загазованности <i>N</i>	на выходе из газохода		
		Базовый вариант	Новый вариант	
Сернистый газ	0,5	0,015	0,01	0,02
Аммиак	0,2	0,04	0,03	0,05
Двуокись азота	0,085	0,01	0,01	0,01
Хлор	0,1	0,02	0,015	0,025
Сероводород	0,008	0,007	0,006	0,008
Метанол	1,0	0,2	0,015	0,2
Формальдегид	0,035	0,025	0,02	0,02

Таким образом, устройство для нейтрализации вентиляционных выбросов обеспечивает повышение эффективности нейтрализации вентиляционных выбросов за счет интенсификации процесса их диффундирования с ионизированным воздухом.

Список источников

1. Патент RU 94 669 U1, МПК F24F 3/16. Опубл. 27.05.2010, Бюл. № 15.
2. Патент RU 2 051 317 C1, МПК F24F 7/06. Опубл. 27.12.1995, Бюл. № 48.
3. Современное состояние использования квантовых технологий (краткий обзор) / А.Ю. Радзюк [и др.]. – Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 9. – 209-218.
4. Марченко В.Г. Исследование термовлажностных процессов в аппаратах кондиционирования воздуха, изменяющих аэроионный состав воздуха / В.Г. Марченко// Электронный журнал «Проблемы региональной энергетики». – 2015. – № 3(29).– С. 86-91. Режим доступа: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/41712
5. Руководство по эксплуатации газоанализатора стационарного «Сенсон-СД» / ООО «НИИИТ» г. Москва, 2017. – 43 с. Режим доступа: <https://www.gasdetecto.ru/files/330/senson-cd-7032-7033-re.pdf>

© Звонкий В.Г., Бурменко Ф.Ю., Бурменко Д.Ю., 2024

Секция 2. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ, ХРАНЕНИЯ ПРОДУКЦИИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 633.15:631.58

Арионов Андрей Александрович

Государственное образовательное учреждение Приднестровский Государственный университет им. Т.Г. Шевченко, кафедра технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, магистрант, Приднестровье, Тирасполь,
e- mail: arionov.andrei2001@mail.ru

Гуманюк Алексей Васильевич

Государственное унитарное предприятие «Приднестровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Приднестровье, Тирасполь,
e- mail: gumaniuc_alexei@mail.ru

Пазяева Татьяна Владимировна

Государственное образовательное учреждение Приднестровский Государственный университет им. Т.Г. Шевченко, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Приднестровье, Тирасполь,
e- mail: pazyaevat@mail.ru ORCID 0000-0002-1236-9580

Эффективность возделывания кукурузы на зерно в севообороте при разных системах земледелия

Аннотация. Исследовано влияние систем земледелия и удобрений на динамику азота, калия и фосфора в пахотном слое почвы при выращивании кукурузы после подсолнечника. В традиционной системе использовались минеральные удобрения, в альтернативной – органическое удобрение (навоз). Vegetация кукурузы сопровождалась увеличением содержания азота, постоянными показателями калия и снижением фосфора, особенно при альтернативной системе. Орошение снизило содержание нитратов и фосфатов, при этом почти не влияло на калий. В условиях водной и воздушной засухи без орошения урожайность кукурузы не сформировалась.

Ключевые слова: системы земледелия, удобрения, азот, калий, фосфор, кукуруза, орошение, засуха, почва

Arionov Andrey A.

Shevchenko State University of Pridnestrovie Department of Technology of Agricultural Production and Processing, Master's student, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: arionov.andrei2001@mail.ru

Gumanyuk Alexey V.

State Unitary Enterprise «Pridnestrovian Scientific Research Institute of Agriculture», Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: gumaniuc_alexei@mail.ru

Pazyayeva Tatiana V.

Shevchenko State University of Pridnestrovie, Department of Technology of Agricultural Production and Processing, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: pazyayevvat@mail.ru

Effectiveness of Grain Maize Cultivation in Crop Rotation under Different Farming Systems

Abstract. The study examines the impact of farming systems and fertilizers on the dynamics of nitrogen, potassium, and phosphorus in the arable soil layer when growing corn after sunflower. In the traditional system, mineral fertilizers were used, while in the alternative system, organic fertilizer (manure) was applied. During the corn vegetation period, nitrogen content increased, potassium levels remained stable, and phosphorus content decreased, especially in the alternative system. Irrigation reduced the content of nitrates and phosphates, with minimal effect on potassium. In conditions of water and air drought without irrigation, corn yield did not form.

Keywords: farming systems, fertilizers, nitrogen, potassium, phosphorus, corn, irrigation, drought, soil.

Кукуруза (маис) наиболее важная в мире зерновая культура после пшеницы и риса по величине посевных площадей. Она занимает в мире второе место по ареалу возделывания в диапазоне широт от 55°N до 40° S и даже на высоте 4000 м над уровнем моря. Это универсальная зерновая культура с большим продуктивным и адаптивным потенциалом, продуктивно использует почвенно-климатические условия, благодаря хорошей пластичности, способна отзываться прибавкой урожая на обеспечение водного и пищевого режимов почвы, улучшение агротехники в посевах [2, 3, 4].

Научно-исследовательская работа проводилась в ГУ «Приднестровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» по теме № 6 «Мониторинг плодородия почв и разработка агротехнических мероприятий для его поддержания и постепенного восстановления». Опыты по разработке мероприятий, предусматривающих сохранение и увеличение плодородия черноземных почв, а также мониторинг состояния почв, проводятся в ПМР впервые. Цель исследований – приостановить деградационные процессы черноземов и определить пути их улучшения, не снижая производительности сельскохозяйственных культур. В испытании две системы земледелия – традиционная (с применением ежегодной вспашки и минеральных удобрений) и альтернативная (посев некоторых культур по дискованию, применение сидератов, навоза и уменьшенных доз минеральных удобрений). Задача исследований: изучить влияние севооборота, орошения, удобрений и обработки почвы на изменение параметров плодородия почвы в посевах кукурузы.

При закладке опыта использовали метод расщепленных блоков. Опыт 3-факторный. Принципиальная схема предполагает изучение следующих факторов и их градаций.

А. Орошение:

1. Без орошения (контроль);
2. Поливы через 3 дня;
3. Поливы через 5 дней;
4. Поливы через 7 дней.

Б. Система земледелия:

1. С применением минеральных удобрений и вспашки (традиционная);
2. С применением органо-минеральных удобрений и некоторых элементов минимизации основной обработки почвы (альтернативная).

С. Удобрения.

1. При традиционной системе земледелия: К (контроль) – без удобрений; 1 доза – N 60 P 45; 2 доза – N 120 P 90; 3доза – N 180 P 135.
2. Альтернативная система земледелия: органические удобрения 30, 45 и 60 т/га.

Объект исследований – кукуруза гибрид Порумбень 385 [1]. Предшественник для кукурузы был подсолнечник. Агротехника общепринятая.

Конечно, мы осознаем, что говорить о плодородии почв по результатам однолетних опытов или даже тринадцатилетних не совсем правильно. Однако проводить мониторинг направления процессов происходящих в почве необходимо. Для начала рассмотрим, как складывался пищевой режим почвы в динамике.

Под кукурузу при традиционной системе земледелия вносили по 45, 90 и 135 кг д.в./га азота и фосфора, а при альтернативной системе земледелия – по 30, 45 и 60 т/га навоза. Кукуруза была единственной культурой севооборота, под которой содержание азота в течение вегетации возрастало, причем при традиционной и альтернативной системах земледелия (рис. 1).

Содержание калия в почве по периодам развития кукурузы было более или менее постоянным, с незначительно более высокими значениями при альтернативной системе земледелия (рис. 2).



Рис. 1. Влияние систем земледелия на динамику нитратов в пахотном слое почвы, мг/кг

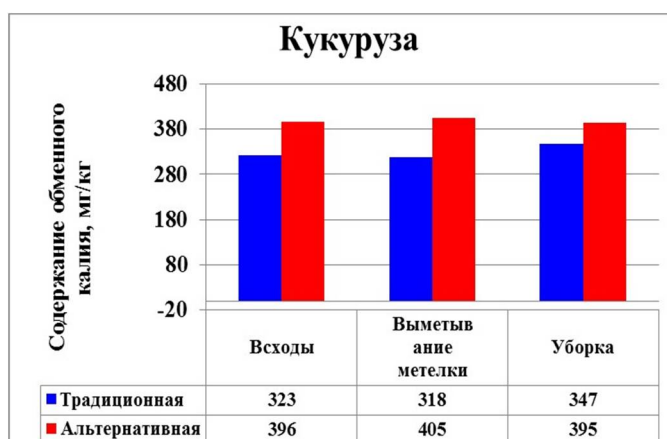


Рис.2. Влияние систем земледелия на динамику обменного калия в пахотном слое почвы, мг/кг

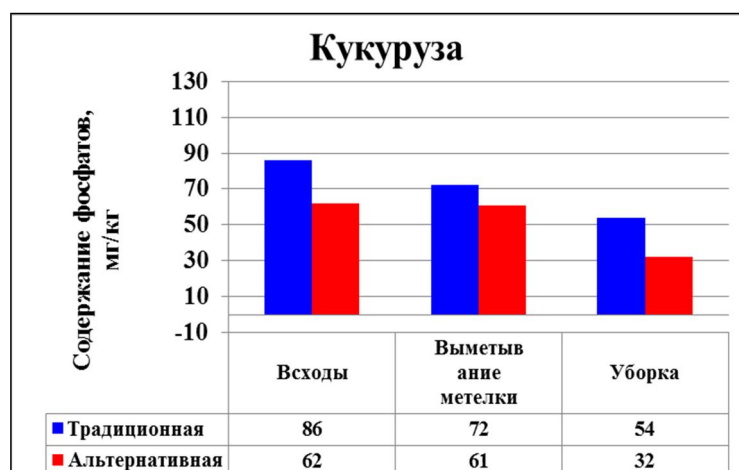


Рис. 3. Влияние систем земледелия на динамику фосфатов в пахотном слое почвы, мг/кг

Содержание фосфора в течение вегетационного периода постепенно уменьшалось, а при уборке наблюдалось наименьшее значение при альтернативной системе земледелия – 32 мг/кг.

В 2023 году на варианте без орошения увеличение доз удобрений способствовало накоплению содержания в почве нитратов, 15-44 мг/кг в среднем за год. Орошение снизило содержание нитратов существенно – максимумы не превышали 35-47 мг/кг.

По фосфору в вариантах без орошения лучший пищевой режим складывался на второй дозе удобрений, где его содержание доходило до 80 мг/кг почвы. Орошение снижало содержание в почве фосфатов, возможно, из-за их частичной мобильности.

Содержание в пахотном слое почвы обменного калия варьировало в пределах 255-452 мг/кг, с более высокими его значениями на максимальных дозах удобрений или навоза. По причине слабой мобильности калия орошение практически не влияло на его содержание.

Посев кукурузы провели 5 мая, а массовые всходы были получены 23 мая. В течении 4 дней после массовых всходов выпало 49 мм осадков, а в последующие три месяца – всего 53 мм. Водная и воздушная засухи на варианте без орошения не позволили сформировать какую либо урожайность.

Несмотря на проведение в 2023 году шести вегетационных поливов урожайность кукурузы была значительно ниже по сравнению с другими годами. На орошаемых участках она была выше на 4,1-4,8 т/га, чем на богаре. Прибавки урожайности от орошения были статистически доказуемыми (табл. 1).

Таблица 1. Влияние системы земледелия и удобрений на урожайность кукурузы, т/га, 2023 г.

Система земледелия	Вариант орошения	Доза удобрений				Среднее	Прибавка, т/га	
		б/у	1	2	3		От орошения	От системы землед.
Традиционная	б/о	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-
	Орошение	3,8	3,9	4,3	4,7	4,2	4,1	-
	Среднее	2,0	2,0	2,2	2,4	2,2	-	-
Альтернативная	б/о	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	0
	Орошение	4,3	4,9	5,1	5,4	4,9	4,8	0,7
	Среднее	2,2	2,5	2,6	2,7	2,5	-	-
Среднее		2,1	2,2	2,4	2,6	-	-	-
Прибавка от удобрений, %		-	5	14	24	-	-	-
НСР _{0,95}		для фактора орошение – 1,5 т/га для фактора удобрение – 2,1 т/га для взаимодействия факторов – 2,9 т/га						

Эффект от применения удобрений равнялся 5-24%, а от альтернативной системы земледелия при орошении – 0,7 т/га (табл. 1).

Список источников

1. Пазяева Т.В. Характеристика гибридов кукурузы по продуктивности зерна в условиях Дубоссарского района ПМР / Т.В. Пазяева, В.Н. Чубко, М.В. Кондратьев // Актуальные проблемы аграрно-промышленного комплекса ПМР: сборник трудов международной научно-практической конференции. – Тирасполь: ПГУ им. Т.Г. Шевченко, 2021. – С. 104 – 118

2. Димогло А.В. Растениеводство Приднестровья: проблемы и решения /А.В. Димогло, Т.В. Пазяева, Е.М. Стоянова // Вестник Приднестровского Университета: серия медико-биологические и химические науки. - Тирасполь, 2022. – №2 (71). – С. 176-184

3. Пазяева Т.В. Выращивание кукурузы в условиях Приднестровья /Т.В. Пазяева, Е.М. Стоянова, М.В. Кондратьев, К.И. Чебан // Развитие отраслей АПК на основе формирования эффективного механизма хозяйствования: сборник научных трудов IV Международной научно-практической конференции. – Киров, 2022. – С. 205-209.

4. Кравченко Р.В. Агробиологическое обоснование получения стабильных урожаев зерна кукурузы в условиях степной зоны Центрального Предкавказья: монография / Р.В. Кравченко. – Ставрополь, 2010. – 208 с.

© Арионов А.А., Гуманюк А.В., Пазяева Т.В. 2024

УДК 631.563.9

Афоничева Дарья Дмитриевна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, факультет технологии и товароведения, обучающаяся, Россия, Воронеж,
e-mail: daria.afonicheva@yandex.ru

Васильев Владимир Викторович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, доцент кафедры электротехники и автоматики, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: vasiliev.vladimir87@mail.ru

Усовершенствованная система вентилирования сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах

Аннотация. Эффективность рассмотренной системы вентилирования заключается в том, что поток воздуха, поступающий из полых аэраторов, равномерно проходит через сельскохозяйственную продукцию, хранящуюся в металлическом бункере, не зависимо от его объема. При этом расход электрической энергии значительно уменьшается из-за отсутствия необходимости включать в работу все полые аэраторы, так как в работу могут включаться аэраторы по отдельности, то есть те, на уровне которых возникает необходимость принудительного активного вентилирования сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: цилиндрический бункер, секционный полый аэратор, коленчатый входной канал, сельскохозяйственная продукция, хранение, вентиляция.

Afonicheva Darya D.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Faculty of Technology and Commodity Science, student, Russia, Voronezh, e-mail:
daria.afonicheva@yandex.ru

Vasiliev Vladimir V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation, Candidate
of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: vasiliev.vladimir87@mail.ru

Improved ventilation system for agricultural products in cylindrical bins

Abstract. A ventilation system for agricultural products in cylindrical bunkers is proposed, the effectiveness of which lies in the fact that the air flow coming from hollow aerators passes evenly through agricultural products stored in a metal hopper, regardless of its volume. At the same time, the consumption of electrical energy is significantly reduced due to the absence of the need to include all hollow aerators in operation, since aerators can be included separately, that is, those at the level of which there is a need for forced active ventilation of agricultural products.

Keywords: cylindrical hopper, sectional hollow aerator, cranked inlet channel, agricultural products, storage, ventilation.

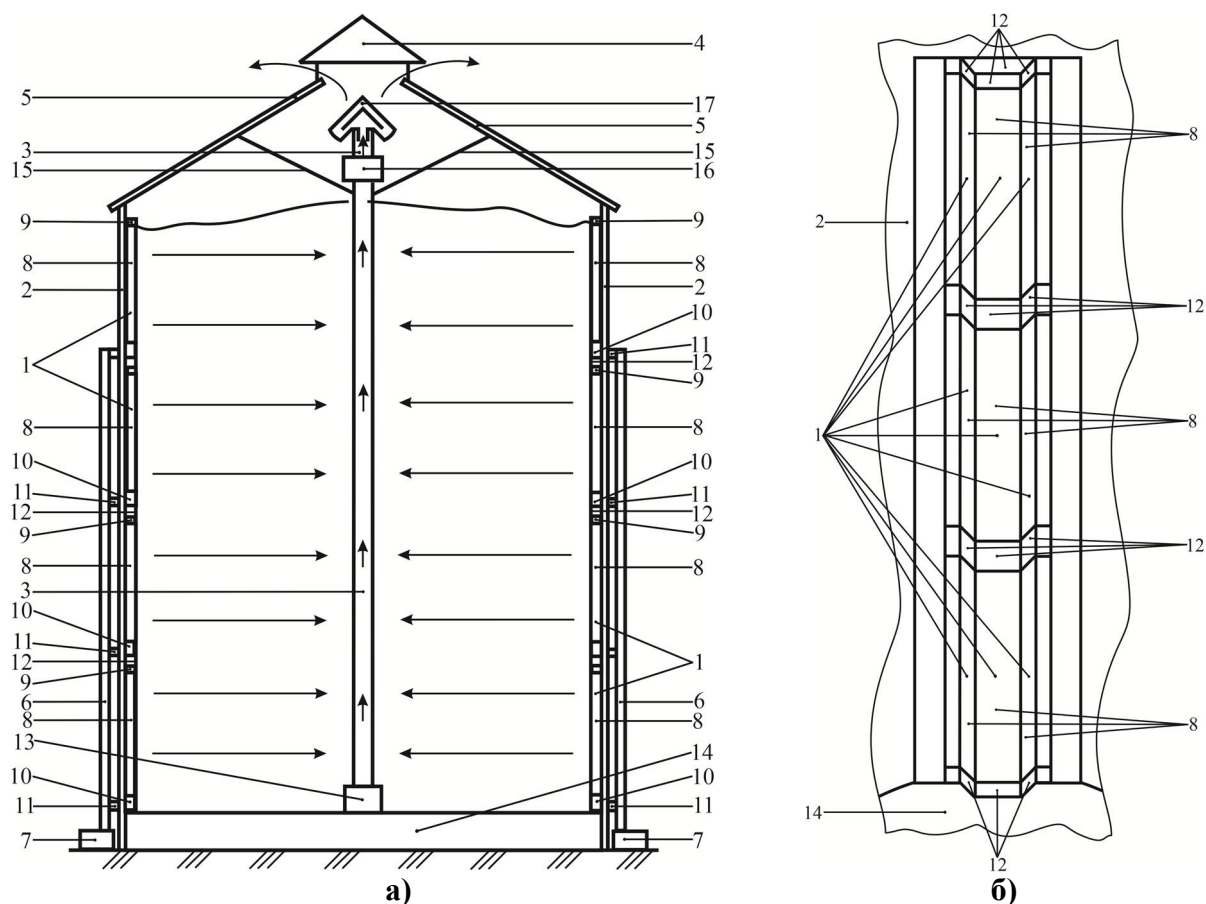
Производители сельскохозяйственной продукции для ее длительного хранения используют цилиндрические бункеры, а именно металлические силосы, широко эксплуатируемые в различных странах мира [5, 8, 9, 10, 11], в том числе и в России [1, 2, 3, 4, 7]. Целесообразным и эффективным приемом улучшения условий хранения сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах является активное вентиляция, которое полноценно реализует процесс дозревания семян сельскохозяйственных культур при их хранении, а также обеспечивает регулирование разнообразных физических и физиолого-биохимических процессов хранящейся продукции, ее температуры и влажности, что в совокупности предотвращает развитие насекомых и микроорганизмов.

Проведенный анализ существующих иностранных систем вентиляции сельскохозяйственной продукции [1, 9, 10, 11] показал, что все они имеют общие недостатки: низкоэффективное вентиляция хранящейся продукции и высокие затраты энергоресурсов. Для устранения отмеченных недостатков предложено техническое решение (рисунок 1) [6].

Секции полых аэраторов имеют задний элемент в виде пластины, закрепленной болтами за стенку бункера, и передний элемент, на выпуклых поверхностях которого есть отверстия с диаметрами меньшими диаметра частиц сельскохозяйственной продукции. Передний элемент

аэратора дополнительно оснащен бортами, которыми через прокладку опирается на задний элемент, и фиксируется винтами.

Детально принцип действия предложенной системы описан в [6].



- 1 – секционный полый аэратор; 2 – корпус бункера; 3 – вентиляционная труба; 4 – воздухоотвод;
 5 – крыша бункера; 6 – подающий воздуховод; 7 – устройство нагнетания воздуха; 8 – секция полого аэратора; 9 – заглушка; 10 – коленчатый входной канал; 11 – запорно-регулирующее устройство;
 12 – кожух; 13 – опора вентиляционной трубы; 15 – цепь фиксации вентиляционной трубы;
 16 – всасывающий механизм; 17 – крышка вентиляционной трубы

а – расположение элементов системы в бункере;

б – секционный полый аэратор (вид из бункера)

Рис. 1. Система вентиляции сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах

Представленное техническое решение секционного полого аэратора позволяет независимо нагнетать воздух в каждую секцию. Например, в нижние секции можно подавать воздуха больше, чем в верхние, или дольше вентилировать продукцию, расположенную в нижней зоне бункера. Может быть осуществлено независимое вентилирование отдельных зон, в которых установлена высокая влажность хранящейся продукции. В результате повышается эффективность вентилирования сельскохозяйственной продукции и соответственно хранения. Независимая

подача воздуха в нижние секции позволяет эффективно провентилировать бункер после выгрузки из него продукции, а также начинать вентилирование при частичной загрузке бункера. Следует также отметить, что подача воздуха в секции секционных полых аэраторов во многом зависит от наличия и состояния хранящейся сельскохозяйственной продукции, а значит, будет экономия электрической энергии из-за ненужности нагнетания воздуха, например, в верхние полые аэраторы, по причине отсутствия продукции на данной высоте бункера.

Рассмотрев систему вентилирования сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах и принцип ее действия можно сделать вывод, что предложенная система вентилирования является наиболее эффективной по сравнению с существующими аналогичными системами. Эффективность ее заключается в том, что поток воздуха, поступающий из полых аэраторов, равномерно проходит через сельскохозяйственную продукцию, хранящуюся в металлическом бункере (силосе). При этом расход электрической энергии значительно уменьшается из-за отсутствия необходимости включать в работу все полые аэраторы, так как в работу могут включаться аэраторы по отдельности, то есть те, на уровне которых возникает необходимость принудительного активного вентилирования сельскохозяйственной продукции.

Долгое хранение сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах без ее порчи в основном обеспечивается первоначальной загрузкой в бункеры продукции, отвечающей требованиям стандартов, или доведенной до установленных стандартами показателей, и поддержанием оптимальных режимов. При этом необходима принудительная вентиляция хранящейся продукции. Применение активного вентилирования при хранении продукции обеспечивает ее досушивание и охлаждение (при необходимости), дозревание зерна, поддержание свежести, а также исключает перемешивание продукции.

Список источников

1. Васильев В.В. Улучшение условий хранения сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах / В.В. Васильев, Д.Д. Афоничева // Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе: сборник материалов международной научно-практической конференции; г. Орел, 16-17 ноября 2023 г. – Орел: ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2023. – С. 143–150.
2. Васильев В.В. Усовершенствованный цилиндрический бункер для хранения сельскохозяйственной продукции / В.В. Васильев, Д.Д. Афоничева, И.И. Аксенов // Наука в центральной России. – 2023. – Т. 64, № 4. – С. 37–46.
3. Мельник Б.Е. Активное вентилирование зерна: справочник / Б.Е. Мельник. – М.: Агропроиздат, 1986. – 159 с.
4. Павловский Г.Т. Очистка, сушка и активное вентилирование зерна / Г.Т. Павловский, С.Д. Птицын. – М.: Высшая школа, 1972. – 256 с.

5. Патент 2570189 РФ С2, МПК В65G65/40. Система разгрузки цилиндрического бункера / Внайемэйер Дуглас Дж., Динджельдейн Марк С. (US). – Патентообладатель СТВ, ИНК (US). – № 2013103427/11; заявл. 17.06.2011; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 34. – 18 с.

6. Патент 2818611 РФ С1, МПК А01F25/22, В65D88/74. Система вентилирования сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах / Д.Д. Афоничева, В.В. Васильев (РФ). – Патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2023129169; заявл. 10.11.2023; опубл. 03.05.2024. – Бюл. № 13. – 10 с.

7. Энергосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Республике Беларусь / И.Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2008. – 160 с.

8. Boumans G. Grain Handling and Storage / G. Boumans. ELSEVIER, 1985. – 457 p.

9. Fernando A. N. Silva. Design of reinforced concrete silo / Fernando A. N. Silva, Bernardo Horowitz, João M. P. Q. Delgado, António C. Azevedo. Springer, 2019. – 93 p.

10. Patent US 2017020078 A1 (USA), Int. Cl. A 01 F 25/22; B 01 F 23/30; B 65 D 88/74. Cross flow aeration system / Schreiner Gary A; – Patent holder GATCO MFG INC (USA). № 15/205,585; filed: 08.07.2016; date application 26.01.2017. – 25 p.

11. Patent 203590748 U (CN), Int. Cl. A 01 F 25/16; 25/22; A 23 B 9/08. Aeration drying grain bin / Miao Jjinzhong, Wang Wanyong. SINOGRAIN PIZHOU DEPOT (CN). № 201320726167.7; filed: 18.11.2013; date application 14.05.2014. – 5 p.

© Афоничева Д.Д., Васильев В.В., 2024

УДК 631.171: 631.555

Барыкин Константин Вадимович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, аспирант, Россия, Воронеж,

e-mail: Taviansky@yandex.ru

Дьячков Анатолий Петрович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,

e-mail: super.ychitel2012@yandex.ru

Колесников Николай Петрович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,

e-mail: nikolay2060@yandex.ru

Мешкова Светлана Сергеевна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, старший преподаватель, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,

e-mail: sveta_meshkova_55@mail.ru

Целесообразность применения прицепов-перегрузчиков при уборке кукурузы на силос в условиях переувлажнения почвы

Аннотация. Уборка кукурузы на силос связана с высокими затратами на транспортировку убранной зеленой массы. Потребность в большом количестве транспортных средств обусловлена высокой производительностью кормоуборочных комбайнов и наличием жесткой связи между уборочным и транспортным звеном. Проведенные исследования этой проблемы позволяют предположить, что в погодных условиях наиболее характерных для Центрального Черноземья применение прицепов-перегрузчиков может снизить затраты на транспортировку зеленой массы.

Ключевые слова: уборка, кукуруза, силос, автомобильный транспорт, прямые затраты, прицеп-перегрузчик, переувлажнение почвы, транспортный процесс.

Barykin Konstantin V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Department of Operation of Transport and Technological Machines, Postgraduate student,
Russia, Voronezh,
e-mail: Taviansky@yandex.ru

Dyachkov Anatoly P.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Department of Operation of Transport and Technological Machines, Associate Professor,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: super.ychitel2012@yandex.ru

Kolesnikov Nikolay P.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Department of Operation of Transport and Technological Machines, Associate Professor,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: nikolay2060@yandex.ru

Meshkova Svetlana S.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Department of Operation of Transport and Technological Machines, Senior Lecturer,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: sveta_meshkova_55@mail.ru

**The expediency of using reloading trailers when harvesting corn for silage
in conditions of waterlogged soil**

Abstract. Harvesting corn for silage is associated with high transportation costs for the harvested green mass. The need for a large number of vehicles is due to the high productivity of forage harvesters and the presence of a tight connection between the harvesting and transport link. The conducted studies of this problem suggest that in the weather conditions most typical for the Central Chernozem region, the use of reloading trailers can reduce the cost of transporting green mass.

Keywords: corn harvesting, silage, road transport, direct costs, reloading trailer, waterlogging of the soil, transport process.

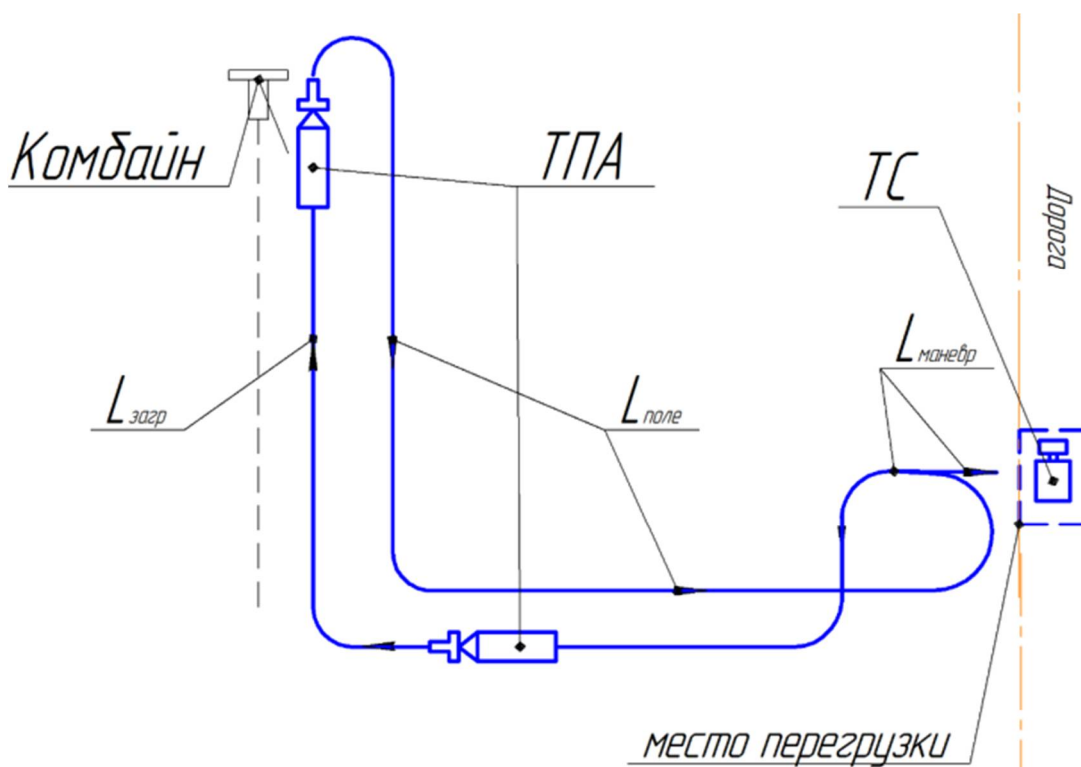
В Центральном Черноземье при кормлении крупного и мелкого рогатого скота и свиней в зимний период широко применяется силос,

заготавливаемый из кукурузы. В таком силосе содержится до половины полезных веществ, получаемых КРС при кормлении. Благодаря силосованию, ценные питательные вещества свежескошенной зеленой массы сохраняются надолго, что позволяет обеспечить животных сочными кормами даже в холодное время года, когда нет свежих зелёных кормов. Несмотря на трудоемкость и длительность процесса заготовки, силос остается наиболее популярным сочным кормом на протяжении многих лет [1].

Уборка кукурузы на силос связана с высокими затратами на транспортировку зеленой массы. Потребность в большом количестве транспортных средств обусловлена высокой производительностью кормоуборочных комбайнов и наличием жесткой связи между уборочным и транспортным звеном. Проведенные исследования этой проблемы позволяют предположить, что в погодных условиях, наиболее характерных для Центрального Черноземья, применение прицепов-перегрузчиков может снизить затраты на транспортировку зеленой массы. Для доставки зеленой массы к силосной яме чаще всего применяют относительно малозатратный автомобильный транспорт. При ранних сроках уборки, как правило, выпадает малое количество осадков, и автотранспорт может без особых проблем выезжать на поле и загружаться напрямую от кормоуборочного комбайна. Однако, ближе к поздним срокам уборки кукурузы на силос, всё чаще случается выпадение осадков, а неуклонно снижающаяся среднесуточная температура не способствует скорейшему высыханию почвы. Кукуруза за счёт своего вертикального положения подсыхает значительно быстрее, чем почва [2]. Переувлажненная поверхность поля создает трудности для движения груженого автомобильного транспорта, что приводит к излишней пробуксовке и повышенному риску застревания автомобильной техники. В этой ситуации можно применять транспортный агрегат, состоящий из трактора и саморазгружающегося прицепа (далее – тракторный прицеп). При этом затраты на транспортировку резко возрастут. Для решения этой задачи предлагаем комбинированный способ транспортировки зеленой массы от кормоуборочного комбайна до силосной ямы с применением транспортно-перегрузочного агрегата в виде трактора с прицепом-перегрузчиком (далее – прицеп-перегрузчик) и грузовых автомобилей.

Работа на поле организуется следующим образом: несколько прицепов-перегрузчиков работают на поле и поочередно загружаются от кормоуборочного комбайна, после заполнения кузова, прицеп-перегрузчик движется к месту перегрузки, расположенному на краю поля, где его ожидают грузовые автомобили. Прицеп-перегрузчик с помощью высокопроизводительного выгрузного устройства перегружает зеленую массу в кузов грузового автомобиля, который в дальнейшем доставляет её в силосную яму. Таким образом, предполагается снижение транспортных затрат в условиях уборки кукурузы на силос при переувлажненной почве,

за счёт специализации функций транспортного процесса путём применения прицепа-перегрузчика на поле и грузовых автомобилей на дорогах общего пользования, вместо относительно тихоходных и крупногабаритных тракторно-транспортных агрегатов [3]. На рисунке 1 представлена схема движения прицепов-перегрузчиков по полю.



ТПА – транспортно-перегрузочный агрегат; ТС – транспортное средство (грузовой автомобиль); $L_{загр}$ – путь, пройденный при загрузке прицепа-перегрузчика; $L_{поле}$ – путь от комбайна до места разгрузки; $L_{маневр}$ – длина пути при маневрировании для разгрузки прицепа-перегрузчика

Рис. 1. Схема движения транспортно-перегрузочных агрегатов по полю

Для подтверждения предполагаемого результата проведём расчёт прямых затрат на транспортировку зеленой массы тракторными прицепами и прицепами-перегрузчиками работающими совместно с грузовыми автомобилями, применительно к условиям приведённым в таблице 1.

Расчет прямых затрат на транспортировку зеленой массы проведён по известной методике [4]. Полученные результаты расчетов прямых затрат средств на транспортировку зеленой массы с поля в силосную яму тракторными прицепами и прицепами-перегрузчиками работающими совместно с грузовыми автомобилями, сведены в таблицу 2.

Таблица 1. Основные условия расчета

№ п/п	Название	Значение
1	Урожайность кукурузы на силос, ц/га	300
2	Площадь поля, га	25
3	Мощность кормоуборочного комбайна, кВт	390
4	Балансная стоимость комбайна, тыс. руб.	36000
5	Годовая загрузка комбайна, ч	280
6	Рабочая ширина кормоуборочного комбайна, м	6
7	Коэффициент использования времени смены кормоуборочным комбайном	0,6
8	Средняя скорость движения транспортных средств по полю, км/ч	10
9	Средняя длина пути движения транспортных средств по полю, м	650
10	Мощность трактора агрегируемого с прицепом и прицепом-перегрузчиком, кВт	257
11	Годовая загрузка трактора, ч	1300
12	Балансная стоимость трактора, тыс. руб.	9000
13	Объём кузова тракторного прицепа и прицепа-перегрузчика, м ³	50
14	Балансная стоимость тракторного прицепа, тыс. руб.	3000
15	Годовая загрузка тракторного прицепа, ч	200
16	Балансная стоимость прицепа-перегрузчика, тыс. руб.	3500
17	Годовая загрузка прицепа-перегрузчика, ч	350
18	Производительность выгрузного устройства прицепа-перегрузчика, м ³ /мин	30
19	Средняя скорость движения тракторных прицепов по дорогам общего пользования, км/ч	25
20	Годовая загрузка грузового автомобиля, ч	1800
21	Балансная стоимость грузового автомобиля, тыс. руб.	5000
22	Объём кузова грузового автомобиля, м ³	25
23	Средняя скорость движения грузовых автомобилей по дорогам общего пользования, км/ч	45
24	Расстояние транспортировки зеленой массы от края поля до силосной ямы, км	4
25	Влажность зеленой массы, %	65
26	Коэффициент буксования	0,2

Из таблицы 2 видно, что при одинаковом количестве транспортных средств разница в затратах на транспортировку составит 26690 рублей, то есть 21,5 %.

Итоги расчетов показали значительное снижение затрат на транспортировку зеленой массы с применением прицепов-перегрузчиков и грузовых автомобилей в условиях переувлажненной почвы по сравнению с тракторными прицепами. Так же стоит учесть, что при росте расстояния транспортировки разница затрат будет увеличиваться из-за значительного возрастания времени оборота тракторных прицепов и возникающей вследствие этого потребности увеличения их количества.

Таблица 2. Прямые затраты средств на транспортировку зеленой массы

№ п/п	Наименование показателей	Значение
1	Количество необходимых прицепов-перегрузчиков для работы кормоуборочного комбайна с минимальными простоями, ед	2
2	Количество необходимых автомобилей для работы кормоуборочного комбайна с минимальными простоями, ед	4
3	Количество необходимых тракторных прицепов для работы кормоуборочного комбайна с минимальными простоями, ед	4
4	Часовые затраты на трактор, руб.	3297
5	Часовые затраты на прицеп перегрузчик, руб.	1940
6	Часовые затраты на грузовой автомобиль, руб.	2249
7	Часовые затраты на тракторный прицеп, руб.	2905
8	Время уборки поля, ч	5
9	Всего затрат на транспортировку зеленой массы для прицепов-перегрузчиков и грузовых автомобилей, руб.	97350
10	Всего затрат на транспортировку зеленой массы для тракторных прицепов, руб.	124040

Таким образом, наглядно демонстрируется преимущество специализации функций транспортных и технологических машин. Это особенно актуально в условиях ограниченности времени уборки и необходимости максимально быстрого перемещения зеленой массы с поля. Применение прицепов-перегрузчиков и грузовых автомобилей также позволяет снизить нагрузку на почву, что является важным фактором в условиях ее переувлажненности.

Список источников

1. Терещенко С.А. Влияние сроков уборки кукурузы (*Zea mays* L.) на качество силоса / С.А. Терещенко, Л.Д. Мудрова // Балтийский морской форум: материалы VI Международного Балтийского морского форума. – Калининград, 2018. – 308-313 с.
2. Воронков В.А. Основная обработка почвы и урожай кукурузы на силос / В.А. Воронков, С.И. Коржов. – Кукуруза и сорго. – 2002. – № 2. – С. 2-4.
3. Измайлов А.Ю. Автотранспорт для перевозки сельскохозяйственных грузов / А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков. – Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 2. – 19-22 с.
4. Расчет производственной линии уборки кукурузы на силос / А. П. Дьячков [и др.] // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – 86-92 с.

© Барыкин К.В., Дьячков А.П., Колесников Н.П., Мешкова С.С., 2024

УДК 620.193.3:546.214

Баскаков Иван Васильевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, доцент, доктор сельскохозяйственных наук, Россия, Воронеж, e-mail: vasich2@yandex.ru

Оробинский Владимир Иванович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, декан агроинженерного факультета, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, Россия, Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru

Головин Антон Дмитриевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, Россия, Воронеж, e-mail: gton_02@mail.ru

Пожидаев Илья Алексеевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, Россия, Воронеж, e-mail: proda_48@mail.ru

Влияние озонной обработки на скорость убыли массы сталей

Аннотация. В статье проанализировано воздействие озона на различные металлы и сплавы. Представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию процесса озонирования на сталь марок *Сталь 08кп*, *Сталь 45*, *Сталь 60С2*. Установлено, что введение озона в 70% раствор уксусной кислоты снижает скорость убыли массы металлических образцов на единицу площади исследуемых марок сталей в 2...7,3 раза.

Ключевые слова: озонная обработка, озон, сталь, убыль массы.

Baskakov Ivan V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Professor of the Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Associate Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: vasich2@yandex.ru

Orobinsky Vladimir I.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Dean of the Faculty of Agricultural Engineering, Head of the Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru

Golovin Anton D.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Postgraduate student of the Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Russia, Voronezh, e-mail: gton_02@mail.ru

Pozhidaev Ilya A.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Postgraduate student of the Department of Agricultural Machinery, Tractors and
Automobiles, Russia, Voronezh,
e-mail: proda_48@mail.ru

The effect of ozone treatment on the rate of loss of steel weight

Abstract. The article analyzes the effects of ozone on various metals and alloys. The results of experimental studies on the effect of the ozonation process on steel grades Steel 08kp, Steel 45, Steel 60C2 are presented. It was found that the introduction of ozone into a 70% solution of acetic acid reduces the rate of mass loss of metal samples per unit area of the studied steel grades by 2...7.3 times.

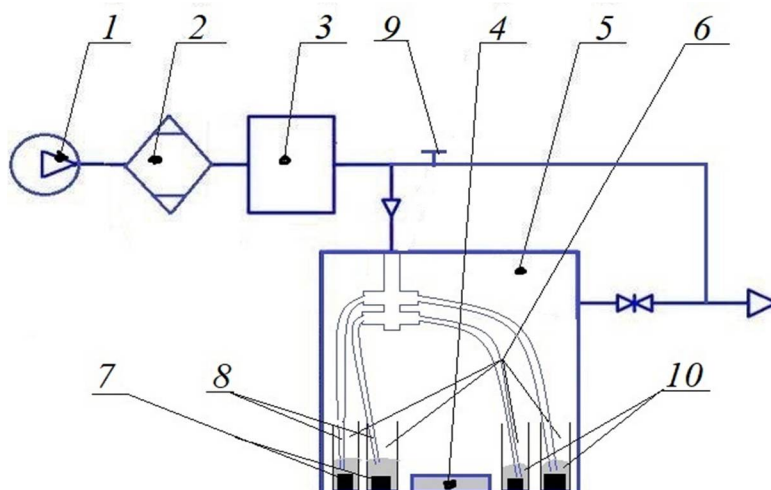
Keywords: ozone treatment, ozone, steel, weight loss.

В современном оборудовании для дезодорации, дезинфекции, дезинсекции, очистки различных сред от вредных веществ всё чаще используется процесс озонирования. Применение озонозооной смеси обусловлено высокой эффективностью, экономичностью и экологичностью. Ещё одним важным аспектом популяризации озонной обработки является возможность получать озон посредством специализированных приборов, называемых озонаторами, непосредственно из воздуха. Благодаря развитию технического прогресса удалось значительно снизить стоимость оборудования и себестоимость производства газа, что и сделало озонные технологии наиболее перспективным способом обработки сельскохозяйственной продукции. Кроме того, немаловажным фактором является экологическая чистота операции, поскольку озон не оставляет побочных продуктов в обрабатываемом материале, а при распаде образует кислород [1, 3, 5, 8].

Использование озона накладывает некоторые ограничения, вызванные высокой окислительной способностью газа, вызывающей коррозию металлических элементов оборудования. Это может привести к сокращению срока службы стальных конструкций [2, 4, 6, 7]. Поэтому исследования, направленные на изучение воздействия озона на металлы и их сплавы, являются актуальными.

Для определения скорости убыли массы металлов на единицу их площади проводили активный эксперимент на лабораторной установке, схема которой представлена на рисунке 1. Принцип действия лабораторной установки следующий. Компрессор 1 подаёт воздух в рефрижераторный осушитель 2, который очищает его и обезвоживает. Далее воздушный поток поступает в озонатор 3, где обогащается озоном. Затем озонозооная смесь по системе газопроводов 8 поступает в 70% раствор уксусной кислоты, находящейся в стеклянных сосудах 6, размещённых внутри герметичной ёмкости 5. Концентрацию озона в

воздухе определяют датчиком 4 газоанализатора «Сигма-03» и регулируют за счёт режима работы озонатора 3 и сброса части газа в атмосферу через кран 9 за пределы рабочей зоны исследователя. Исследуемые образцы разных сталей помещали внутри сосудов 6, наполненных 70% раствором уксусной кислоты, которую насыщали озоновоздушной смесью.



1 – воздушный компрессор; 2 – осушитель воздуха; 3 – озонатор; 4 – датчик определения концентрации озона в воздухе; 5 – герметичная ёмкость; 6 – сосуды; 7 – образцы сталей; 8 – газопроводы; 9 – кран; 10 – 70% раствор уксусной кислоты

Рис. 1. Схема лабораторной установки по обработке образцов сталей озоновоздушной смесью в 70% растворе уксусной кислоты

Эксперимент проводили трижды длительностью по 4 часа каждый с перерывами на наблюдение в течение недели. Средняя концентрация озона в озоновоздушной смеси, нагнетаемой в 70% раствор уксусной кислоты, равнялась 4,9 мг/м³. Суммарно за 12 часов озонирования доза озонной обработки составила 3515 мин·мг/м³. Для сравнения на тоже время идентичные образцы помещали в аналогичные сосуды с 70% раствором уксусной кислоты, которые не подвергали обработке. При определении скорости убыли массы металлов на единицу их площади руководствовались ГОСТ 9.908-85, используя массо-метрический показатель K_T , определяемый по следующей зависимости:

$$K_T = \frac{(m_0 - m)}{S \cdot t}, \quad (1)$$

где m_0 и m – соответственно масса образца до и после эксперимента, г;
 S – площадь поверхности образца, см²;
 t – время испытания, ч.

Результаты исследований по определению скорости убыли массы металлов на единицу площади представлены в таблице 1.

Таблица 1. Скорость убыли массы металлов на единицу площади

Образцы сталей марок	Скорость убыли массы металлов на единицу площади, $\frac{g}{cm^2 \cdot ч}$	
	Погруженные в уксусную кислоту	Озолируемые в уксусной кислоте
Сталь 60С2	0,0197	0,0099
Сталь 45	0,0088	0,0012
Сталь 08КП	0,0102	0,0020

Анализ таблицы показывает, что агрессивная среда в виде 70% раствора уксусной кислоты повышает коррозию всех исследуемых марок сталей. Наибольшую устойчивость к агрессивной среде показала сталь марки *Сталь 45*, а наименьшую – *Сталь 60С2*. Сталь 45 содержит больше углерода и других легирующих элементов, таких как хром и марганец, по сравнению с образцом марки *Сталь 08кп*, поэтому она меньше подвержена воздействию уксусной кислоты. Однако введение озоновоздушной смеси в 70% раствор уксусной кислоты снижает скорость убыли массы на единицу площади металлических образцов марок *Сталь 45*, *Сталь 08кп*, *Сталь 60С2* соответственно в 2, 5,1 и 7,3 раза (рис. 2). Это говорит о том, что, атомы металлов исследуемых сплавов, блокируются озоном, в результате чего их электрохимическое растворение в агрессивной среде замедляется.

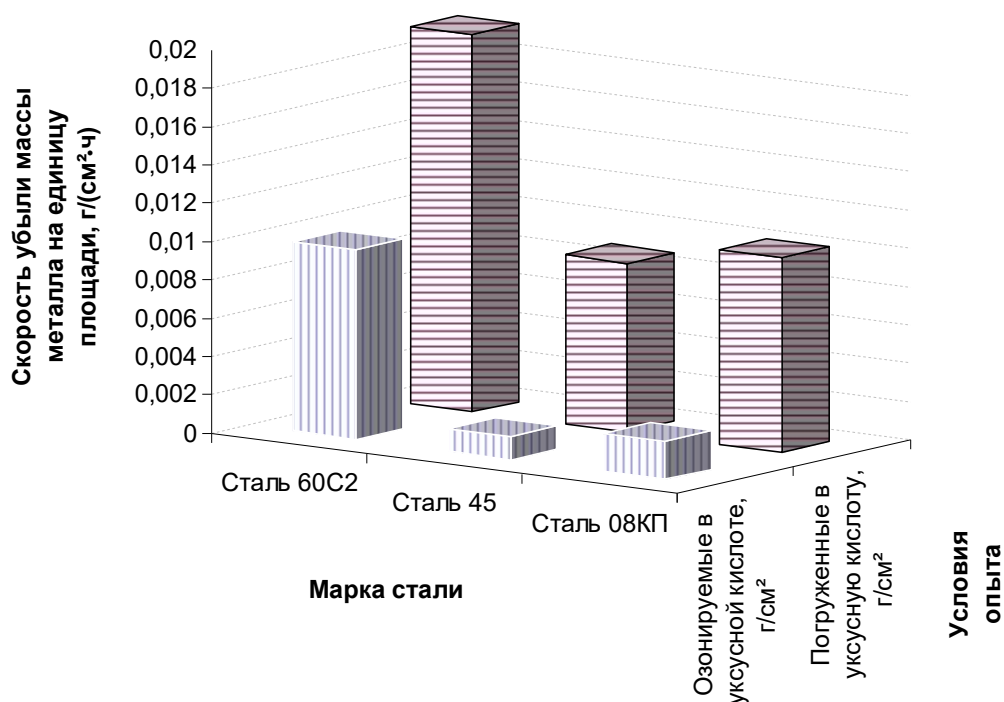


Рис. 2. Скорость убыли массы металлов на единицу площади в зависимости от марки стали и условий эксперимента

Таким образом, в результате эксперимента установлено, что введение озона в 70% раствор уксусной кислоты снижает скорость убыли массы металлических образцов на единицу площади сталей марок *Сталь 45*, *Сталь 08кп*, *Сталь 60С2* в 2...7,3 раза, что объясняется тем, что озон блокирует атомы металлов и защищает их от агрессивной среды.

Список источников

1. Бахчевников О.Н. Применение озона в хранении и переработке зерна (обзор) / О.Н. Бахчевников, А.В. Брагинец // *Техника и технология пищевых производств*. – 2024. – Т.54, №3. – С. 483-494. – DOI: 10.21603/2074-9414-2024-3-2520.
2. Влияние озона на коррозионное поведение сталей 12Х18Н10Т, 08Х22Н10Т, 06ХН28МДТ в процессах синтеза азолдикарбоновых кислот / Н.Ф. Тюпало, Г.О. Татарченко, Б.А. Гру, В.С. Кузуб // *Журнал прикладной химии*. – 1991. – №5. – С. 1085-1087.
3. Влияние озона на коррозионное поведение металлов и сплавов / И.В. Баскаков, В.И. Оробинский, А.В. Химченко, А.В. Чернышов, О.В. Чернова // *Наука в Центральной России*. – 2024. – Т.68, №2. – С. 141-149. – DOI: 10.35887/2305-2538-2024-2-141-149.
4. Жуков И.А. Исследование влияния процесса озонирования на коррозию металлов / И.А. Жуков, И.В. Баскаков, В.И. Оробинский // *Актуальные направления научных исследований для эффективного развития АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф.* – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – С. 28-37.
5. Татарченко Г.О. Коррозионное поведение сварных соединений в озонируемых кислых средах / Г.О. Татарченко // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2014. – Т.1, № 5. – С. 45-48.
6. Татарченко Г.О. Влияние озона на электрохимическое и коррозионное поведение металлов в кислых средах / Г.О. Татарченко, А.Н. Кузюков // *Защита металлов*. – 2004. – Т40, №1. – С. 106-108.
7. Татарченко Г.О. Подбор коррозионностойких конструкционных материалов в озонируемых растворах уксусной кислоты / Г.О. Татарченко, И.Н. Шаповалова, Н.Ф. Тюпало // *Физико-химическая механика материалов*. – 2002. – Вып. 3. – С. 143-147.
8. Recent trends in ozone sensing technology / М.М. Iqbal, G. Muhammad, М.А. Hussain, Н. Hanif, М.А. Raza, Z. Shafiq // *Analytical Methods*. – 2023. – №15(23). – P. 2798-2822. – DOI: 10.1039/d3ay00334e.

© Баскаков И.В., Оробинский В.И., Головин А.Д., Пожсидаев И.А., 2024

УДК 631.243

Васильев Владимир Викторович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, доцент кафедры электротехники и автоматики, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: vasiliev.vladimir87@mail.ru

Афоничева Дарья Дмитриевна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, факультет технологии и товароведения, обучающаяся, Россия, Воронеж,
e-mail: daria.afonicheva@yandex.ru

Аксенов Игорь Игоревич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, доцент кафедры электротехники и автоматики, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: i@igoraksenov.ru

Цилиндрический бункер для хранения сельскохозяйственной продукции с функцией аварийной разгрузки

Аннотация. Рассмотрены конструкция и принцип работы цилиндрического бункера для хранения сельскохозяйственной продукции. Бункер имеет функцию аварийной разгрузки, и его особенностью является то, что аварийная разгрузка осуществляется через разгрузочный люк, который сообщается с центральным транспортером посредством самотека, жестко закрепленного за боковую стенку и центральный транспортер.

Ключевые слова: цилиндрический бункер, сельскохозяйственная продукция, хранение, засорение, подача продукции, аварийная разгрузка бункера.

Vasiliev Vladimir V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: vasiliev.vladimir87@mail.ru

Afonicheva Darya D.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Faculty of Technology and Commodity Science, student, Russia, Voronezh,
e-mail: daria.afonicheva@yandex.ru

Axenov Igor I.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: i@igoraksenov.ru

Cylindrical hopper for storing agricultural products with emergency unloading function

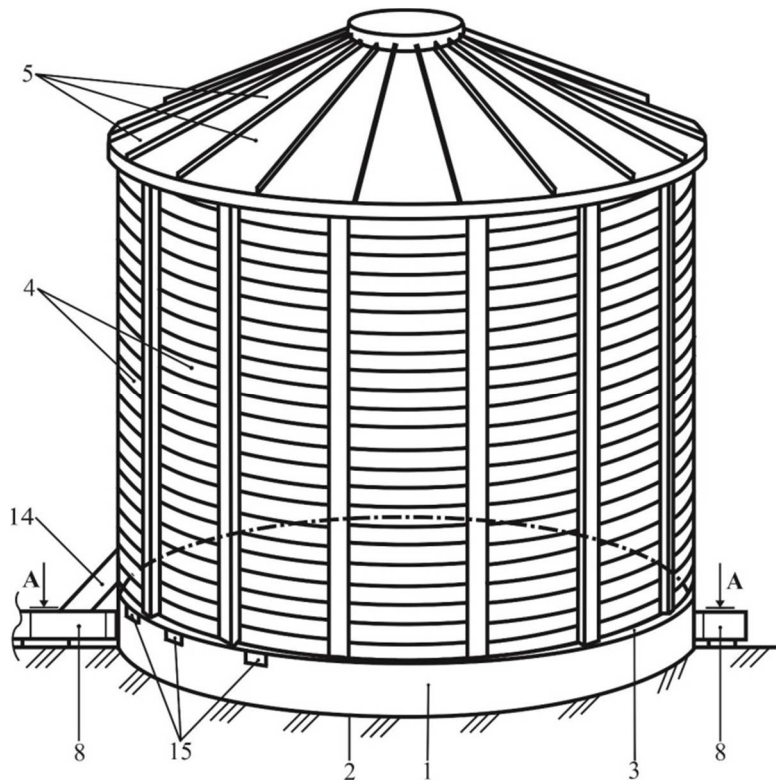
Abstract. The design and principle of operation of a cylindrical hopper for storing agricultural products are considered. The hopper has an emergency unloading function, and its feature is that emergency unloading is carried out through an unloading hatch, which communicates

with the central conveyor by means of a gravity slide rigidly fixed to the side wall and the central conveyor.

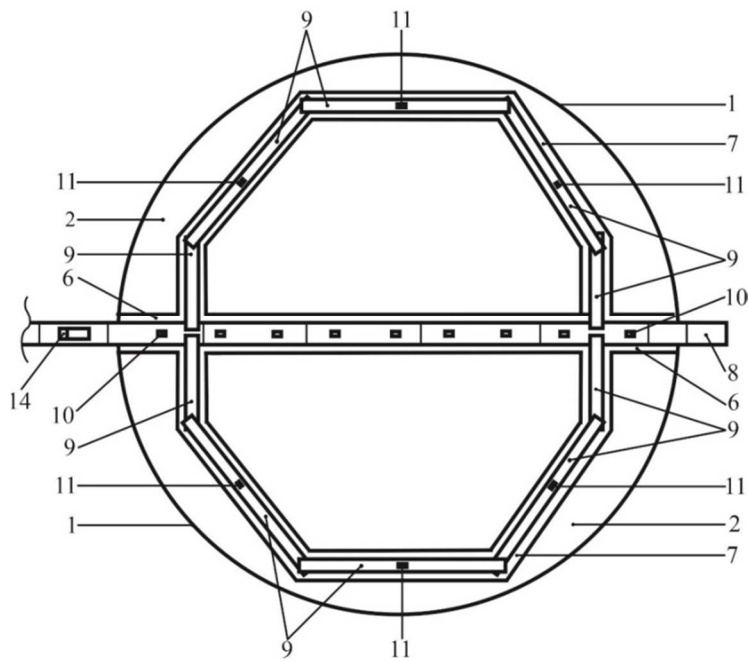
Keywords: cylindrical hopper, agricultural products, storage, clogging, product supply, emergency unloading of the hopper.

Международная практика хранения сельскохозяйственной продукции показывает, что в современных условиях рационально использовать цилиндрические бункеры [8, 9, 10, 11, 12], а именно металлические и полимерные силосы различных конструкций и модификаций. В России цилиндрические бункеры достаточно широко применяются в качестве основных сооружений, используемых для кратковременного и длительного хранения различного вида сельскохозяйственной продукции (семян масличных и зерновых культур, лузги, шрота, комбикорма) [1, 2, 3, 4, 6, 7]. При хранении сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах возникает необходимость выгрузки продукции (разгрузки бункера), причем разгрузка бункера может протекать в штатном и в нештатном режимах. Когда разгрузка цилиндрического бункера протекает в штатном режиме, продукция, находящаяся в бункере, подается через воронки, сделанные в полу бункера, на транспортер, расположенный в его фундаменте. Транспортер перемещает продукцию к месту разгрузки. Если разгрузка цилиндрического бункера протекает в нештатном (аварийном) режиме, то, как правило, разгрузка бункера осуществляется вручную до устранения аварийной ситуации. Аварийная ситуация возникает при засорении воронок слежавшейся продукцией или при выходе из строя устройств управления подачей продукции через воронки на транспортер.

Для выполнения аварийной разгрузки требуется привлечение больших трудовых и материальных ресурсов. Причем в случае, когда цилиндрический бункер заполнен выше инспекционной двери, возникает потребность частичного разбора бункера для выгрузки хранящейся продукции. С целью устранения указанной проблемы разработан цилиндрический бункер для хранения сельскохозяйственной продукции, имеющий функцию аварийной разгрузки (рис. 1 и 2) [5].



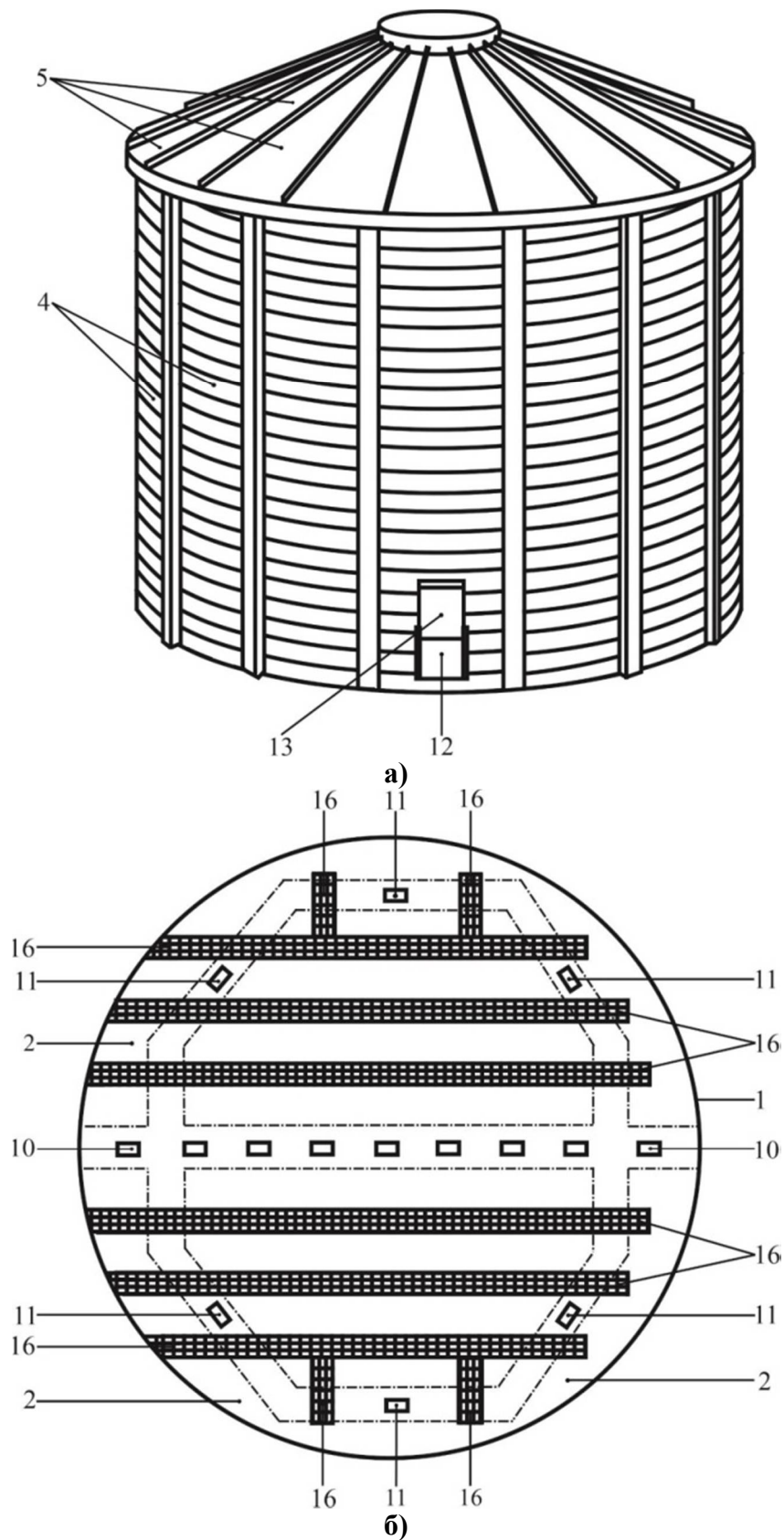
а)
A-A



б)

а – вид сбоку; б – разрез А-А

Рис. 1. Усовершенствованный цилиндрический бункер



а – боковая стенка с крышкой, вид спереди; б – фундамент, вид сверху
 Рис. 2. Усовершенствованный цилиндрический бункер

На рис. 1 и 2 показаны элементы конструкции: 1 – фундамент; 2 – пол; 3 – фундаментная подушка; 4 – боковая стенка бункера; 5 – крышка бункера; 6 – сквозной центральный канал; 7 – соединительный канал; 8 – центральный транспортер, выходящий за фундамент; 9 – транспортер, установленный в соединительном канале; 10 – воронка; 11 – радиальная воронка; 12 – разгрузочный люк; 13 – задвижка; 14 – самотек; 15 – аэрационный канал; 16 – металлическая решетка. Сквозной центральный канал проходит по всей длине диаметра фундамента, а соединительные каналы имеют круговое расположение вокруг фундамента и пересекают сквозной центральный канал в двух точках. Центральный транспортер, установленный в сквозном центральном канале, связан с воронками, выполненными в полу вдоль сквозного центрального канала. Находящиеся в соединительных каналах транспортеры связаны с радиальными воронками, имеющимися в полу, которые расположены на расстоянии друг от друга со смещением в радиальном направлении от сквозного центрального канала. Разгрузочный люк сообщается с центральным транспортером посредством жестко закрепленного за боковую стенку самотека.

Разгрузка бункера в штатном режиме производится следующим образом [5]. Устройствами управления через воронки и радиальные воронки регулируется подача продукции. Под действием силы тяжести продукция поступает через воронки и радиальные воронки на транспортеры. Транспортерами продукция перегружается на центральный транспортер, которым транспортируется к месту выгрузки.

При выходе из строя устройств управления, регулирующих подачу продукции через воронки и радиальные воронки, или при засорении воронок и радиальных воронок, например, слежавшейся продукцией, разгрузка бункера выполняется через разгрузочный люк. Открывается вертикальная задвижка, при этом продукция под собственной силой тяжести через разгрузочный люк поступает по самотеку на центральный транспортер и транспортируется к месту выгрузки. Остатки продукции после аварийной разгрузки бункера выгружаются через инспекционную дверь вручную. В случае засорения воронок и радиальных воронок, они последовательно освобождаются от засора, а остатки продукции выгружаются в рабочем режиме. После полной разгрузки цилиндрического бункера устраняется аварийная ситуация, и его заново загружают продукцией.

Использование предлагаемого цилиндрического бункера с функцией аварийной разгрузки характеризуется следующими преимуществами.

1. При появлении нештатных ситуаций в процессе разгрузки цилиндрического бункера, а именно, когда возникло засорение воронок слежавшейся продукцией или при выходе из строя устройств управления

подачей продукции через воронки на транспортер, обеспечивается быстрая аварийная разгрузка бункера.

2. Аварийная разгрузка бункера может осуществляться независимо от степени его заполнения продукцией.

3. Сообщение разгрузочного люка с центральным транспортером посредством жестко закрепленного самотека позволяет исключить частичный разбор бункера при его аварийной разгрузке.

4. Аварийная разгрузка бункера требует меньших трудовых и материальных ресурсов, основные затраты будут иметь место на конечной стадии аварийной разгрузки бункера при зачистке пола.

Список источников

1. Васильев В.В. Обоснование параметров системы разгрузки цилиндрического бункера для хранения сельскохозяйственной продукции / В.В. Васильев, Д.Д. Афоничева, И.И. Аксенов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 17. – № 2(81). – С. 90–99. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_2_90.

2. Васильев В.В. Усовершенствованный цилиндрический бункер для хранения сельскохозяйственной продукции / В.В. Васильев, Д.Д. Афоничева, И.И. Аксенов // Наука в центральной России. – 2023. – Т. 64. – № 4. – С. 37-46. DOI: <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-4-37-46>.

3. Васильев В.В. Улучшение условий хранения сельскохозяйственной продукции в цилиндрических бункерах / В.В. Васильев, Д.Д. Афоничева // Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе: сборник материалов международной научно-практической конференции; г. Орел, 16-17 ноября 2023 г. – Орел: ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. – 2023 – С. 143–150.

4. Патент 2799277 РФ, МПК В 65 G 65/40. Цилиндрический бункер для хранения сельскохозяйственной продукции / В.В. Васильев, Д.Д. Афоничева, И.И. Аксенов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – № 2023110466; заявл. 24.04.2023; опубл. 04.07.2023, бюл. № 19. – 10 с.

5. Патент 2799279 РФ, МПК В 65 G 65/40. Цилиндрический бункер для хранения сельскохозяйственной продукции / В.В. Васильев, Д.Д. Афоничева, И.И. Аксенов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – № 2023108615; заявл. 06.04.2023; опубл. 04.07.2023, бюл. № 19. – 11 с.

6. Сорокин Н.Н. Повышение эффективности процесса послеуборочной подготовки семян пшеницы: монография / Н.Н. Сорокин, В.И. Оробинский, А.В. Чернышов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 2019. – 147 с.

7. Юкиш А.Е. Техника и технология хранения зерна / А.Е. Юкиш, О.А. Ильина. – М.: ДеЛи принт, – 2009. – 718 с.

8. Bala V.K. Drying and storage of cereal grains: second edition / V.K. Bala – Wiley Blackwell, – 2017. – 336 p.

9. Design of reinforced concrete silo / F.A.N. Silva [et al.]. – Springer. – 2019. – 93 p.

10. Boumans G. Grain handling and storage / G. Boumans. – ELSEVIER. –1985. – 442 p.

11. Patent 2020223649 A1 USA, Int. Cl. A 01 F 25/20, B 65 G 47/16, 65/48. Sweep conveyor assembly for use in a silo or granary / Forsberg Gustaf; applicant and patent holder

FORSBERG VAEXTODLING AB. № 16/626,967; filed: 27.12.2019; date application 16.07.2020. – 31 p.

12. Patent 2006018739 A1 USA, Int. Cl. B 65 G 1/00, A 01 F 25/18, 25/20, B 65 G 33/10, 65/36, 65/46. Agricultural silo auger system apparatus and method / Lambert Charles F; applicant and patent holder Lambert Charles F. № 10/854,230; filed: 27.05.2004; date application 26.01.2006. – 12 p.

© Васильев В.В., Афоничева Д.Д., Аксенов И.И., 2024

УДК 621.822.1

Востриков Павел Сергеевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладная механика, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: vsau.vost@mail.ru

Остриков Валерий Васильевич

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», доктор технических наук, профессор

**Биовозобновляемые материалы при производстве
сельскохозяйственной техники**

Аннотация: При завершении ресурса машин, остаются не возобновляемые материалы, требующие глубокой переработки. В статье рассмотрена технология изготовления подшипников скольжения сельскохозяйственной техники из биовозобновляемой древесины. Обосновано получение прессованной древесины с заданными механическими свойствами. Приведены рекомендации по изготовлению конструкций подшипниковых узлов.

Ключевые слова: подшипники скольжения, биовозобновляемые материалы, прессование древесины.

Vostrikov Pavel S.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Department of Applied Mechanics, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: vsau.vost@mail.ru

Ostrikov Valery V.

FSBNI «All-Russian Research Institute for the Use of Technology and Petroleum Products in Agriculture», Doctor of Technical Sciences, Professor

Bio-renewable materials in the production of agricultural machinery.

Abstract: At the end of the life of the machines, there are non-renewable materials that require deep processing. The article considers the technology of manufacturing sliding bearings of agricultural machinery from bio-renewable wood. The production of pressed wood with specified mechanical properties is justified. Recommendations for the manufacture of bearing assembly structures are given.

Keywords: sliding bearings, bio-renewable materials, wood pressing.

Из всех известных видов сырья – железная руда, нефть, газ, древесина возобновляемой человеком в короткий срок является только древесина мягких пород деревьев. Для улучшения прочности и жесткости заготовки из этой древесины подвергаются уплотнению при помощи прессов.

Можно обосновать получение прессованной древесины с заданными механическими свойствами. Аналитическим расчетом прогнозируется значение показателей механических свойств, которые будут иметь место после прессования. Известно, что деформационные свойства древесины описываются упруго-вязкими характеристиками образцов при воздействии на них внешней силы: мгновенным модулем упругости и двумя коэффициентами времен релаксации [1].

В таблице 1 даны прогнозируемые и экспериментальные значения показателей механических свойств прессованной древесины березы, уплотненной в два раза, при сжатии вдоль волокон.

Предел прочности, как и модуль упругости при сжатии вдоль волокон, так же увеличивается вдвое по сравнению с натуральной древесиной березы.

Таблица 1. Прогнозирование и экспериментальные значения показателей механических свойств прессованной древесины

Упруго-вязкие характеристики образцов	Натуральная древесина березы	Прессованная древесина	
		прогнозируемые значения	экспериментальные значения
Мгновенный модуль упругости, МПа	593,5	1187,0	1221,0
Длительный модуль упругости, МПа	271,2	542,4	520,5
Коэффициент формы	0,27	0,27	0,29
Время релаксации, ч	2,3	2,3	2,9

Оптимальной сферой применения деталей из прессованной древесины являются узлы трения, где втулки из нее предохраняют металлические валы от интенсивного износа и тем самым увеличивают долговечность и производительность этих узлов при одновременном снижении веса, металлоемкости и маслостойкости.

При конструировании подшипникового узла необходимо обеспечить совместную работу металлического вала и втулки из прессованной древесины при изменении их температурно-влажностного режима.

При недостаточной связи между втулкой и металлическим корпусом подшипника деревянная втулка благодаря усушке будет проворачиваться в корпусе. При отсутствии надлежащего зазора втулка может зажать вал. Поэтому были проведены теоретические расчеты величины изменения

зазора между валом и втулкой при различных возможных изменениях температуры и влажности, а также необходимых натягов на запрессовку втулки в корпус подшипника [2, 3].

В таблице 2 даны рекомендации по назначению зазоров и натягов для втулок березы контурного прессования.

Таблица 2. Необходимые зазоры и натяги в подшипнике скольжения

Диаметр, мм	Зазор между валом и втулкой, мм		Натяги на запрессовку втулки, мм	
	от	до	от	до
20-30	0,10	0,15	-0,80	-0,60
30-40	0,15	0,20	-1,00	-0,80
40-50	0,15	0,20	-1,50	-1,20
50-65	0,20	0,30	-1,50	-1,20
65-80	0,30	0,40	-1,80	-1,50
100-120	0,50	0,60	-2,20	-2,00

Втулки могут выходить из строя от перегрева и износа, поэтому необходимо уметь определять температурное поле и поле коэффициентов трения в узлах трения.

Прессование древесины может производиться в виде различных модификаций:

1. Одноосное прессование, когда прессующие усилия направлены параллельно друг другу. В этом случае заготовка имеет вид прямоугольного параллелепипеда.

2. Контурное прессование, когда заготовка имеет цилиндрическую форму, а усилия направлены по радиусам цилиндра. Это обеспечивается проталкиванием деревянной заготовки через коническую прессформу.

3. Гнутье деревянных образцов с последующей подпрессовкой.

Для всех видов модификаций после прессования образцы пропитываются в минеральном масле в течении нескольких часов и не требуют дополнительной принудительной подачи смазки в процессе эксплуатации узлов.

Работоспособность узлов трения с втулками из прессованной древесины различных модификаций надежно обеспечивается при сохранении постоянной скорости износа во времени.

Втулки нормально работают, если удельные давления не превышают 0,56 МПа, а скорость скольжения – 0,63 м/с.

При этом меньшие значения коэффициента трения (примерно 0,07) и температуры в зоне трения (примерно 70° С) наблюдаются у гнуто-прессованных втулок. Несколько большие значения коэффициента трения (0,15) и температуры (90° С) у втулок контурного прессования. Для одноосного прессования коэффициент трения равен 0,18 при температурах в зоне трения, не превышающие 80° С.

Гнутопрессованные втулки имеют постоянные значения указанного коэффициента трения в сравнительно широком диапазоне нагрузочно-скоростных режимов (удельные давления – в пределах от 0,40 до 0,56 МПа, а скорость скольжения – от 0,30 до 0,60 м/с).

Обеспечить постоянство коэффициента трения в широком диапазоне нагрузок возможно лишь в области малых скоростей скольжения (менее 0,30 м/с). Преимущество древесных материалов из прессованной древесины перед полимерными материалами в отношении допустимой величины критерия теплостойкости показано в таблице 3, в которой даны их сравнительные значения.

В сельскохозяйственном производстве прессованная древесина может быть применена при ремонте сельскохозяйственных машин и орудий в качестве втулок плугов, культиваторов и сеялок.

Таблица 3. Предельные режимы работы втулок из древесины и полимерных материалов

Тип втулки и ее материал	Допускаемая величина критерия теплостойкости, МПа (м/с)	Ограничение рабочей температуры, °С
Гнутопрессованная древесина	1,10	60
Контурное уплотнение древесины	0,44	60
Полиамидные смолы	0,10-0,15	60
Фторопластовая облицовка ткань при склеивании	0,30-0,50	135

Производственные рекомендации, указанные выше, касающиеся выбора рациональных режимов эксплуатации для отдельных видов прессования, прошли производственную проверку и могут использоваться при конструировании сельскохозяйственной техники [4, 5, 6].

Список источников

1. Беляев А.Н. Сопротивление материалов // А.Н. Беляев, В.В. Шердекин // Воронеж: ВГАУ, 2013. – 560 с.
2. Востриков П.С. Использование адаптивных технологий при разработке зерноочистительных агрегатов и комплексов / П.С. Востриков // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ВГАУ, 2022. – С.202-209.
3. Дедов Д.А. Методы снижения трения / Д.А. Дедов, П.С. Востриков // Современные научно-практические решения в АПК. Материалы международной студенческой научно-практической конференции. – Воронеж: ВГАУ, 2023. – С. 26-31.
4. Оробинский В.И. Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян фракционированием и технические средства для ее реализации: дис. д-ра. с.х. наук / В.И. Оробинский; Воронеж ВГАУ. – Воронеж, 2007. – 334с.

5. Оробинский В.И. Модернизация очистки зерноуборочного комбайна / В.И. Оробинский, А.С. Корнев, Д.Н. Посохов, Н.М. Дерканосова // Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК: материалы национальной научно-практической конференции. – Воронеж: ВГАУ, 2019. – С. 28-32.

6. Оробинский В.И. Оценка эффективности работы зерноуборочного комбайна с аксиально-роторным молотильно-сепарирующего устройством / В.И. Оробинский, Н.М. Дерканосова, Д.А. Подорванов, А.С. Корнев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2020. – Т.В. - №1 (64). – С.12-18.

© *Востриков П.С., Остриков В.В., 2024*

УДК 664.72

Востриков Павел Сергеевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладная механика, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж
e-mail: vsau.vost@mail.ru

Завражнов Анатолий Иванович

Мичуринский государственный аграрный университет,
главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, академик РАН,
Россия, Мичуринск

Склерометрическое исследование зерновых материалов

Аннотация: В статье приведено описание прибора для склерометрических исследований материалов. Обоснована методика для склерометрических исследований свойств поверхностных слоев семян сельскохозяйственных культур. Получены экспериментальные данные исследований поверхностных слоев зерновок.

Ключевые слова: склерометрическое исследование, износ, зерновки.

Vostrikov Pavel S.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Department of Applied Mechanics, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: vsau.vost@mail.ru

Zavrazhnov Anatoly I.

Michurinsk State Agrarian University, Chief Researcher,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences,
Russia, Michurinsk

Sclerometric examination of grain materials

Abstract: The article describes a device for sclerometric studies of materials. A technique for sclerometric studies of the properties of the surface layers of agricultural seeds is substantiated. Experimental data on studies of the surface layers of grains have been obtained.

Keywords: sclerometric examination, wear, grains.

Износ рабочих органов зерноочистительных машин является важной проблемой современной техники. Так, помимо непосредственно изнашивания рабочих органов машин, происходит снижение качества получаемой продукции, снижение ее товарной стоимости.

Для оценки способности конструкционных материалов деталей сельскохозяйственных машин к сопротивлению изнашиванию необходимо знать изнашивающее воздействие сельскохозяйственных материалов, в частности семян различных культур. Определение его для семян всех культур в разнообразных условиях трения весьма затруднительно, поэтому целесообразно оценивать изнашивающую способность каждой культуры относительно основной зерновой культуры-пшеницы, используя понятие коэффициента относительной изнашивающей способности [1].

Износ, как результат процесса изнашивания, зависит от большого числа факторов, независимых и взаимопределяющих, изменяющихся в широких пределах. Для оценки относительного изнашивающего воздействия семян сельскохозяйственных культур необходимо изучить систему-изнашивание семенами различных культур одного контртела. В указанную систему входят изнашивающие свойства семян и динамические параметры зернового потока. Изнашивающие свойства семян определяются их физико-механическими свойствами в целом, физико-механическими и химическими свойствами оболочек (перикарпия и алейронового слоя), а также тепловым и электрическими явлениями, протекающими на поверхности трения [3, 5].

Структура рассматриваемой системы зависит от глубины познания протекания процесса трения и изнашивания зерновыми потоками. Если, например, свести явление только к механическому взаимодействию, без учета трибохимических, тепловых и электрических явлений, то система значительно упростится.

Параметры, определяющие относительное изнашивающее воздействие каждой культуры в этом случае, представляют собой характеристику зерновок по массе и размеру, упругим свойствам, углам трения и сцепления, свойствам оболочек. Последние характеризуются шероховатостью и микротвердостью и усилием сдвигу [2, 4].

Сопротивление сдвигу τ поверхностных слоев зерновок и семян оценивалось по усилию царапания, отнесенному к площади поперечного сечения образованной борозды. Усилие царапания определялось на микротвердометре ПМТ-3 с приспособлением для протягивания объекта под индентором, которое содержит регулируемый по высоте держатель семян с тензобалкой, механизм передвижения с приводом от низкооборотного мотор-редуктора. Алмазная призма микротвердометра с нагрузкой 0,15 Н внедряется в поверхность зерновки, перемещаемой по горизонтали со скоростью 0,54 мм/с.

На осциллографе производилась запись усилия царапания в течение 2с, повторность опытов на каждой культуре не менее трех-кратной, скорость движения фотобумаги – 225мм/с. Обработка осциллограмм велась вручную с подсчетом средней, дисперсии, коэффициента вариации, значения которого для разных культур изменялось от 2,09 до 25,49%.

Площадь поперечного сечения борозды определялась по размеру диагонали отпечатка алмазной призмы микротвердомера на зерне с усилием 0,15 Н. Призма во всех повторностях устанавливалась гранью вперед в направлении перемещения зерновки, в этой проекции на большом инструментальном микроскопе с точностью 0,2 мкм был снят ее профиль. Среднее усилие царапания по культурам, площадь борозды и сопротивление сдвигу показаны в таблице 1.

Как видно из таблицы, наибольшее среднее усилие царапания имеют такие культуры как рис и подсолнечник. А наименьшее – пшеница и ячмень. Площадь борозды наибольшая также у подсолнечника и овса. По сопротивлению сдвигу доминирующее значение у таких культур как рис, сорго, подсолнечник и рожь. У других культур значения сопротивления значительно меньше.

Таблица 1. Среднее усилие царапания по культурам, площадь борозды и сопротивление сдвигу

Культура	Усилие, 10^{-12} Н	Площадь, 10^{-2} м ²	Сопротивление сдвигу, МПа
Пшеница	1,77	228	78
Эспарцет	5,38	217	248
Подсолнечник	14,35	283	507
Рожь	11,02	217	508
Сорго	8,63	105	822
Ячмень	3,50	102	344
Овес	6,06	255	238
Вика	4,69	53	886
Рис	16,53	105	1574

Таким образом, предложен прибор и обоснована методика для склерометрических исследований свойств поверхностных слоев семян сельскохозяйственных культур. Благодаря полученным данным, можно прогнозировать износ рабочих органов зерноочистительных машин. Появляется возможность устанавливать прогнозируемые сроки износа, устанавливать периодичность замены рабочих органов зерноочистительных машин без ущерба снижения качества товарной продукции.

Список источников

1. Востриков П.С. Качество очистки зернового вороха в зависимости от конструктивных и технологических параметров триерных цилиндров / П.С. Востриков,

Н.М. Дерканосова // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе; материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ВГАУ, 2022. С. 292-301.

2. Дедов Д.А. Методы снижения трения / Д.А. Дедов, П.С. Востриков // Современные научно-практические решения в АПК. Материалы международной студенческой научно-практической конференции. – Воронеж: ВГАУ, 2023. С. 26-31.

3. Оробинский В.И. Исследование качественных показателей семян озимой пшеницы при комбайновой уборке и послеуборочной обработке / В.И. Оробинский, А.М. Гиевский, А.В. Чернышов, И.В. Баскаков // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2020. – №21 (184). – С. 84-97.

4. Оробинский В.И. Модернизация очистки зерноуборочного комбайна / В.И. Оробинский, А.С. Корнев, Д.Н. Посохов, Н.М. Дерканосова // Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК: материалы национальной научно-практической конференции. – Воронеж: ВГАУ, 2019. – С. 28-32.

5. Оробинский В.И. Влияние режимов работы очистки зерноуборочных комбайнов на потери зерна / В.И. Оробинский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. №2. – С.6-7.

© Востриков П.С., Завражнов А.И., 2024

УДК 621.791.947.2:669

Гиевский Виталий Алексеевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, ассистент, Россия, Воронеж,
e-mail: vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru

Смагин Егор Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, обучающийся агроинженерного факультета, Россия Воронеж,
e-mail: Egsm.2021@yandex.ru

Особенности технологии лазерной резки металла и области ее применения

Аннотация. В последние годы в нашей стране наблюдается восстановление и развитие металлообрабатывающей промышленности. Вследствие этого возникает необходимость использования современных методов резки металла. Одним из наиболее эффективных способов резания является лазерная резка. В данной статье рассматривается технология лазерной резки металла, ее особенности, области применения и современное оборудование.

Ключевые слова: обработка металла, лазерная резка, волоконный лазер, YAG-лазер, CO₂-лазер, лазерный станок.

Gievsky Vitaly A.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Operation of Transport and Technological Machines, Assistant, Russia, Voronezh,
e-mail: vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru

Smagin Egor N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
student of the Faculty of Agricultural Engineering, Voronezh, Russia,
e-mail: Egsm.2021@yandex.ru

Features of laser metal cutting technology and its application areas

Abstract. In recent years, the restoration and development of the metalworking industry has been observed in our country. As a result, it becomes necessary to use modern metal cutting methods. One of the most effective cutting methods is laser cutting. This article discusses the technology of laser metal cutting, its features, applications and modern equipment.

Keywords: metal processing, laser cutting, fiber laser, YAG laser, CO2 laser, laser machine.

Операции резки являются важными аспектами изготовления деталей в производственном секторе. Одним из основных методов изготовления металла является лазерная резка металла. Она подходит для резки деталей из металлов, сплавов и неметаллов.

Лазерная резка – это бесконтактный процесс, который использует точное и контролируемое тепло для резки материала. В процессе резки высококонцентрированный лазерный луч направляется на поверхность металла. Тепло от лазера расплавляет или испаряет металл, производя чистый, точный разрез.

При лазерной резке различают три метода в зависимости от толщины материала и требований к заготовке [1].

Лазерная резка пламенем осуществляется с использованием режущего газа кислорода. Это обеспечивает экзотермические процессы окисления, то есть энергия, выделяемая в виде тепла при сгорании металла, поддерживает процесс резки. Этот метод подходит для быстрого изготовления деталей.

При лазерной резке методом плавления инертный газ вдувается в режущее соединение и таким образом предотвращает или существенно замедляет реакции с кислородом воздуха. Режущая кромка и окружающий металл также охлаждаются. Это формирует режущую кромку с низким содержанием оксидов, что полезно для всех заготовок, которые не должны подвергаться последующей обработке или где нежелательно изменение материала.

Сублимационная резка выполняется без режущего газа и применяется для тонких металлических листов (толщиной до 3 мм). Лазер испаряет материал, что создает тонкий, часто без заусенцев разрез.

Выделяют следующие основные этапы лазерной резки металла:

1. Разработка шаблона для резки: перед фактической резкой дизайн или шаблон создается в САПР или другом графическом программном обеспечении.

2. Настройка лазерного резака: оператор настраивает мощность, скорость и фокусировку лазера в зависимости от типа и толщины металла.

3. Резка металла: лазерный резак следует заданному шаблону, разрезая металл с высокой точностью.

4. Охлаждение и последующая обработка: после резки металлические детали охлаждаются, а оставшийся мусор удаляется. Дополнительные этапы последующей обработки могут включать удаление заусенцев или нанесение защитных покрытий.

Существует три основных типа лазерных резаков, используемых для резки металла: волоконные лазерные резаки, YAG-лазеры и лазеры CO₂. Каждый из них имеет свои уникальные преимущества и недостатки.

Волоконные лазеры известны тем, что создают более узкие лучи, что обеспечивает примерно в четыре раза большую эффективную мощность при той же выходной энергии лазера. Они работают быстрее и точнее, чем их аналоги CO₂. Резка волоконным лазером имеет более низкие эксплуатационные расходы благодаря электрической эффективности и твердотельной конструкции, но они требуют больше защитного азотного газа в процессе резки [3]. Они подходят для высокоточной резки более тонких металлических деталей.

Углекислотные лазеры обеспечивают большую ширину режущего луча и характеризуются высокой мощностью. Поэтому они хорошо подходят для процесса резки толстых деталей, где не требуется высокая точность разреза. Кроме того, стоимость углекислых лазеров значительно ниже, чем у волоконных, но эксплуатационные расходы на сервисное обслуживание и расходные материалы по сравнению с оптоволоконным выше на 50 % [3].

Твердотельные YAG-лазеры характеризуются высокой эффективностью резания, высокой точностью и небольшой зоной термического воздействия. Так как твердотельные лазеры используют лазерные диоды или импульсные лампы для формирования лазерного луча, то подвижных компонентов, вроде систем зеркал как в углекислотном лазере, меньше, и соответственно затраты на обслуживание минимальны. Еще одно преимущество твердотельных лазеров заключается в их многофункциональности. Они работают практически со всеми видами материалов, включая металлы, пластик и керамику.

При резке металла лазером необходимо тщательно контролировать ряд параметров для достижения желаемых результатов (рис. 1):

1. Мощность лазера – это количество энергии, которое может вырабатывать лазер, измеряемое в ваттах (Вт) или киловаттах (кВт). Чем толще обрабатываемый материал, тем больше мощности требуется для лазерного резака. Поэтому наиболее мощные углекислые лазеры хорошо подходят для обработки толстых стальных и твердосплавных листов.

2. Скорость резки. Скорость перемещения режущего луча по материалу оказывает большое влияние на качество и эффективность резки. Высокая скорость перемещения существенно повышает производительность, но при этом часто выделяется большое количество тепла, что может негативно повлиять на качество резки, гладкость кромок и необходимость последующей обработки [1].

3. Частота импульсов в секунду также влияет на качество резки, скорость и общую зону термического воздействия [1].

4. Размер фокусного пятна: влияет на точность разреза и его форму. Чем меньше диаметр фокусируемого лазерного луча, тем уже и точнее разрез, тем выше качество реза. Здесь на первое место выходят твердотельные лазеры [4].

5. Давление вспомогательного газа. Вспомогательный газ помогает выталкивать расплавленный материал и минимизировать окисление. Его давление должно быть правильно установлено в зависимости от типа и толщины материала. Выбор вида вспомогательных газов (кислород или азот) также влияет, на качество и скорость резки, так как они влияют на тепловой режим во время процесса резки.

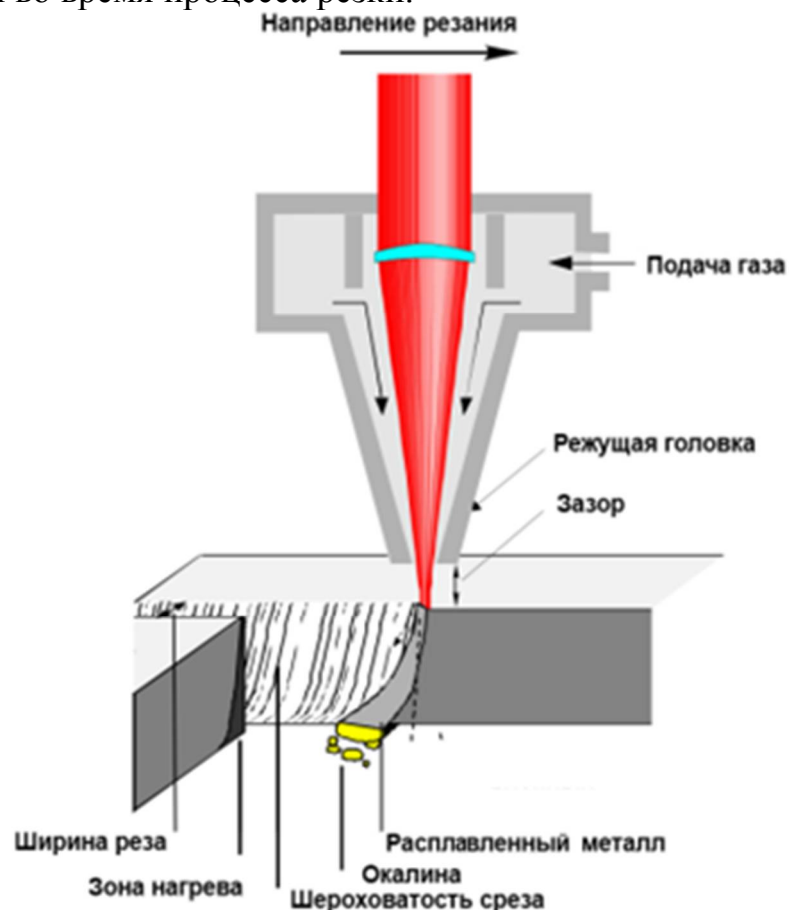


Рис. 1. Процесс лазерной резки металла

При лазерной резке металла также важно учитывать несколько ключевых факторов.

Различные металлы по-разному реагируют на лазер, что влияет на качество реза и обуславливает выбор типа лазера с соответствующими параметрами.

Сложность вырезаемой формы влияет на время резки и траекторию движения лазерного луча. Чем сложнее форма, тем сложнее траектория, тем больше времени тратится на технологический процесс. А также от этого зависит необходимость включения последующих операций, таких, например, как зачистка краев и снятие заусенцев [4].

По сравнению с другими видами резки (плазменная, механическая, гидроабразивная) лазерная резка обеспечивает баланс скорости, точности и универсальности. В то время как другие методы могут лучше подходить для определенных задач или материалов, лазерная резка предлагает широкий спектр возможностей, которые делают ее универсальным инструментом в металлообработке.

С помощью лазера можно изготавливать чрезвычайно узкие режущие соединения высокой точности и качества. Это означает, что даже самые тонкие конструкции могут быть изготовлены из самых разных неорганических материалов. Метод обеспечивает низкую деформацию и, в зависимости от материала, практически не потребует никакой постобработки. Кроме того, этот процесс резки является наиболее экономичным методом, поскольку процесс бесконтактный, лазерные станки не подвержены износу инструмента. Так как лазер не оказывает никакого механического усилия (точнее, есть сила, которая всегда незначительна из-за давления фотонов) на заготовку, нет необходимости в зажиме это означает, что не происходит никакой механической деформации [1, 2].

Технология лазерной резки основана на технологии числового программного управления (ЧПУ), что обеспечивает ее безупречную точность. После того, как технический оператор вводит программы в компьютер, процесс выполняется самостоятельно. Поэтому требуется меньше человеческого вмешательства и общей рабочей силы. Кроме того, при повышенной эффективности резки практически нет права на ошибку.

В наше время рынок лазерных режущих станков довольно обширен. Одним из самых распространенных брендов в отрасли лазерной резки является Assur1, китайский производитель листогибочных прессов и лазерных резаков, известный своими лазерными резаками по металлу [4].

Машины с волоконным лазером Smart 1kW to 3kW идеально подходят для сверхскоростной резки тонких листовых металлических деталей и аналогичных материалов. Они предназначены для резки широкого спектра черных и цветных металлов, при этом обладают

повышенной производительностью и низкими эксплуатационными расходами.

Волоконные лазерные станки ACCURL SmartLINE мощностью от 2 кВт до 4 кВт оснащены простыми в использовании функциями. Это компактный, универсальный и производительный двухмерный лазерный станок для резки, который обеспечивает бесспорную эффективность и превосходное качество резки. Подходит для широкого спектра материалов, используемых в металлообработке, включая металлы с высокой отражающей способностью и толстую мягкую сталь.

Волоконные лазеры MasterLINE подходят для обработки широкого спектра материалов, включая металлы с высокой отражающей способностью и мягкую сталь большой толщины.

Одной из разновидностей технологии лазерной резки является лазерная маркировка и гравировка различных деталей и изделий. Для маркировки чаще всего используются оптоволоконные или углекислые лазеры. Маркировка позволяет отслеживать детали, упрощает процесс их настройки, процесс сборки конструкции из промаркированных деталей, и особенно ценится в медицине и автомобилестроении. С помощью лазерной гравировки можно создавать сложные рисунки, тексты и графику на автозапчастях, медицинских приборах, создавать высокохудожественные изделия и украшения. Лазерная гравировка металла широко применяется в производстве ювелирных изделий. Ее можно использовать для резки драгоценных камней, поскольку процесс позволяет производить высокоточные резы и существенно облегчает процесс огранки, особенно твердых камней: алмаз, берилл, корунд. Так как в процессе резки материал испаряется, то такой тип обработки камня наиболее безопасен для ювелира. И значительно снижает процент потерь камня.

Лазерная резка произвела революцию в медицинской промышленности. Особенно в производстве медицинских инструментов, протезов (сердечных клапанов, суставных протезов, стентов и т.д.), где требуется высокая точность и минимальное тепловое воздействие, чтобы не вызвать деформацию конструкции. Небольшая зона термического воздействия приводит к минимальной деформации и выпуску деталей, которые соответствуют строгим допускам [2].

Таким образом можно сделать вывод, что лазерная резка представляет собой универсальный, точный и эффективный метод обработки металла. Несмотря на высокую стоимость лазерных станков, их эффективность окупает все затраты и позволяет выпускать детали, соответствующие всем номенклатурным требованиям даже в таких сложных сферах как медицина, аэрокосмическая промышленность, авиация и ядерные технологии.

Список источников

1. Григорьянц, А. Г. Лазерная резка металлов: учебное пособие / А.Г. Григорьянц, А.А. Соколов. – 3-е изд., стер. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2021. – 128 с. – Режим доступа: по подписке. URL: <https://lib.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612972> (дата обращения: 21.09.2024).
2. Лазерная резка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.osvarke.com/lazernaya-rezka.html> (дата обращения: 15.09.2024).
3. Механические характеристики высококачественной лазерной резки стали волоконным и СО₂-лазерами / В.М. Фомин, А.А. Гольшев, А.Г. Маликов, А.М. Оришич, В.Б. Шулятьев // Журнал прикладной механики и технической физики. – 2015.– Т. 56. – Вып. 4. – С. 726–735. – doi: 10.1134/S0021894415040203.
4. Steen WM, Mazumder J. Лазерная обработка материалов. – 4-е изд. – Лондон: Springer-Verlag London Publ., 2010. – 558 с.. – doi: 10.1007/978-1-84996-062-5.

© Гиевский В.А, Смагин Е.Н., 2024

УДК 631.3

Кирмасов Владислав Юрьевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, ассистент, Россия, Воронеж,
e-mail: vlad.kirmasov@mail.ru

Рамазанова Виктория Олеговна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, студент 3 курса агроинженерного факультета, Россия, Воронеж,
e-mail: ramazanova-viktoriya04@mail.ru

Чернышов Алексей Викторович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж
e-mail: lexa-c@yandex.ru

Дедов Даниил Александрович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, студент 3 курса агроинженерного факультета, Россия, Воронеж,
e-mail: DanDedov0987@yandex.ru

Применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве

Аннотация. В данной статье рассматриваются возможности и перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. Проанализированы преимущества и недостатки различных типов дронов. Исследованы проблемы хозяйств, которые могут решить беспилотные летательные аппараты (БПЛА).

Ключевые слова: БПЛА, дрон, классификация, сельское хозяйство, эксплуатация.

Kirmasov Vladislav Yu.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Assistant, Russia, Voronezh,
e-mail: vlad.kirmasov@mail.ru

Ramazanov Victoria O.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 3rd year student of the Faculty of Agricultural Engineering, Russia, Voronezh,
email: ramazanov-viktoriya04@mail.ru

Chernyshov Alexey V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh
e-mail: lexa-c@yandex.ru

Dedov Daniil A.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 3rd year student of the Faculty of Agricultural Engineering, Voronezh, Russia,
e-mail: DanDedov0987@yandex.ru

The use of unmanned aerial vehicles in agriculture

Abstract. This article discusses the possibilities and prospects of using unmanned aerial vehicles in agriculture. The advantages and disadvantages of various types of drones are analyzed. The problems of farms that can be solved by unmanned aerial vehicles (UAVs) are investigated.

Keywords: UAV, drone, classification, agriculture, operation.

В настоящее время в сельское хозяйство России внедряются различные беспилотные машины, так как они имеют большой потенциал с точки зрения оптимизации сельскохозяйственного производства. Свое развитие беспилотная авиация получила с появлением микроконтроллеров и микропроцессоров, которые в свою очередь заменили громоздкие автопилоты. Вследствие чего появилась возможность создания малоразмерных летательных аппаратов. БПЛА классифицируются на беспилотники самолетного (с жестким крылом) и мультироторного (вертолетного) типа [1]. Принцип действия аппаратов самолетного типа схож с обычным самолетом, где поток воздуха налегает на крыло, создавая подъемную силу. Существует множество дронов самолетного типа различных по конструктивным особенностям. Главным преимуществом такого вида является большой охват площади, длительное время работы и развитие высокой скорости, а к недостаткам относятся качество изображений из-за высокой скорости аппарата. Дроны вертолетного типа более популярны и востребованы в сельскохозяйственных производствах. Их отличительная особенность заключается в возможности зависать над объектом и поворачиваться вокруг своей оси. Но у них имеются недостатки, такие как небольшая скорость и ограниченное время полета. В данный момент активно развивается направление First Person View (FPV)

дронов, в которых реализовано виртуальное присутствие операторов. Пилот, управляя беспилотником через пульт, видит картину в реальном времени через камеру путем отображения на мониторе. В настоящее время практически любой летательный аппарат можно переделать под FPV, для этого необходимо иметь бортовой передатчик. Как уже известно, агродроны могут выполнять разнообразные операции в сельском хозяйстве, такие как: аэрофото и видео съемку, 3D моделирование, опрыскивание, сканирование, мониторинг и тепловизионную съемку [6]. Основные проблемы, которые заставляют задуматься о приобретении дронов в сельскохозяйственных производствах – это дефицит классифицированных рабочих кадров и ущерб который наносится самоходной техникой во время внесения удобрений, так называемая – технологическая колея, которая составляет примерно 2-3% от всей продуктивной площади, а также затраты на доставку воды в поле. К примеру, благодаря дронам ультрамалообъемное опрыскивание стало более востребовано, так как недостатки данной технологии были устранены за счет аэродинамики дрона. Жидкость направляется строго вниз и не подвержена сносам капель, а малодисперсные распылители избавляют от испарения жидкости в атмосферу. Расход рабочей жидкости меньше 25 литров на гектар, соответственно затраты на препараты, заработную плату, топливо и обслуживание техники меньше, а эффективность выше, вследствие того, что дрон может работать по любой геометрии поля, выше биологическая активность препаратов, так как больше площадь покрытия [3]. Но следует учитывать норму внесения препарата для распыления дроном, так как в настоящее время БПЛА имеют определенную грузоподъемность, то есть максимальный вес рабочей жидкости, который дрон способен перевезти и распылить за один полёт. Учитывать необходимо не только массу жидкого препарата, но и вес самого распылителя, бака с жидкостью и другого оборудования. Что касается длительности работы квадрокоптеров, то это зависит от типа и конструкции модели, обычно зарядное устройство четырехканальное, четыре аккумулятора достаточно для безостановочной эксплуатации дрона. При разрядке аккумулятора или опорожнении бака дрон возвращается на специализированную площадку, где меняются аккумуляторы, бак с рабочей жидкостью и далее он улетает на задание, продолжая с момента его остановки. Длительность работы на одном заряде варьируется от 5 до 15 минут, к тому же необходимо рационально составлять план работы для большей эффективности полета, а именно, для того чтобы дрон не летал холостым проходом, нужно иметь несколько точек заправки и зарядки. Существуют так же определенные метеоусловия для эксплуатации агродрона, в среднем 5-8 м/с максимальная допустимая скорость ветра для работы, но решения по обработке дроном в ветреную

погоду должен принимать агроном, для того чтобы вследствие погодных условий не было нарушений по технологии работы [5, 7]. На сегодняшний день ремонт квадрокоптеров в осуществляется местными дилерами, и дроны в скором времени будут полностью ремонтпригодными. Запасные части, такие как пропеллеры, моторы, винты, форсунки имеются в наличии в России, остальное в процессе поставок. Форсунки установлены металлические или керамические, их износ практически отсутствует, из-за небольшого количества воды. К тому же они не забиваются, если не вытаскивать штатный фильтр, который установлен на входе в бак и соответственно, использовать чистую воду для раствора. Регулировка форсунок происходит по заданию, в пульте устанавливается норма расхода рабочей жидкости посредством изменения ее давления подачи.

Использование беспилотников позволяет оценить состояние полей и урожая без специального транспорта. Дрон облетает большие участки за короткие сроки и передает оператору данные в режиме реального времени. Информация помогает подобрать оптимальные методы ухода за сельскохозяйственными культурами, наблюдать за их ростом и вносить корректировки. У каждой модели БПЛА предусмотрены свои базовые возможности и дополнительные опции [4]. Так, например, к числу дополнительных функций можно отнести сохранение точки остановки, возможность одновременной работы с несколькими компонентами, отметка путевых точек на карте и управление заданиями. Имеется большое количество профессиональных программных обеспечений предназначенных для сбора данных о состоянии растений, грунта, влажности и многой другой необходимой информации о поле. Применение мультиспектральных сенсоров для съемки с БПЛА обеспечивает получение карты полей с вегетационными индексами, что позволяет своевременно выявлять возможные проблемы и принимать решения по их устранению. Например, программное обеспечение DJI Terra Pro позволит получить 2D, 3D карты на основе фотограмметрической съемки с дрона, формировать карты предписаний дифференциального внесения дроном, а так же проектирование маршрутов полета и дальнейшая постобработка [2]. Важно отметить, что приобрести агродрон в России не так просто, из-за правового регулирования, так как необходимо обязательно получить разрешение на использование воздушного пространства в Росавиации и поставить на учет БПЛА.

Таким образом, спектр возможностей агродронов весьма широкий, они помогают повысить эффективность и производительность за счет мониторинга, управления полями, точного внесения удобрений и средств защиты растений. Дроны имеют много преимуществ по сравнению с наземными транспортными средствами, и они на порядок дешевле. Хотя пока БПЛА не могут полностью заменить колесную технику, они

представляют высокотехнологические решения, позволяющие при выполнении технологической операции по защите растений повысить урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. В ближайшее время дроны будут модифицироваться, улучшая свои показатели, что приведет к развитию их применения в сельском хозяйстве.

Список источников

1. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / Ю.Н. Зубарев [и др.] // Вестник ПФИЦ. – 2019. – № 2. – С. 47-51.
2. Лукша Д.В. Сельскохозяйственный дрон / Д.В. Лукша, Е.О. Калитеня // Технологическая независимость и конкурентоспособность Союзного Государства, стран СНГ, ЕАЭС и ШОС: сборник статей VI Международной научно-технической конференции. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2023. – С. 283-287.
3. Обоснование эффективности ультрамалообъемных опрыскиватели полевых культур / А. Н. Омаров, М. К. Бралиев, В. Х. Мухамеджанов [и др.] // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 21–22 апреля 2021 года.– Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2021. – С. 447-453.
4. Павлушенко М.И. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития / М.И. Павлушенко, Г.М. Евстафьев, И.К. Макаренко. – М.: Изд-во ПИР-центра, 2005. 610 с.
5. Привалов Ф. Дельталеты для химической обработки сельскохозяйственных угодий / Ф. Привалов, А. Зизико // Наука и инновации. – 2017. – № 2(168). – С. 30-34.
6. Современные методы контроля качества работ в АПК / М.А. Тишковский [и др.] // Актуальные вопросы физико-математических и технических наук в свете современных исследований АПК: материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – С. 389-396.
7. Эффективность сельскохозяйственных авиационно-химических работ / Огородников П.И. [и др.] // Вестник ОГУ. 2006, №2, т.1 Гуманитарные науки. – С. 103-105.

© Кирмасов В.Ю., Рамазанова В.О., Чернышов А.В., Дедов Д.А., 2024

УДК 631.17

Козлов Вячеслав Геннадиевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, заведующий кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин, профессор, доктор технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: vya-kozlov@yandex.ru

Михайлов Владимир Сергеевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, доцент кафедры ТСиЭвАПК, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь, e-mail: voh_a@mail.ru

Димогло Анатолий Владимирович

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, доцент кафедры ТСиЭвАПК, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь, e-mail: tolikxd@gmail.com

Козлова Елена Владимировна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, доцент кафедры прикладной механики, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: naselvl@mail.ru

Комплекс машин для послеуборочной доработки семян лука репчатого

Аннотация. В статье рассмотрен комплекс машин для послеуборочной доработки семян лука репчатого, обоснованы параметры и предложены схемы технологического процесса очистки и сортирования семян лука репчатого, позволяющие справиться с задачей правильного подбора и высокоэффективного использования современной техники для послеуборочной обработки семян лука репчатого поточным методом.

Ключевые слова: лук репчатый, комплекс машин, послеуборочная доработка, соцветие.

Kozlov Vyacheslav G.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Head of the Department of Operation of Transport and Technological Machines, Professor, Doctor of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: vya-kozlov@yandex.ru

Mikhailov Vladimir S.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Associate Professor of the Department of TSiEvAPK, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovie, Tiraspol, e-mail: voh_a@mail.ru

Dimoglo Anatoly V.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Associate Professor of the Department of TSiEvAPK, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovie, Tiraspol, e-mail: tolikxd@gmail.com

Kozlova Elena V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Associate Professor of the Department of Applied Mechanics, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: naselvl@mail.ru

Complex of machines for post-harvest refinement of onion seeds

Abstract. The article considers a complex of machines for post-harvest refinement of onion seeds, justifies the parameters and suggests schemes for the technological process of cleaning and sorting onion seeds, allowing to cope with the task of proper selection and highly efficient use of modern technology for post-harvest processing of onion seeds by the in-line method.

Keywords: onion, complex of machines, post-harvest refinement, inflorescence.

Производство семян для выращивания таких культур как лук репчатый по-прежнему является одной из актуальных тем исследования. Технология послеуборочной доработки семян репчатого лука с доведением их до кондиций непосредственно в семеноводческом хозяйстве по последовательной схеме (рис. 1) включает в себя искусственную сушку соцветий, обмолот соцветий, грубую очистку вороха, протирку необмолоченных коробочек, сортировку семян на пневматическом сортировальном столе или магнитном сепараторе [5-7].

После уборки (рис. 2), соцветия лука с поля доставляются в самосвальных прицепах 2, оборудованных устройством для предварительного подъема кузова типа ПОУ-2, и выгружают в первую секцию сушильной камеры 5. Так, последовательно, загружается вся сушильная камера. Затем приступают к загрузке второй сушильной камеры. Ворох в течение 5-6 часов подвергают активному вентилированию атмосферным воздухом посредством промежуточного вентилятора 4. При этом терморегулирующая заслонка должна быть открыта. Забор воздуха осуществляется через окно, перекрываемое этой заслонкой, минуя теплогенератор. Затем включают теплогенератор 3 и ведут вентилирование вороха при температуре агента сушки 37-40⁰С. Терморегулирующую заслонку вентилятора прикрывают с таким расчетом, чтобы температура не превышала указанного значения. Перегрев семян до температуры, превышающей оптимальную, может привести к снижению их всхожести. Промежуточный вентилятор 4 обеспечивает скорость агента сушки на выходе из метрового слоя 0,3-0,4 м/с что обеспечивает интенсивный влагоъем с соцветий лука. Сушка соцветий ведется круглосуточно. При этом продолжительность сушки (при снижении влажности соцветий с 72-76% до 15-16%) составляет 60-70 часов [4].

Тепловая сушка соцветий только в дневные часы не эффективна, так как в ночные часы соцветия отсыревают, поэтому требуется затратить больше энергии и горючего для сушки материала. Продолжительность сушки при этом увеличивается более чем в три раза. Не прерывное активное вентилирование соцветий атмосферным воздухом без его подогрева удлиняет процесс сушки до трех недель и приводит к перерасходу электроэнергии. Вместе с тем при активном вентилировании в течение 21-30 дней происходит отток пластических веществ из соцветий в семя и масса его повышаются.

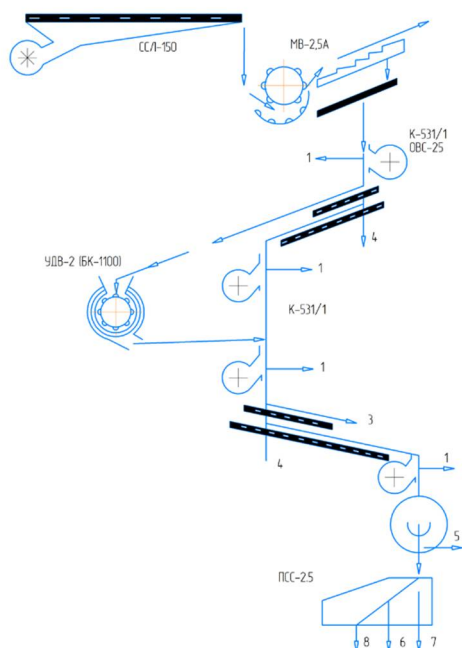


Рис. 1. Схема послеуборочной обработки семян лука по последовательной схеме

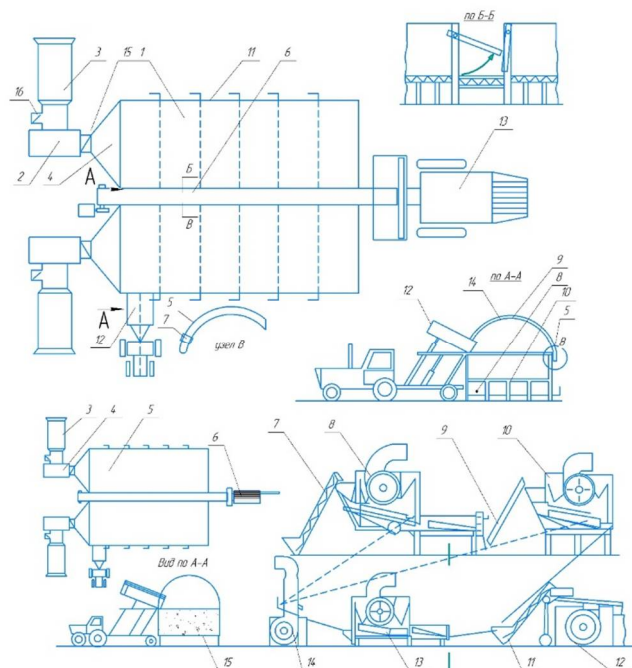


Рис. 2. Сушилка соцветий лука и других стеблевых семенников на сушилках конвейерного типа

Сушильные камеры целесообразно заполнять доверху, это повысит эффективность использования сушильных установок. Если хозяйства располагают возможностью разместить в сушилках весь урожай, то можно ограничиться активным вентилированием.

При достижении соцветиями влажности 15-16% включают выгрузной ленточный транспортер и подают соцветия в молотилку МВ-2,5А для обмолота. Пересушивать соцветия не рекомендуется, так как при этом повышается засоренность соцветий стеблевыми отходами.

Зазор «дека-барабан» молотилки МВ-2,5А на входе устанавливают 18 мм, на выходе – 6 мм. Число оборотов барабана в минуту – 800, число оборотов вентилятора – 400 об/мин, воздухозаборные окна прикрывают на 3/4, жалюзи грохота открывают на 45°, а решето грохота устанавливают с отверстиями диаметром 2,5-3,5 мм. Производительность молотилки МВ-2,5А при работе в комплексе с сушилкой составляет 600-630 кг/ч. Чистота семян в зависимости от влажности исходного материала составляет 93-98%. В отходах содержится до 7% семян. Поэтому их рекомендуется пропускать повторно. При повторном пропуске чистота семенного вороха снижается до 78-85%, а вес 1000 семян ниже на 0,3-0,4 г, чем семян основного обмолота.

Недомолоченные коробочки в семенном ворохе отсутствуют, что выгодно отличает молотилку-веялку МВ-2,5А от уборки жаткой комбайна. Грубую очистку вороха ведут на семяочистительной машине Петкус-

Гигант К-531/1 или ворохоочистителе ОВС-25, а загрузку семян в бункер осуществляют, например, шнековым погрузчиком. Верхнее пробивное решето этой машины устанавливается с круглыми отверстиями диаметром 3,6 мм, а нижнее подсевное – диаметром 1,6-1,8 мм. Положение рычагов первой и второй аспирации – соответственно 0,5 и 0,25 делений, триерный цилиндр для отделения длинных примесей с ячейкой 3,5-4,0 мм. При грубой очистке должно быть достигнуто максимальное отделение крупных и мелких органических примесей, а также некоторых сорняков без потерь семян с отходами. Сход верхнего решета (выход I), содержащий необмолоченные коробочки направляют на перетирку в клеверотерке БК-1100 или УДВ-2, а сход нижнего решета – на вторичную очистку. Сюда же поступают и семена, выделенные из необмолоченных коробочек на терках. Для вторичной очистки используют Петкус-Гигант К-531/1 или Селектру К-218.

В зависимости от засоренности материала выбирают способ очистки (последовательный или фракционный), пользуясь таблицей физико-механических свойств для подбора решет [1-4]. При незначительной засоренности 0,2-0,3% и отсутствии трудноотделимых сорняков назначают последовательную схему очистки.

При наличии примесей (выюнок полевой, просо куриное в обертке, щетинник сизый в обертке), имеющих длину большую, чем длина семян лука, устанавливают триерный цилиндр. Семена основной культуры при этом поступают сходом с триера.

При применении на вторичной очистке семяочистительной машины Селектра К-218 среднее решето устанавливают с отверстиями близкими по размерам к верхнему проходному (шириной 1,8-1,9 мм; диаметром 2,4-3,0 мм) или же среднее решето не устанавливают совсем. При необходимости семена сортируют на пневматическом сортировальном столе ПСС-2,5 или на электросепараторе с таким расчетом, чтобы одна партия семян соответствовала первому классу, а вторая второму классу по посевным качествам. Выхода семенного вороха с примесями от вторичной и грубой очистки дорабатывают отдельно на пневматической сортировальной колонке ОПС-2, машине Петкус Супер К-541, установленных вне линии или же подвергают их мойке водой и высушивают на сушилке ЛС-18, конструкции Приднестровского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Если же засоренность семян более высокая и их не представляется возможным очистить при последовательной схеме, то используют фракционную очистку (рис. 3). Среднее решето при вторичной очистке на машине Петкус-Селектра К-218/1 устанавливают с таким расчетом, чтобы весь семенной материал разбить на две фракции – проходную через это решето, которая содержит обычно примеси, отличающиеся по длине

(короткие примеси) и вторую фракцию, содержащую более крупные примеси.

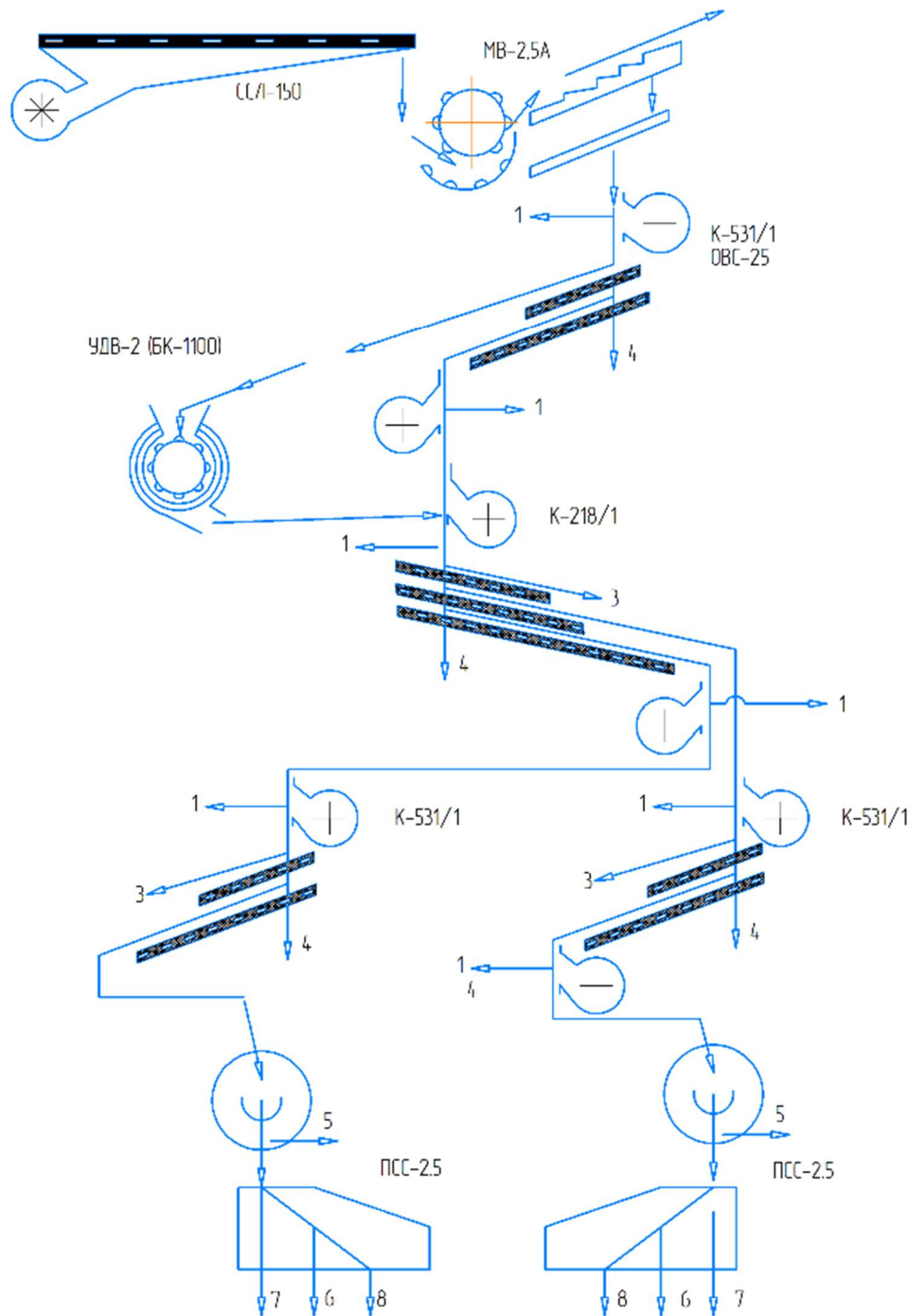


Рис. 3. Схема пофракционной обработки семян лука

Первую фракцию дорабатывают затем на машине Петкус-Гигант 531/1, установив соответствующие решета и триерные цилиндры с ячейкой (в зависимости от размера примесей) диаметром 1,8; 2,0; 2,2 мм. А затем семена сортируют, например, на пневмостеле ПСС-2,5А или

электросепараторе. Вторую фракцию семян (сход среднего решета) дорабатывают на Петкус-Гиганте с соответствующей перенастройкой решет и триерных цилиндров (диаметр ячеек 3,5-4,0 мм), затем семена сортируют. При необходимости прибегают к мойке семян с последующей сушкой на сушилке ЛС-18.

Наряду с описанной технологией послеуборочной доработки семян лука в хозяйствах может применяться частичная обработка вороха лука, предусматривающая сушку соцветий на сушилке ССЛ-150, обмолот на молотилке МВ-2,5А и грубую очистку вороха на Петкус-Гиганте К-531/1 или на ворохоочистителе ОВС-25. Окончательная доработка семян в этом случае осуществляется на пунктах или семяочистительных предприятиях.

Размещение семяочистительных машин на этих предприятиях может быть выполнено в трехъярусном или двухъярусном исполнении. Технологическая схема очистки и сортировки семян лука предусматривает: первичную очистку на воздушно-решетной машине 3 Петкус Вибрант К-523/1. Машина устанавливается в третьем ярусе. Подача семян из приемника осуществляется норией с первого яруса. Предварительно очищенные семена самотеком по семяпуску поступают в клеверотерку К-310А, установленную во втором ярусе, а затем норией направляются на вторичную очистку в машину, размещенную в третьем ярусе. На этой машине семена разделяют на две фракции для последующей пофракционной очистки. Первая фракция семян (сход среднего решета) по семяпуску направляется на Петкус-Гигант К-531/1 [6-8, 10] во второй ярус семяочистительного предприятия. Режим работы К-531/1 устанавливают следующий: верхнее решето диаметром 3,0-3,5 мм; нижнее – с продолговатыми отверстиями шириной 0,9 мм, а триер с ячейками 3,5-4,0 мм для отделения длинных примесей. Вторая фракция направляется на Петкус-Селектра К-218 во втором ярусе. Затем семена (сход нижнего решета) по семяпуску направляются на триерный блок К-523, установленный в первом ярусе предприятия. Диаметр ячеек цилиндра в зависимости от засорителя подбирают в пределах 1,8-2,2 мм. Очищенные на Петкус-Гиганте 8 и триерном блоке семена двухпоточной норией 11 направляются в бункера-накопители, размещенные в третьем ярусе, а из них дозированно поступают во второй ярус на пневматический сортировальный стол ПСС-2,5А. После сортировки они по семяпускам направляются в дозирующие весы и на мешкозашивочную машину в первом ярусе предприятия [9].

Предложенные схемы технологического процесса очистки и сортирования семян лука репчатого позволят справиться с задачей правильного подбора и высокоэффективного использования более

сложной современной техники для послеуборочной обработки семян лука репчатого поточным методом.

Список источников

1. Вольф А.Н. Машины в селекции и семеноводстве овощных культур: учебное пособие / А.Н. Вольф, Г.Ф. Монахос, В.И. Леунов. – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 219 с.
2. Измайлов А.Ю. Механизация селекционно-опытной работы / А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2016. – № 4. – С. 4-9.
3. Лобачевский Я.П. Современное состояние технологического обеспечения производства овощных культур в Российской Федерации / Я.П. Лобачевский, А.С. Дорохов, А. В. Сибирев // Овощи России. – 2023. – № 5. – С. 5-17.
4. Лысенко Н.М. Комплекс машин для сушки соцветий и послеуборочной обработки семян лука и моркови / Н.М. Лысенко // Повышение эффективности семеноводства овощных культур. – Кишинев: Штиинца, 1982.
5. Лысенко Н.М. Обоснование технологии механизированной уборки и послеуборочной обработки семян лука: специальность 06.01.06 «Луговодство и лекарственные, эфирно-масличные культуры»: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Москва, 1974. – 25 с.
6. Михайлов В.С. Механизированные технологии производства лука репки в агрофирмах Молдавии / В. С. Михайлов, А. М. Гиевский // Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения. – Майский: БГАУ, 2018. – С. 32-36.
7. Михайлов В.С. Совершенствование процесса высева семян лука репчатого пневматическим высевающим аппаратом: специальность 4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса»: дисс. ... канд. техн. наук. Мичуринск, 2024. – 172 с.
8. Повышение качества посева семян лука / В.С. Михайлов [и др.] // Проблемы ресурсообеспеченности и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы нац. науч.-практич. конф. – Воронеж: ВГАУ, 2021. – С. 214-216.
9. Совершенствование способа возделывания овощных культур / В.С. Михайлов [и др.] // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы междунар. науч.-практич. конф. – Воронеж: ВГАУ, 2021. – С. 231-238.
10. Становление механизации семеноводства овощных культур: разработки ВНИИО-филиала ФГБНУ ФНЦО / Р. А. Мещерякова [и др.] // История науки и техники. – 2020. – № 10. – С. 99-105.

© Козлов В.Г., Михайлов В.С., Димогло А.В., Козлова Е.В., 2024

УДК 631.171+631.362.34.5]:631.531:635.1/.7

Михайлов Владимир Сергеевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
доцент кафедры ТСиЭвАПК, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: voh_a@mail.ru

Козлов Вячеслав Геннадиевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
заведующий кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин,
профессор, доктор технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: vya-kozlov@yandex.ru

Димогло Анатолий Владимирович

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
доцент кафедры ТСиЭвАПК, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: tolikxd@gmail.com

Козлова Елена Владимировна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
доцент кафедры прикладной механики, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: naselvl@mail.ru

Послеуборочная доработка и очистка семенников лука

Аннотация. В статье рассмотрен комплекс машин для уборки, послеуборочной доработки и очистке семенников лука, предложены рекомендации технологического процесса уборки, очистки и сортирования семенников лука в семяочистительных хозяйствах, позволяющие справиться с задачей правильного подбора и высокоэффективного использования более сложной современной техники для послеуборочной обработки семян лука репчатого поточным методом.

Ключевые слова: семенники лука, комплекс машин, послеуборочная доработка, посевные качества, всхожесть.

Mikhailov Vladimir S.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University,
Associate Professor of the Department of TSiEvAPK,
Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovie, Tiraspol,
e-mail: voh_a@mail.ru

Kozlov Vyacheslav G.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Head of the Department of Operation of Transport and Technological Machines, Professor, Doctor of
Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: vya-kozlov@yandex.ru

Dimoglo Anatoly V.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University,
Associate Professor of the Department of TSiEvAPK,
Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovie, Tiraspol,
e-mail: tolikxd@gmail.com

Kozlova Elena V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Applied Mechanics, Candidate of Technical Sciences,
Russia, Voronezh,
e-mail: naselvl@mail.ru

Post-harvest refinement and cleaning of onion testes

Abstract. The article examines a set of machines for harvesting, post-harvest processing and cleaning of onion seed plants, and offers recommendations for the technological process of harvesting, cleaning and sorting onion seed plants in seed cleaning farms, allowing one to cope with the task of correctly selecting and highly efficient use of more complex modern equipment for post-harvest processing of onion seeds using the flow method.

Keywords: onion seedlings, machine complex, post-harvest processing, sowing qualities, germination.

В связи со сложившейся сложной ситуацией, введением санкций против Российской Федерации, Государственной думой поставлена задача полного обеспечения страны продовольствием и семенным материалом. В связи с этим необходимо более чем в два раза ускорить темпы роста «сельскохозяйственного производства, обеспечить значительную прибавку душевого потребления мяса, молока, овощей и плодов» [3]. На это направлена современная аграрная политика – создать крупные специализированные хозяйства и агропромышленные предприятия для производства и переработки плодоовощной продукции [2].

Основное направление экономического и социального развития РФ предусматривает совершенствование системы семеноводства сельскохозяйственных культур, что позволит ускорить производство новых высокопродуктивных сортов и гибридов семян.

Вопросам усовершенствования технологии производства семян лука посвящены исследования и разработки многих авторов, однако они не дают конкретных, практических рекомендаций.

Известно, что одним из наиболее трудоемких процессов в производстве семян лука является уборка семенников. Прямым комбайнированием производить ее нельзя из-за большой влажности массы; к началу полной спелости она составляет 70-80%. Раздельная уборка жатками и косилками также неприемлема из-за большой осыпаемости семян во время скашивания и подбора массы.

При изучении физико-механических свойств семенников лука исследовались возможности уборки соцветий путем отрыва их от цветоносов. При этом определялось усилие, необходимое на отрыв в разных фазах спелости, и влияние длины цветоноса на посевные качества семян. Для этой цели был использован прибор (рис. 1).

Прибор для определения усилия на отрыв соцветий выполнен в виде двух губок лоткообразного профиля, шарнирно укрепленных на кронштейнах с возможностью фиксации необходимого угла наклона губок. В верхней части кронштейнов установлен винт для регулировки степени раскрытия губок. Губки покрыты эластичным материалом. На оси кронштейнов с помощью удлинителей крепится пружинный динамометр, фиксирующий показания усилий, затрачиваемых на отрыв.

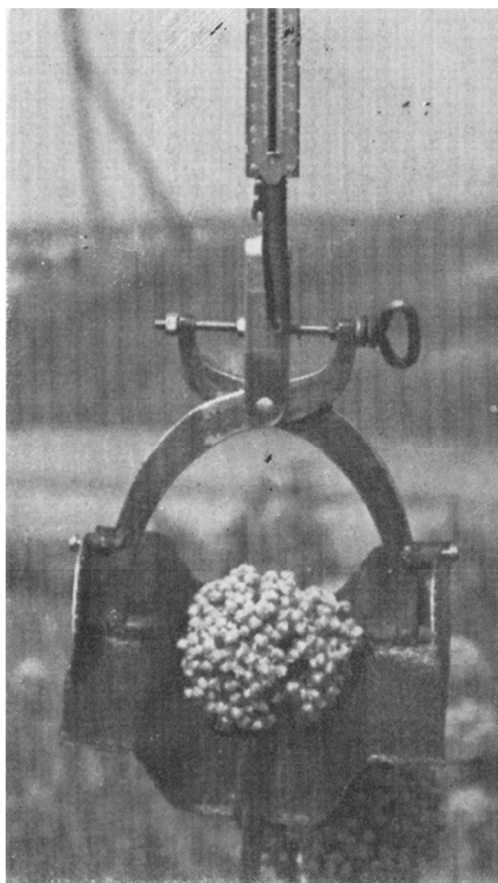


Рис. 1. Прибор для определения усилия на отрыв соцветий

Установлено, что разрыв цветоноса во время отделения соцветий происходит, как правило, в месте его наименьшего сечения (у соцветия), где диаметр цветоноса колеблется в пределах 4 - 11 мм, а усилие отрыва при этом составляет 13,7 - 52,9 Н в молочной спелости и снижается до 4,9 - 19,6 Н в полной спелости (табл. 1).

Таблица 1. Физико-механические свойства семенного лука
(сорт Боско, 2022-2023 гг.)

Показатели	μ	σ	$v, \%$	$m, \%$	$\rho, \%$
Высота расположения соцветий, см	72,9	11,4	15,6	0,8	1,56
Высота расположения утолщения стрелки, см	23,5	5,3	22,8	0,3	2,2
Диаметр соцветий, мм	63,4	9,9	15,3	0,7	1,56
Диаметр утолщения стрелки, мм	24,7	5,7	23,3	0,4	2,3
Диаметр стрелки у соцветий, мм	7,5	1,6	21,3	0,1	2,13
Сила отрыва соцветий в фазе спелости, Н					
молочная	53,2	-	-	-	-
восковая	41,8	-	-	-	-
полная	19,79	-	-	-	-

Для определения зависимости посевных качеств семян лука от длины цветоноса, семенники убирались в восковой спелости в виде одних соцветий, соцветий с цветоносом в 15 см и соцветий с цветоносом и луковицей.

После сушки с дозреванием и выделения семян были проверены посевные качества всех трех вариантов. Оказалось, что соцветия, убранные без цветоносов, дали семена с высокими посевными качествами, а энергия прорастания и всхожесть их составили около 96%. После годового хранения показатели качества семян остались высокими, Это дает основание сделать вывод, что посевные качества семян не зависят от длины цветоноса и уборку семенников можно производить путем отрыва соцветий от цветоносов. Такой способ значительно уменьшает затраты на уборку и сушку, а также снижает потери семян.

Для механизированной уборки семенников путем отрыва соцветий в разработан и изготовлен экспериментальный рабочий орган, предварительные испытания которого в 2022 г. дали положительные результаты. В настоящее время ведется работа по его усовершенствованию.

Одной из важнейших проблем в производстве семян по-прежнему остается их послеуборочная обработка [2]. Она предусматривает сушку стеблевых семенников, их обмолот, очистку и сортировку семян. Сельскому хозяйству поставляется в больших количествах современное оборудование для послеуборочной обработки зерна и семян (агрегаты, зерноочистительно-сушильные комплексы, оборудование для механизации работ на складах).

Другими словами, наметился перевод послеуборочной обработки семян на индустриальную основу. В связи с этим перед работниками семеноводческих хозяйств ставится задача правильного подбора и высокоэффективного использования более сложной современной техники для послеуборочной обработки семян поточным методом [5].

Семена овощных культур по сортовой чистоте разделяются на три категории, а по посевным качествам на два класса. Семена элиты и суперэлиты должны соответствовать требованиям первой категории и первого класса. Семена первой репродукции высеваемые в семеноводческих хозяйствах для размножения, должна быть не ниже второй категории и первого класса. Семена первой и второй репродукций, высеваемые в хозяйствах на площадях товарного назначения должны соответствовать третьей категории и второму классу. Так всхожесть семян лука первого класса должна быть не ниже 80%, чистота их не менее 99%, а содержание семян сорняков – не более 0,1%, влажность семян – 11%. Основные посевные качества регламентируемые ГОСТами, приведены в таблице 2. Так, за каждый процент превышения по всхожести

выплачивается на один процент больше номинальной цены семян и за каждый процент повышения чистоты в сравнении с базисной так же выплачивается на один процент больше номинальной цены семян. Снижение всхожести и чистоты семян в сравнении с базисной влечет за собой снижение цен семян в тех же размерах.

Многочисленными исследованиями доказано, что посев откалиброванными семенами, обеспечивает повышение урожая овощей. Вот почему послеуборочной доработке семян следует уделять большое внимание.

Таблица 2. Основные посевные качества семян

Культура	Класс	Всхожесть, %, не менее	Чистота, %, не менее	Содержание семян других растений, % к массе, не более		Влажность, %, не более
				всего	В т.ч. семян сортовых растений	
Лук репчатый	1	80	99,0	0,2	0,1	11,0
	2	50	95,0	0,5	0,3	
Морковь	1	70	95,0	0,5	0,2	10,0
	2	45	90,0	1,0	0,4	
Томаты	1	85	98,0	0,2	0	11,0
	2	65	96,0	0,5	0,2	
Петрушка	1	70	96,0	0,5	0,2	10,0
	2	45	92,0	1,0	0,4	
Укроп	1	60	95,0	0,5	0,2	12,0
	2	40	85,0	1,0	0,5	
Редис	1	85	96,0	0,2	0,1	9,0
	2	65	92,0	1,0	0,5	

Доведение семян до требуемых кондиций при наименьших трудовых затратах и потерях зависит от правильно выбранного способа процесса послеуборочной доработки вороха и очистки семян.

Если стеблевые семенники моркови в момент уборки имеют невысокую влажность и хорошо подсыхают в валке, то соцветия лука имеют 70 - 80% влажности и требуют сушки. Установлено, что соцветия лука характеризуются сравнительно малой, объемной массой и рыхлостью укладки в насыпи. В связи с этим для их сушки требуется большая площадь крытых навесов и площадок с твердым покрытием. Выход соцветий с 1 га составляет 8 - 15 м³. Следовательно, при естественной сушке слоем в 2 - 3 соцветия требуется 150 - 250 м² площадок с твердым покрытием или навесов. Естественная сушка соцветий лука поставлена в зависимость от погодных условий. От воздействия осадков семена лука очень быстро прорастают и теряют свои посевные качества. Искусственная сушка соцветий позволяет исключить отрицательное воздействие

погодных условий на качество семян, ускоряет их сушку, гарантирует сохранность урожая, снижает трудовые материальные затраты.

Семенной ворох после комбайнового обмолота стеблевых семенников репчатого лука, моркови, петрушки, укропа и других культур требует дальнейшей доработки. Так, в ворохе семян и лука содержится 20% необмолоченных коробочек, а семенной ворох моркови требует перетирки, в результате которой семена освобождаются от шпиков, покрывающих их поверхность и затрудняющих их дальнейшую очистку. Семена томата и огурца после мойки и последующей сушки слипаются между собой, кроме того они имеют значительное количество связанной кожуры. Так, семена томатов после сушки только на 35 - 40 % находятся в свободном состоянии, количество комков в диаметре более 4 мм достигает 35 - 36%, а количество слипшихся по 2-4 семени – 30 - 37%. Содержание кожуры в семенах достигает 5%, причем две трети находятся в связанном с семенами состоянии. Такие семена нуждаются в перетирке. Кроме того, семена томатов перед посевом требуют шлифовки с целью улучшения их сыпучести.

Ворох семян лука содержит до 20 - 25% органических и минеральных примесей, а моркови – до 60%. По содержанию семян и сложности очистки семенной ворох можно подразделить на три категории: содержащий свыше 75% семян бежий ворох, от 75 до 50% – средний ворох, менее 50% семян грубый ворох [4]. Наряду с органическими и минеральными примесями ворох моркови и лука содержит живой сор – семена сопутствующих сорняков. Содержание семян сорных растений зависит от принятой технологии возделывания и организации борьбы с сорной растительностью в процессе вегетации растений. Особенно велика засоренность вороха при беспересадочной культуре моркови. При плохой культуре земледелия имели место случаи, когда содержание семян сорных растений в ворохе настолько велико, что очистить семена невозможно.

Разделение семян по электростатическим свойствам (диэлектрическая проницаемость) осуществляется в электростатическом поле образованном плоскими, цилиндрическими электродами или бифилярной обмоткой барабана, и в поле коронного разряда. На эти способы разделения семян оказывает влияние и различие в плотности семян, массе 1000 шт., форме и прочем, но преобладающим свойством является диэлектрическая проницаемость.

Ворох семян можно обрабатывать по двум схемам технологического процесса очистки и сортирования: последовательной и фракционной [1]. При обработке по последовательной схеме очистки и сортирования исходный материал пропускают через ряд машин, например, вначале через воздушно-решетную машину, затем через триеры, пневматический сортировальный стол и т.д.

При обработке по фракционной схеме материал на одном из рабочих органов (например, на решетке) делится на фракции, которые за тем дорабатывают на других рабочих органах или в машинах отдельно в соответствии со свойствами входящих в данную фракцию компонентов.

Для выбора методики руководствуются требованиями соответствующего ГОСТа на семена овощных культур (см. табл. 1).

В ряде случаев (для удаления трудноотделимых сорняков или сортирования по плотности) вводят дополнительную обработку на пневматических сортировальных столах, винтовых «змейках» или «горках» [3].

По аналогичной методике можно разработать схему фракционной очистки, используя и другие признаки, такие, как длина семян или сорняков, плотность семян и т.д. Например, при засорении семян моркови щетинником сизым и куриным просом, одну из фракций можно очистить мойкой в воде, а вторую - очисткой на воздушно-решетных машинах.

Список источников

1. Лысенко Н. М. Обоснование технологии механизированной уборки и послеуборочной обработки семян лука : специальность 06.01.06 «Луговодство и лекарственные, эфирно-масличные культуры»: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Москва, 1974. – 25 с.

2. Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 140-летию со дня рождения профессора Владимира Федоровича Раздорского. - Владикавказ, 2023. – 389 с.

3. Михайлов В.С. Совершенствование процесса высева семян лука репчатого пневматическим высевающим аппаратом: специальность 4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса: дисс. ... канд. техн. наук. Мичуринск, 2024. – 172 с.

4. Справочник по семеноводству овощных и бахчевых культур / Г. П. Мизунов [и др.]. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1974. – 335 с.

5. Цопанов Н.Е. Эффективность первичной обработки зерна с применением автоматизированной вентиляции с ЗАВ-10 в СПК «колхоз Ногир» пригородного района РСО-Алания / Н.Е. Цопанов, С.Г. Засеев, М.Э. Кебеков // Материалы международной науч.-практ. конф. – Владикавказ: ГАУ, 2023. – с. 281-288.

© Михайлов В.С., Козлов В.Г., Димогло А.В., Козлова Е.В., 2024

УДК 631.17

Михайлов Владимир Сергеевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
доцент кафедры ТСиЭВАПК, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: voh_a@mail.ru

Козлов Вячеслав Геннадиевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
заведующий кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин,
профессор, доктор технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: vya-kozlov@yandex.ru

Димогло Анатолий Владимирович

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
доцент кафедры ТСиЭВАПК, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: tolikxd@gmail.com

Козлова Елена Владимировна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
доцент кафедры прикладной механики, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: naselvl@mail.ru

**Особенности подбора и использования сельскохозяйственной техники
в условиях Приднестровья**

Аннотация. В новых условиях развития сельского хозяйства, когда техника является собственностью агропредприятий и по-иному организовывается их производственно-техническое обслуживание, ставятся задачи комплексной механизации и электрификации сельскохозяйственного производства, которые должны смело решаться в хозяйственном производстве.

Ключевые слова: затраты труда, комплексная механизация, агротехнические сроки, производительность.

Mikhailov Vladimir S.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University,
Associate Professor of the Department of TSiEvAPK, Candidate of Technical Sciences,
Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: voh_a@mail.ru

Kozlov Vyacheslav G.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Head of the Department of Operation of Transport and Technological Machines, Professor,
Doctor of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: vya-kozlov@yandex.ru

Dimoglo Anatoly V.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University,
Associate Professor of the Department of TSiEvAPK, Candidate of Technical Sciences,
Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: tolikxd@gmail.com

Kozlova Elena V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Applied Mechanics, Candidate of Technical
Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: naselvl@mail.ru

Features of the selection and use of agricultural machinery in the conditions of Transnistria

Abstract. In the new conditions of agricultural development, when equipment is the property of agricultural enterprises and their production and technical maintenance is organized differently, the tasks of comprehensive mechanization and electrification of agricultural production are set, which must be boldly solved in economic production.

Keywords: labor costs, complex mechanization, agronomic terms, productivity.

В Приднестровской Молдавской республике более половины всей обрабатываемой площади относится к беспокойному рельефу, т. е. расположено на склонах с углом от 3 до 12 и более градусов. Это обстоятельство заставляет механизаторов учитывать ряд особенностей, относящихся как к агротехническим требованиям при выполнении сельскохозяйственных работ, так и к правильному использованию и применению техники. Особо важное значение в выполнении сельскохозяйственных работ в этих условиях играет подбор соответствующих типов и марок машин. Только при правильном подборе машин и соответствующей организации их работы можно обеспечить качественную агротехнику и высокопроизводительную работу агрегата.

В связи с почвенной эрозией склонов исключительно важное значение имеет правильная их обработка [1].

Как правило, пахоту и обработку склонов следует вести поперек склона, при этом для того, чтобы получить качественную пахоту, ее производят в одном направлении с отваливанием пласта вниз. Обратное движение агрегата происходит вхолостую. Если же пахоту вести с оборотом пласта вверх по склону, то пласт осыпается в борозду, что ухудшает качество работ. Такой способ организации пахоты склонов резко увеличивает, конечно, холостой проезд агрегата, но при крутых склонах иная организация работы будет в ущерб агротехнике.

В последнее время все большее внимание вызывают технологии с минимальной обработкой почвы такие как strip-till, no-till и mini-till. Однако данные технологии требуют своего подбора агротехники и длительного переходного периода от классической технологии обработки почвы до минимальной [2].

Большое значение для выполнения сельскохозяйственных работ в агротехнические сроки, обеспечения механизации и повышения

производительности труда имеет соответствующий подбор тракторов и орудий к ним.

В настоящее время стоит задача не только обеспечить механизацию отдельных процессов во всех отраслях сельскохозяйственного производства, но и на этой основе перейти к комплексной механизации. Как известно, материально-технической основой комплексной механизации является система машин, представляющая собой набор взаимоувязанных по технологическому процессу и производительности технических средств, обеспечивающий всестороннюю (комплексную) механизацию всех производственных процессов единого заверщенного технологического цикла производства.

Применение системы машин, обеспечивающей комплексную механизацию сельскохозяйственного производства, позволит значительно снизить затраты труда как на возделывание различных культур, так и на производство продуктов.

Снижение затрат труда (в человеко-днях) на возделывание различных культур на 1 га представлено в таблице 1 [3].

Таблица 1. Затраты труда на возделывание различных с/х культур

Культура	При ручном труде	При существующих машинах	При комплексной механизации с/х производства
Зерновые	16-20	2-4	1-2
Пропашные	50-100	20-40	3-20
Овощеводство	100-120	25-50	15-20
Садоводство	350-400	100-150	60-80

Комплексная механизация обеспечивает применение машин на всех процессах производства – как последовательных между собою по времени выполнения, так и совпадающих. Эффективность комплексной механизации определяется прежде всего количеством произведенной продукции, производительностью труда и сокращением потребности в ручном труде.

С приобретением техники у агропредприятий особую актуальность приобретает вопрос правильного подбора машинно-тракторного парка, который должен включать определенное количество тракторов по маркам и соответствующий набор орудий к ним. Правильный подбор машин позволит обеспечить наибольшую механизацию сельскохозяйственных процессов в хозяйстве и избежать излишних затрат средств на приобретение ненужных или лишних машин. Подбор машин для каждого хозяйства зависит от его специализации. Совершенно очевидно, что для зерновых хозяйств необходимо иметь соответствующее количество гусеничных и колесных тракторов (общего назначения) на пневматических

шинах, а для садоводческо-виноградских – больше малогабаритных, специальных и универсальных тракторов.

Потребность в тракторах для хозяйства по количеству и маркам может быть определена по наиболее напряженному периоду сельскохозяйственных работ с последующей проверкой по другим напряженным периодам. Такими периодами являются: весенние работы, включающие весновспашку, боронование, культивацию и весенний сев; междурядная обработка пропашных культур; уборка; подъем зяби и осенний сев; посадка и уход за садами и виноградниками.

После того, как примерно определен состав тракторов по количеству и маркам, необходимо проверить их годовую загрузку. Это производится на основе распределения всего объема механизированных работ по каждой марке трактора в течение всего сельскохозяйственного года по месяцам, а в наиболее напряженных периодах — по декадам.

В зависимости от полученной загрузки по отдельным тракторам объем работ по ним может быть скорректирован с тем, чтобы на каждую марку трактора приходилась примерно одинаковая нагрузка.

При составлении плана и распределении различных видов механизированных работ особое внимание необходимо обращать на решение следующих задач: дальнейшее повышение уровня механизации всех работ в хозяйстве (особенно по возделыванию кукурузы, подсолнечника, сахарной свеклы, овощей и производству кормов); своевременное проведение намеченного комплекса агро- и зоотехнических мероприятий, как основы повышения урожайности и продуктивности животноводства; сокращение сроков проведения работ и устранение потерь при уборке урожая; внедрение комплексной механизации трудоемких работ на животноводческих фермах и транспортных работах; полное использование мощности тракторов, а также живого тягла хозяйства.

Очень важным моментом при подборе машин является правильное установление сменных норм выработки по отдельным маркам тракторов и видам работ. Здесь следует ориентироваться на технически обоснованные нормы выработки с учетом опыта передовых механизаторов и намеченных мероприятий по улучшению использования машинно-тракторного парка.

При выборе марок тракторов следует ориентироваться на новые марки машин, которые имеют значительно более высокие экономические показатели. Например, гусеничные тракторы отечественного производства трактора волгоградского тракторного завода семейства ВТ – 150, ВТ – 180, наиболее подходящие для приднестровского региона, или импортного производства тракторы John Deere серии 8RT, и др., и наиболее универсальные – колесные тракторы производства Минского тракторного

завода (Беларус МТЗ 80, Беларус МТЗ 1221.2 и др.) и импортного производства тракторы John Deere, Case и др.

После выбора тракторов по количеству и маркам определяют потребность в основных сельскохозяйственных машинах, исходя из запланированного объема механизированных работ, сроков выполнения, производительности и количества тракторов, занятых на данной работе.

При выборе сельскохозяйственных машин необходимо ориентироваться на навесные и полунавесные машины к тракторам. Навесные машины имеют целый ряд преимуществ перед прицепными. Они на 30 – 50% легче и проще прицепных машин того же назначения, обслуживаются одним оператором, имеют большую транспортную скорость, требуют меньшей поворотной полосы по концам поля и благодаря лучшей маневренности они на 8 – 10% производительнее прицепных машин. Кроме того, за счет использования веса навесных машин могут быть улучшены сцепные и тяговые свойства трактора, что очень важно при применении колесных тракторов с пневматическими шинами.

Перспективным является и выбор универсальных машин, которые дают возможность расширить сроки их применения и тем самым повысить их экономическую эффективность. В частности, посевной комплекс для выращивания зерновых и технических культур Mzugi Pro-Till, который может выполнять за один проход следующие операции, без предварительной подготовки поля, непосредственно по стерне предшественника: проводить обработку почвы на глубину до 25 см., вносить удобрения в прикорневую зону, выполнять точный высев на заданную глубину. По окончании данных операций, посевной комплекс Mzugi закрывает полосу, создавая оптимальный контакт семян с почвой. Mzugi заменяет одновременно несколько сельскохозяйственных машин – плуг, сеялку, культиватор-растениепитатель. Сезонную загрузку новой машины можно довести до 90 дней (при соблюдении агротехнических сроков выполнения работ), в то время как устаревшая техника загружается всего 10 дней, максимум 20 дней. Новая машина может обработать за сезон более 1000 га (посеять и обеспечить механизированный уход) и при этом сэкономить 30% внесения удобрений, 7-кратное количество времени и 3-кратный расход топлива.

При подборе сельскохозяйственных машин необходимо также предусматривать такой набор их, чтобы обеспечить комплексную механизацию возделывания пропашных культур.

Комплексная механизация возделывания пропашных включает в себя: механизацию предпосевной обработки почвы, механизацию посева квадратно-гнездовым способом, механизацию ухода и борьбы с

сорняками, механизацию уборки и транспортировки, при которых затраты ручного труда сводятся к минимуму.

Первые опыты по комплексной механизации возделывания кукурузы на 100 га одним человеком были проведены знатными механизаторами нашей страны Н.Ф. Мануковским и А.В. Гиталовым при следующем наборе машин: трактор «Беларусь», навесной плуг ПН-3-30, квадратно-гнездовая сеялка СКГК-6В с диагональным переносом мерной проволоки, навесной культиватор-растениепитатель КРН-4,2, бороны, саморазгружающиеся прицепы, силосоуборочные комбайны КСК-2,6 и кукурузоуборочные комбайны КУ-2А. Затраты труда на выращивание кукурузы при комплексной механизации оказываются значительно ниже, чем при обычном способе ее возделывания.

На выращивание одного гектара кукурузы у А.В. Гиталова было затрачено 7,8 человеко-дня, а при обычной обработке затрачивается 21 человеко-день.

В 2022 и 2023 гг. в Приднестровье также проводились опыты по применению комплекса машин, позволяющего максимально механизировать процессы по возделыванию кукурузы. Такие опыты были проведены в хозяйствах Тираспольского, Дубоссарского, Слободзейского и других районов.

На опытных участках по возделыванию кукурузы были применены новые и имеющиеся машины, что дало большой экономический эффект. В частности, в одних хозяйствах Тираспольского района затраты труда на гектар составили на опытных участках 3,03, а на контрольных – 4,6 человеко-дня; при этом средняя урожайность на опытных участках оказалась равной 97,2, а на контрольных – 65,7 ц/га; в других же хозяйствах этого района на опытных участках затраты труда составили 4,1, а на контрольных – 9,4 человеко-дня; в хозяйствах Дубоссарского района – соответственно 5,5 и 11,5; в агрофирме ООО «Агропарк» Слободзейского района – соответственно 3,3 и 16,3 человеко-дня [4].

Имеющиеся данные проведенных опытов показывают, что затраты труда на гектар по возделыванию кукурузы можно снизить в пять и более раз, а по отдельным операциям – еще больше.

Весенний сев подсолнечника и кукурузы в хозяйствах республики в 2024 году показал, что инженеры-механики хорошо подготовились к этой работе и сев провели квадратно-гнездовым способом в короткие сроки.

Список источников

1. Вольф А.Н. Машины в селекции и семеноводстве овощных культур: учебное пособие / А.Н. Вольф, Г.Ф. Монахос, В.И. Леунов. – Москва: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 219 с. – ISBN 978-5-9675-0651-2.

2. Лысенко Н.М. Обоснование технологии механизированной уборки и послеуборочной обработки семян лука: специальность 06.01.06 «Луговодство и

лекарственные, эфирно-масличные культуры»: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Москва, 1974. – 25 с.

3. Михайлов В.С. Механизированные технологии производства лука репки в агрофирмах Молдавии / В.С. Михайлов, А.М. Гиевский // Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения. – Майский: ВГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. – С. 32-36.

4. Михайлов В. С. Совершенствование процесса высева семян лука репчатого пневматическим высевающим аппаратом: специальность 4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса»: дисс. ... канд. техн. наук. Мичуринск, 2024. – 172 с.

5. Становление механизации семеноводства овощных культур: разработки ВНИИО-филиала ФГБНУ ФНЦО / Р. А. Мещерякова, А. Ф. Разин, А. М. Меньших, В. С. Голубович // История науки и техники. – 2020. – № 10. – С. 99-105. – DOI 10.25791/intstg.10.2020.1227.

© Михайлов В.С., Козлов В.Г., Димогло А.В., Козлова Е.В., 2024

УДК 631.171

Шередекин Виктор Валентинович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: viktor_scher@mail.ru

Очистка запыленного воздуха при пневмотранспортировании пылевидных и зернистых материалов

Аннотация. В статье рассмотрены основные типы устройств для очистки отработавшего воздуха в пневмотранспортных установках и технологии их применения. Установлено, что в пневмотранспортных установках, перемещающих зернистые материалы, в качестве обеспыливающего устройства целесообразно использование засыпки из слоя перегруженного материала.

Ключевые слова: пневмотранспорт, запыленный воздух, очистка, пылеулавливающие устройства, пылеосадительные камеры, циклоны, зернистые фильтры.

Sheredekin Viktor V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Applied Mechanics, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: viktor_scher@mail.ru

Cleaning of dusty air during pneumatic transportation of pulverized and granular materials

Abstract. The article discusses the main types of devices for cleaning exhaust air in pneumatic transmission installations and technologies for their application. It has been established that in pneumatic conveying installations moving granular materials, it is advisable to use backfilling from a layer of overloaded material as a dedusting device.

Keywords: pneumatic transport, dusty air, cleaning, dust collecting devices, dust settling chambers, cyclones, granular filters.

Во всех технологических процессах, где воздух выступает в качестве рабочего тела, существует необходимость его обработки. Подготовка воздуха перед использованием заключается в очистке и обезвоживании. После использования в зависимости от технологического процесса воздух необходимо очищать, обеззараживать и т.п.

Пневматическое транспортирование сыпучих материалов связано с образованием больших объемов отработавшего запыленного воздуха [1, 2, 3, 4]. Запыленный воздух при пневматическом транспортировании очищают не только с целью предотвращения загрязнения окружающей среды. При выпуске неочищенного отработавшего воздуха в атмосферу потери перегружаемого продукта могут составить более 5% [1].

Физическими основами пылеулавливающих устройств, используемых в настоящее время, являются гравитационное осаждение пылевидных частиц, центробежное их отделение от воздуха, инерционное осаждение, осаждение под действием электрического поля, смачивание жидкостью и другие. Способ очистки в конкретных условиях определяют в зависимости от расхода воздуха, свойств сыпучего материала при технико-экономическом обосновании [4].

Наиболее просты и безопасны при эксплуатации сухие механические пылеуловители (пылеосадительные камеры, циклоны). Однако эффективность улавливания пыли в них не всегда, оказывается достаточной, в связи с чем их часто используют как аппараты предварительной очистки. В качестве разгрузителей применяют также различные герметичные бункера, силосы, снабженные устройствами для выхода отработавшего воздуха [2, 4].

Эффективность улавливания пылевидных частиц в циклонах повышается с уменьшением диаметра циклона, но при этом снижается его производительность. Для увеличения производительности циклоны соединяют в батарею с параллельным вводом запыленного воздуха. Для более тщательной очистки запыленного воздуха, в особенности при пневматической перегрузке пылевидных материалов, применяют рукавные фильтры, коэффициент очистки воздуха в которых достигает 99,9%. Наиболее широкое применение в сельскохозяйственном производстве получили рукавные фильтры типа ФР и СМЦ.

Фильтровальные рукава, открытые сверху и снизу, размещены в двух изолированных друг от друга камерах, каждая из которых сверху имеет входной коллектор с обратным клапаном, сообщенный с внутренней плоскостью рукавов. Внизу под обеими камерами размещен общий герметичный бункер с затвором в разгрузочной воронке. Бункер также

сообщен с внутренней полостью рукавов и служит для сбора уловленной пыли. Каждая камера связана с выходным коллектором для выпуска очищенного воздуха, соединенным с вентилятором. В воздухопроводах, связывающих камеры с нижним коллектором, имеются клапаны и патрубки с соплами, направленными на эти клапаны. Снаружи патрубки снабжены запорными вентилями с электромагнитным приводом, к которым подводится сжатый воздух. Запыленный воздух поступает во внутреннюю полость фильтровальных рукавов, через входные коллекторы под влиянием разрежения, создаваемого вентилятором в зарукавном пространстве. Проникая через поры фильтровальной ткани, воздух очищается от пыли и выбрасывается в атмосферу, а пыль осаждается на внутренней поверхности ткани. По мере работы фильтра поры в ткани обволакиваются слоем пыли, и степень очистки возрастает. С увеличением толщины пылевого слоя возрастает сопротивление движению воздуха, что вызывает снижение производительности очистки. Вследствие этого возникает необходимость регенерации фильтра (удаление пыли).

Регенерацию проводят методом обратной продувки рукавов сжатым воздухом путем поочередного включения электромагнитных клапанов. Струя сжатого воздуха, подаваемого через сопло, закрывает воздушный клапан, разобщая зарукавное пространство и выпускной коллектор, разрежение сменяется повышением давления, в результате чего происходит деформация рукавов и разрушение пылевидного слоя. Осыпавшаяся с рукавов пыль попадает в бункер и через затвор удаляется из фильтра.

Для тонкой очистки газов от пыли используют не только рукавные фильтры, но и пористые перегородки. С целью создания пористых перегородок применяют волокнистые тканые и нетканые материалы, жесткие и полужесткие пористые перегородки из спрессованных зернистых или волокнистых материалов, керамики, а также зернистые неподвижные, периодически или непрерывно перемещаемые свободно насыпанные слои [1, 2].

Эффективность осаждения частиц в начальный период работы фильтра (когда ткань или зернистый слой еще чистые) невелика из-за относительно крупных пор в фильтрующей перегородке. Осаждение происходит за счет непосредственного касания частиц пыли волокон и зерен фильтрующей перегородки, действия сил инерции, диффузии и электрического притяжения. В этот период на лобовой поверхности пористого слоя образуются островки пыли, которые постепенно смыкаются в сплошной, но тонкий слой. Теоретическая эффективность фильтра должна быть равна 100%. Однако она не достигается вследствие микровибраций фильтрующего материала, образования трещин и пустот в пылевом слое. Эти причины обуславливают проникновение пыли через фильтрующую перегородку. Опыт работы показал, что гибкие,

полужёсткие и жесткие перегородки трудно очищаются от гигроскопичной пыли и быстро приходят в негодность [1].

Зернистые фильтры не позволяют идеально очищать газ вследствие прорывов запыленного воздуха, однако по надежности и долговечности превосходят все известные фильтры.

При конструировании зернистых фильтров к ним предъявляют в соответствии с действующими стандартами определенные требования, выражающиеся в показателях назначения и надежности.

К показателям назначения относятся производительность по очищаемому газу (пропускная способность), площадь поверхности фильтрования, запыленность газа на входе в аппарат, гидравлическое сопротивление, разрежение (давление) внутри аппарата, температура очищаемого газа, удельные энергетические затраты, установленная мощность приводов.

Показатели надежности фильтров, как и другого оборудования, выражаются сроком службы, долговечностью, наработкой на отказ, вероятностью безотказной работы, установленными ресурсами до капитального ремонта и до списания и ремонтпригодностью.

В зависимости от технологических решений систем регенерации зернистые фильтры подразделяются на фильтры с неподвижным насыпным слоем и фильтры с движущимся насыпным слоем. В аппаратах первого типа достигается более высокая степень очистки за счет большей плотности слоя, которым обычно заполняются секции фильтра. Каждая секция фильтра, как правило, представляет собой три слоя насыпного материала высотой 100 мм. В первом слое по ходу газа находятся более крупные зерна – 5...10 мм, во втором – 3...5 мм и в третьем – 2,5...3 мм. Для удаления уловленной пыли секцию приводят в колебательное движение посредством вибратора. При этом фильтр выводят из режима очистки газа и сообщают с продувочным вентилятором. Обратную продувку проводят в течение 2...3 мин со скоростью до 12 м/мин. Скорость фильтрации обычно бывает в два раза больше.

Существенным недостатком фильтров с регенерацией насыпного слоя путем обратной продувки и вибрации является недостаточная долговечность вследствие появления трещин в корпусе в местах сварки и измельчение насыпного материала.

Для очистки газов с высокой концентрацией пыли используют фильтры-циклоны, в которых до поступления в зернистый фильтр газ проходит предварительную очистку сначала в осадочной камере, а затем в циклоне. Промышленностью выпускаются такие фильтры с площадью фильтрации от 2...4 до 124 м², общей массой от 2,5...5 до 68 т.

Среди фильтров с движущимся насыпным слоем наибольшее распространение получили аппараты с периодическим движением слоя.

Зернистый материал в фильтре размещается между двумя концентрическими жалюзийными решетками, находящимися под бункерами. Запыленный воздух подается во внутреннюю полость фильтра. Наибольшее количество пыли осаждается между жалюзи с внутренней стороны. При увеличении гидравлического сопротивления до 4000 Па запыленный слой зернистого материала автоматически удаляется на регенерацию.

Система регенерации фильтрующего элемента зернистых фильтров не менее сложна, чем у рукавных фильтров, и нуждается в регулярном квалифицированном обслуживании. В связи с этим использование таких фильтров рационально только при больших объемах очистки газов.

В пневмотранспортных установках, перемещающих зернистые материалы, в качестве обеспыливающего устройства целесообразно использование засыпки из слоя перегруженного материала [1].

Для условий работы пневмотранспорта в помещениях павильонного типа обеспыливание в слое перегруженных удобрений может быть осуществлено по двум технологическим схемам, отличающимся тем, что запыленный воздух направляют в пылеотделитель, подвешенный над штабелем или непосредственно в штабель перегруженного материала.

В первом случае удобрения загружают в камерный питатель до определенного уровня, затем клапан закрывают и с помощью сжатого воздуха, подаваемого через регулирующую запорную арматуру, транспортируют по трубопроводу в циклон, где аэрозоль разделяется. Перегружаемый материал через диафрагму с калиброванным отверстием поступает в пылеотделитель, представляющий собой цилиндрический барабан с перфорированным ограждением, внутри которого концентрически установлены цилиндрическая жалюзийная решетка и материалопровод. Над материалопроводом установлен конус. Пространство между перфорированными цилиндрами снизу закрывается клапаном, поворачиваемым вокруг оси, а пространство между материалопроводом и жалюзийной решеткой соединяется патрубком с сужающим устройством. Первая перегруженная порция сыпучего материала заполняет пространство между жалюзийной решеткой и перфорированным ограждением, образуя зернистый фильтр, через который проходит запыленный воздух и очищается, а основная масса перегружаемого материала после заполнения фильтрующего элемента скатывается под углом естественного откоса в пространство под конусом и далее по материалопроводу в штабель.

Периодически по мере насыщения фильтрующего элемента пылью зернистая засыпка в пылеотделителе обновляется путем открытия клапана.

Во втором случае устройство, включающее камерный питатель с загрузочным клапаном и впускным клапаном, трубопровод и циклон с

диафрагмой и патрубком для отвода запыленного воздуха, отличается тем, что пылеотделитель, представляющий собой плоское жалюзийное ограждение, установлен на полу помещения под циклоном и соединен трубопроводом с патрубком. Воздух очищается от пыли в штабеле перегруженного материала. Такой способ более прост, фильтрующий элемент при этом не регенерируется. Поэтому применение его предпочтительно при частой отгрузке штабеля.

Схема реализации очистки запыленного воздуха в слое перегруженного материала при загрузке в склады силосного и бункерного типов работает следующим образом. Сыпучий материал загружают в герметичный резервуар с коническим днищем, на выходе из которого имеется затвор. Над затвором на входе в трубопровод отвода очищенного воздуха размещен насадок с перфорированным ограждением. В начальный период загрузки, когда резервуар свободен, поступающий с сыпучим материалом запыленный воздух очищается в большом объеме за счет сил гравитации, как в осадочной камере. После того, осаденный материал закрывает насадок, слой материала выполняет роль зернистого фильтра. Проходя под действием избыточного давления в сторону выхода (к насадку), воздух оставляет в порах слоя пылевидные частицы и выходит по трубопроводу через сужающее устройство в атмосферу. Причем в результате подачи азросмеси в верхнюю часть силоса запыленный воздух соприкасается со свеженасыпанным слоем частиц по всей его площади, что обеспечивает возврат пылевидной фракции в ту порцию сыпучего материала, из которой она была вынесена при пневматическом транспортировании, и равномерное распределение ее по всему объему. Благодаря этому фильтрующий элемент не нуждается в регенерации.

Таким образом, реализация очистки запыленного воздуха в слое перегруженного материала позволяет не только очистить воздух, но и предотвратить потерю материала при перегрузке и транспортировании удобрений.

Список источников

1. Богданов И.Н. Пневматический транспорт в сельском хозяйстве / И.Н. Богданов. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 128 с.
2. Бурсиан В.Р. Пневматический транспорт на предприятиях пищевой промышленности / В.Р. Бурсиан. – М.: Пищепромиздат, 1953. – 326 с.
3. Ерохин М.Н. Перегрузочные машины в сельскохозяйственном производстве / М.Н. Ерохин. – М.: Высшая школа, 1983. – 279 с.
4. Зуев Ф.Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях/ Ф.Г. Зуев. – М.: Колос, 1976.– 344 с.

УДК 664.664: 664.64.022.39

Волконская Алина Алексеевна

Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), студент, Россия, Москва,
e-mail: volkonskya2013@yandex.ru

Иванова Наталья Геннадьевна

Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), доцент, кандидат технических наук, Россия, Москва,
e-mail: n.ivanova@mgutm.ru

Нагуманова Алина Олеговна

Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), студент, Россия, Москва,
e-mail: nagumanova.alina64@gmail.com

**Обогащение хлебобулочных изделий белком и кальцием для людей
пожилого возраста**

Аннотация. У пожилых людей всё чаще возникает дефицит важнейших макро- и микронутриентов в связи со снижением усвояемости питательных веществ на фоне замедления процессов метаболизма. В статье рассматривается белково-энергетическая недостаточность, а также пониженный уровень кальция в организме у людей пожилого возраста. Для решения этой проблемы были разработаны лечебно-профилактические хлебобулочные изделия, обогащённые белком и кальцием за счёт внесения в рецептуру натурального нетрадиционного сырья.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, люди пожилого возраста, белково-энергетическая недостаточность, кальций.

Volkonskaya Alina A.

K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management,
(First Cossack University), bachelor student, Russia, Moscow,
e-mail: volkonskya2013@yandex.ru

Ivanova Natalia G.

K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, (First Cossack University), Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Moscow,
e-mail: n.ivanova@mgutm.ru

Nagumanova Alina O.

K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management,
(First Cossack University), bachelor student, Russia, Moscow,
e-mail: nagumanova.alina64@gmail.com

Enrichment of bakery products with protein and calcium for elderly people

Abstract. The deficiency of the most important macro- and micronutrients occurs more and more often in elderly people due to decreased absorption of nutrients against the background of slowing down of metabolic processes. The article deals with protein-energy deficiency, as well as reduced calcium level in the body of elderly people. To solve this problem we have developed therapeutic and preventive bakery products enriched with protein and calcium due to the introduction of natural non-traditional raw materials into the recipe.

Keywords: bakery products, old people, protein-energy deficiency, calcium.

Хлеб считается одним из самых популярных продуктов в мире. Он присутствует в рационе людей уже несколько тысячелетий и является важным источником энергии и питательных веществ. Пшеничный хлеб - это классический, известный каждому вариант изделия, который легко усваивается, имеет мягкую текстуру и широкое применение в кулинарии. Однако со временем становятся популярны изделия, приготовленные с использованием нетрадиционных видов сырья, предлагающего ряд преимуществ и разнообразие вкусовых оттенков.

В настоящее время считается рациональным обогащать хлебобулочные изделия высокобелковыми видами муки, отрубями и семенами, фруктами и овощами [6, 8].

Белок – один из трёх основных макронутриентов, необходимых для поддержания жизнедеятельности. Он выполняет такие важные функции, как энергетическая, ферментативная, строительная, защитная и транспортная. При этом имеет значение не только количество, поступающего в организм белка, но и его качественный состав, то есть содержание незаменимых аминокислот. Белок содержится во всех продуктах животного и в некоторых растительного происхождения, например, бобовые, соя, орехи и семена.

Суточная норма белка зависит от возраста, пола, уровня физической активности. Так как с возрастом снижается расход энергии, общая калорийность рациона должна быть меньше в сравнении с другими возрастными группами (1800-2200 ккал), при этом важно соблюдать адекватное потребление белка [4]. Стоит отметить, что избыток белка может привести к проблемам с почками, печенью и другими органами, недостаток белка - к ослаблению мышц, снижению иммунитета.

Люди подвержены риску развития белково-энергетической недостаточности, которая может привести к ослаблению организма и ухудшению здоровья. Распространенность этого заболевания среди лиц пожилого и старческого возраста мало изучена, по данным различных исследований частота выявления составляет от 15 до 90% [1]. В связи с этим данной группе людей рекомендуется включать в своё питание достаточное количество белка, чтобы поддерживать здоровье и качество своей жизни.

Кальций входит в число важнейших элементов в организме человека. Он участвует в построении и минерализации костной структуры и зубов, регулировании сосудистого тонуса и свертываемости крови, функционировании систем, а также важен для поддержания здорового состояния ногтей, волос и кожи. К продуктам, содержащим большое количество кальция относят: молочные и кисломолочные продукты, твердые сыры, некоторые морепродукты и морские водоросли, орехи (миндаль, фундук), семена (чиа, кунжут), бобовые.

Согласно методическим рекомендациям МР2.3.1.0253-21 "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации" суточная потребность в кальции составляет 1200 мг для людей старше 65 лет. Недостаток кальция может спровоцировать риск переломов костей и развития остеопороза, остеопении, снижение способности сокращения мышц, потерю костной массы [9]. Пожилым сложнее восполнять суточную потребность в связи со снижением эффективности всасывания нутриентов из пищи. Тем не менее достаточное поступление питательных веществ играет важную роль в профилактике и лечении остеопении и остеопороза, поскольку именно для данной группы населения эти заболевания наиболее характерны.

Действие кальция более эффективно, когда он выполняет свои функции в паре с другими нутриентами, в частности, магнием и витамином D. Магний способствует замедлению потери массы мышц скелета и влияет на количество кальция в организме, а витамин D регулирует гомеостаз кальция в организме и влияет на его транспортирование между клетками. Вместе эти вещества принимают участие в формировании костной структуры. Поэтому можно сделать вывод о том, что важно следить за получением достаточного количества всех трёх веществ. [2]. Таким образом, профилактическое назначение препаратов кальция и витамина D оказывают положительное влияние на лечение остеопороза [3].

Обогащённые хлебобулочные изделия могут быть источником энергии и некоторых питательных веществ. Для обеспечения достаточного потребления нутриентов важно учитывать качество и состав продуктов. С возрастом для предотвращения дефицита следует ввести в рацион питания больше продуктов, содержащих растительные волокна и муку грубого помола [5].

Исследования проводили в лабораториях кафедры биотехнологий продуктов питания из растительного и животного сырья ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)». Были предложены рецептуры хлеба пшеничного формового и хлебных палочек, дополнительным сырьём которых являлись сушёные сморчки, семена чиа, нутовая мука и сырный порошок.

Сморчки – это род грибов, обладающий рядом полезных свойств благодаря своему химическому составу. Они имеют антибактериальный и противовоспалительный эффект и способствуют улучшению работы мозга. Семена чиа богаты белком, пищевыми волокнами и ПНЖК, которые в свою очередь поддерживают состояние кожи, волос и костей [7].

Полезные свойства муки из бобов нута заключаются в том, что она является хорошим источником белка, клетчатки, витаминов группы В и немногих основных минералов. Сырный порошок, как и в целом сам сыр, богат кальцием, магнием, и придаёт изделию свойственный аромат и вкус.

Проведённые эксперименты показали, что опытные образцы демонстрируют значительные преимущества по сравнению с контрольными. В таблице 1 и таблице 2 для сравнения приведены показатели пищевой ценности на 100 г готовых изделий.

Таблица 1. Показатели пищевой ценности опытного и контрольного образцов хлеба пшеничного

Наименование	Контроль	Хлеб пшеничный со сморчками и семенами чиа
ЭЦ, ккал	278,35	353,44
Белки, г	7,55	11,45
Жиры, г	1,18	5,02
Углеводы, г	57,84	65,92
Клетчатка, г	2,05	7,76
Кальций, мг	15,88	115,18
Магний, мг	20,01	70,22
Витамин D, мкг	0	3,51

Таблица 2. Показатели пищевой ценности опытного и контрольного образцов хлебных палочек

Наименование	Контроль	Хлебные палочки с добавлением муки нутовой и сырного порошка
ЭЦ, ккал	398,3	361,5
Белки, г	11,9	15,6
Жиры, г	4,0	6,3
Углеводы, г	70,7	55,3
Клетчатка, г	5,3	5,5
Кальций, мг	35,7	113,5
Магний, мг	47,4	66,8
Витамин D, мкг	0,0	0,3

Таким образом, разработанные виды хлебобулочной продукции могут стать оригинальным дополнением к рациону питания людей пожилого возраста. За счёт добавления высокобелкового сырья в рецептуру хлебных палочек наблюдалось снижение общей калорийности продуктов, что может способствовать снижению риску развития сердечно-сосудистых заболеваний. А в пшеничном хлебе отмечалось повышенное содержание кальция, магния и ПНЖК, также необходимых для предотвращения сопутствующих заболеваний. Изделия отличаются повышенной пищевой ценностью, легкоусвояемостью и мягкостью и

могут рекомендоваться для людей пожилого возраста для профилактики белково-энергетической недостаточности, остеопороза и остеопении.

Список источников

1. Белково-энергетическая недостаточность у лиц пожилого и старческого возраста / Д.В. Троцюк [и др.] / Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 2. – 163 с.
2. Влияние взаимодействия кальция и магния на плотность костной ткани и риски развития заболеваний сердечно-сосудистой системы (обзор) / Е.А. Мельченко [и др.]. // Сборник научных трудов Северо-Кавказского федерального университета. – 2020. – С. 15-29.
3. Некоторые аспекты поликлинической симптоматики остеопороза у детей / И.Ф. Гарбуз [и др.]. // Вестник приднестровского университета. Серия: медико-биологические и химические науки. – 2024. – № 2 (77). – С. 33-36.
4. Особенности изменений процесса обмена веществ в пожилом и старческом возрасте в различные периоды года / Г.Т. Жалалова [и др.]. // Бюллетень науки и практики. – 2022. – Том 8. – № 9. – С. 343-351.
5. Особенности питания у лиц пожилого возраста / А.А. Потапов // Торсуевские чтения: научно-практический журнал по дерматологии, венерологии и косметологии. – 2020. – № 3 (29). – С. 44-47.
6. Перспективы использования модельных мучных смесей с повышенным содержанием белка в производстве хлебобулочных изделий / В.Д. Пилякина [и др.]. // Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук. – 2024. – С. 142-146.
7. Перспективы использования семян чиа в технологии продуктов питания / К. Р. Калужский [и др.]. // Матрица научного познания. – 2022. – №3-1. – С. 75-77.
8. Пути формирования пищевой ценности булочных изделий профилактического назначения для работников, занятых умственной деятельностью / Н. Г. Иванова [и др.]. // Проблемы развития АПК региона. – 2024. – № 3 (59). – С. 157-164.
9. Роль кальция в обеспечении потребности и здоровья населения / З.Х. Бабаджанова // European Journal of Interdisciplinary Research and Development. – 2024. – Том 26. – С. 164-170.

© Волконская А.А., Иванова Н.Г., Нагуманова А.О., 2024

УДК-631.362.36+631.362.322

Гиевский Алексей Михайлович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, доцент, доктор технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: aleksej.gievskij@mail.ru

Гиевский Виталий Алексеевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, аспирант, Россия, Воронеж, e-mail: vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru

Роль воздушного потока при подготовке семян

Аннотация. Рассмотрены аналитические зависимости, описывающие первый этап, проходящий в предварительной зоне гравитационных пневмосепараторов обеспечивающий разделение по слоям. Установлено, что для ускорения перемещения зерновок с меньшей плотностью в верхние слои или расслоения вороха рабочая поверхность деки предварительной зоны должна обеспечивать вертикальное направление воздушного потока.

Ключевые слова: рабочая поверхность деки; предварительная зона расслоения; дифференциальные уравнение; гармонические колебания; статическое давление.

Gievsky Alexey M.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: aleksej.gievskij@mail.ru

Gievsky Vitaly A.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, postgraduate student, Russia, Voronezh, e-mail: vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru

The role of airflow in seed preparation

Abstract. The analytical dependencies describing the first stage, which takes place in the preliminary zone of gravity pneumatic separators, providing separation into layers, are considered. It is established that in order to accelerate the movement of grains with a lower density to the upper layers or stratification of the heap, the working surface of the deck of the preliminary zone should provide a vertical direction of the air flow.

Keywords: working surface of the soundboard; pre-stratification zone; differential equations; harmonic oscillations; static pressure.

При подготовке семян зерновых культур, несмотря на появление машин, работа которых основана на нетрадиционных способах очистки, основную роль, как и несколько десятилетий назад выполняют машины рабочие органы, которых используют традиционные способы, одним из которых является разделение по аэродинамическим свойствам [5, 8].

Многочисленные исследования, проведенные в том числе и в нашем университете, доказали возможность повышения производительности семяочистительных машин в 1,6 раза без снижения полноты выделения фуражных фракций. Такое повышение производительности достигается не только увеличением площади сортировальных решет за счет их установки в несколько параллельно работающих ярусов, но и последовательным прохождением одного и того же воздушного потока в каналах послерешетной и дорешетной очисток с выделением в обеих фуражных фракций. Каналы послерешетной очистки выполняют всегда вертикальными для обеспечения более четкого удаления щуплых и биологически неполноценных зерновок, отличающихся незначительно меньшей плотностью и скоростью витания от полноценных семян [6].

Однако, добиться полного выделения таких зерновок от полноценных, воздушно-решетной машиной до настоящего времени не удается по ряду причин. К этим причинам относится пульсация воздушного потока в канале, неравномерное распределение, как зернового вороха, так и воздушного потока по сечению канала. В связи с этим в поточных линиях завершающей зерноочистительной машиной для подготовки семян зерновых культур являются пневмосортировальные столы или гравитационные сепараторы, которые в состоянии разделить зерновой ворох, имеющий несущественные различия в геометрических размерах, по плотности зерновок.

Классификация таких специальных машин приведена в ряде работ [3, 6, 8]. Наиболее производительные и эффективные гравитационные сепараторы имеют деку площадью более $3,0 \dots 3,5 \text{ м}^2$, разделенную на несколько зон со своей конструктивной особенностью поверхности по зонам и отдельную подачу воздушного потока своими вентиляторами под поверхность деки в каждой зоне.

При рассмотрении процесса разделения зернового вороха по плотности на поверхности, продуваемой воздушным потоком и совершающей гармонические колебания, руководствуются теорией безотрывного послойного движения разработанной И.И. Блехманом, В.В. Гортинским [1, 4] и получившей дальнейшее развитие в работах В.Д. Галкина, В.М. Дринча, И.Я. Федоренко, а также их учеников [2, 3, 6, 9].

При рассмотрении процесс сортировки зернового вороха лучше разделить на два этапа в соответствии с делением поверхности деки. На первом этапе или в предварительной зоне осуществляется разделение по слоям. На втором этапе (основной зоне) заканчивается это разделение и осуществляется послойное движение образованных слоев с различной плотностью в разных направлениях.

Поверхность деки наклоняется к горизонтали под углом β в направлении параллельном гармоническим колебаниям совершаемых под

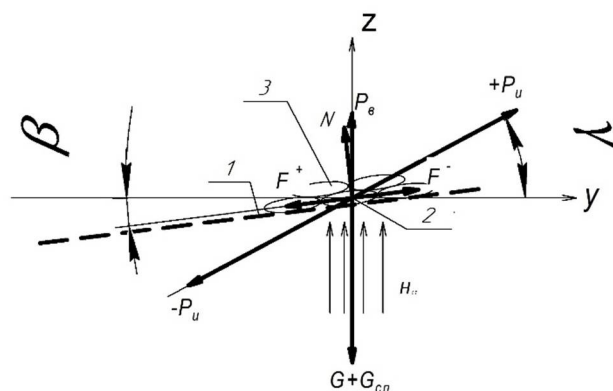
углом γ . В поперечной плоскости дека имеет наклон поверхности по отношению к горизонтали под углом α .

Гармонические колебания поверхности деки гравитационного сепаратора осуществляются по следующим закономерностям:

$$\left\{ \begin{array}{l} y = r \cdot (1 - \cos(\omega t)) = \frac{A}{2} \cdot (1 - \cos(\omega t)) \\ v = \frac{dy}{dt} = \omega \cdot r \cdot \sin(\omega t) \\ j = \frac{d^2 y}{dt^2} = \omega^2 \cdot r \cdot \cos(\omega t) = \omega^2 \cdot \frac{A}{2} \cdot \cos(\omega t), \end{array} \right. \quad (1)$$

где $(\omega \cdot t)$ – угол поворота эксцентрика привода деки, рад.

На рисунке 1 приведены силы, действующие на зерновку в продольно вертикальной плоскости, в которой происходят гармонические колебания.



1 – поверхность деки; 2 – зерновки нижнего слоя; 3 – зерновки верхнего слоя; β – угол наклона деки в направлении колебаний, град

Рис. 1. Схема сил, действующих на зерновку в продольно вертикальной плоскости

Как видно из рисунка 1 на зерновку, находящуюся на поверхности деки действуют следующие силы): сила тяжести зерновки $G = m_i \cdot g$; сила тяжести выше расположенного слоя $G_{cl} = m_{cl} \cdot g$; сила трения между поверхностью деки и слоем вороха $F = N \cdot f_d$; сила трения между слоями вороха $F_{cl} = N_{cl} \cdot f_{cl}$; сила инерции при колебании деки, знакопеременная по направлению и численно зависящая от угла поворота (ωt) $R_u = \pm m \cdot \omega^2 \cdot \frac{A}{2} \cdot \cos(\omega t)$; нормальная реакция со стороны опорной поверхности (деки или нижний слой) N ; сила, действующая со стороны воздушного потока $R_g = R_{вс} + R_{вд}$.

Сила, действующая со стороны воздушного потока, состоит из двух составляющих: силы $R_{вс}$ за счет статического давления P_c и силы $R_{вд}$, действующая со стороны воздушного потока за счет динамического

давления. Статическая составляющая воздействия воздушного потока зависит от объема, который занимает зерновка в слое и градиента напора. Градиент напора в свою очередь зависит от свойств вибропневмоожиженного слоя, его высоты и перепада давления, определяемого из уравнения Сабри Эргуна [7].

$$R_c = V \cdot \text{grad}P, \quad (2)$$

$$\text{grad}P = \frac{\Delta P}{H} = \frac{150 \cdot \eta \cdot v \cdot (1 - \varepsilon)^2}{F^2 \cdot d^2 \cdot \varepsilon^3} + \frac{1,75 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot (1 - \varepsilon)}{F \cdot d \cdot \varepsilon^3}, \quad (3)$$

где V – объем, занимаемый частицей в монослое, м^3 ;

ΔP – перепад давления в слое высотой H , Па;

H – высота слоя зернового вороха на поверхности деки, м;

η – динамическая вязкость воздуха, Па·с;

v – скорость воздуха в слое зернового вороха, м/с;

ε – порозность вибропневмоожиженного слоя;

F – фактор формы частиц (зерновок) в монослое;

d – эквивалентный диаметр зерновок, м.

Сила, действующая со стороны воздушного потока за счет динамического давления, определяется из широко известной формулы Ньютона:

$$R = k \cdot \rho_g \cdot E \cdot (v - u)^2, \quad (4)$$

где k – коэффициент сопротивления воздушному потоку, зависящий от формы зерновки и состояния ее поверхности;

ρ_g – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

E – площадь проекции частицы на плоскость, перпендикулярную направлению воздушного потока (миделево сечение), м^2 ;

u – скорость зерновки в слое, м/с.

Расслоение зернового вороха возможно при определенном значении угла поворота эксцентрика (ωt), когда сила инерции принимает положительное направление и сумма проекция этой силы на вертикальную ось и силы, действующей со стороны воздушного потока, становится больше суммы сил тяжести зерновки этого слоя и вышележащих слоев. При межслоевом перемещении зерновок возникает также сила трения, направленная в сторону, обратную перемещению. Условие перемещения зерновки с меньшей плотностью будет выражаться следующим уравнением:

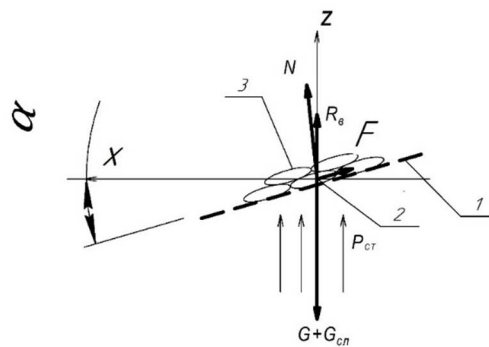
$$(R_u^+ \cdot \sin(\gamma - \beta) + R_g) \geq (G + G_{cl}) \cdot \cos \beta + F_{cl}. \quad (5)$$

Дифференциальные уравнение перемещения зерновки с меньшей плотностью к поверхности (всплытие) в проекции на вертикальную ось z и ось y (рис. 1) будут иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_i \cdot \frac{d^2 z}{d^2 t} = R_u^+ \cdot \sin(\gamma - \beta) + R_g - G - G_{cl} - R_{cl} \\ m_i \cdot \frac{d^2 y}{d^2 t} = R_u^+ \cdot \cos(\gamma - \beta) - (G + G_{cl}) \cos \beta \cdot f. \end{array} \right. \quad (6)$$

В плоскости перпендикулярной направлению колебаний на зерновку в это время будут действовать силы, приведенные на рисунке 2.

Из рисунка можно увидеть, что к активным силам относятся силы тяжести зерновки и верхнего слоя, а также сила, действующая со стороны воздушного потока. При равенстве проекций этих сил на ось x зерновка будет находиться в этой плоскости в состоянии равновесия, что нежелательно из условия расслоения вороха.



1 – поверхность деки; 2 – зерновки нижнего слоя; 3 – зерновки верхнего слоя;
 α – угол наклона деки в направлении поперечном относительно колебаний

Рис. 2. Схема сил, действующих на зерновку в поперечно вертикальной плоскости

Зерновка с меньшей плотностью будет подниматься по поверхности деки только в случае, когда будет выполняться условие:

$$R_g \cdot \sin \alpha \geq (G + G_{cl}) \cdot \sin \alpha + (G + G_{cl}) \cdot \cos \alpha \cdot f. \quad (7)$$

В противном случае зерновка с меньшей плотностью будет спускаться по деке в направлении оси x . На основании выражения 7 можно составить дифференциальное уравнение перемещения зерновки с меньшей плотностью по оси x к поверхности (всплытие).

$$m_i \cdot \frac{d^2 x}{d^2 t} = R_g \cdot \sin \alpha - (G + G_{cl}) \cdot \sin \alpha - (G + G_{cl}) \cdot \cos \alpha \cdot f. \quad (8)$$

Дифференциальные уравнение 6 могут быть решены только численным методом совместно с уравнением 8 с учетом кинематических параметров привода и свойств зернового вороха. По аналогии с этими уравнениями можно составить выражения для случая, когда сила инерции меняет направления действия на обратное, определить углы поворота привода (фазы) начала отрыва от деки или нижнего слоя, конца скольжения при подъеме вверх и движении в обратном направлении. Кроме того, необходимо отметить, что в основной зоне гравитационного

сепаратора должно соблюдаться условие безотрывного послыоного движения, которое возможно только при выполнении равенства: $\frac{d^2z}{d^2t} = 0$.

Таким образом, проведенный анализ показал необходимость разделения деки гравитационных сепараторов на две зоны: предварительную зону и основную с раздельной подачей воздушного потока в каждую отдельными вентиляторами. В предварительной зоне воздушный поток оказывает основное влияние на расслоение зернового вороха по плотности и размерам зерновок. Рабочая поверхность деки предварительной зоны должна обеспечивать вертикальное направление воздушного потока, что ускорит перемещения зерновок с меньшей плотностью в верхние слои или расслоение вороха. Выбор углов наклона рабочей поверхности деки в предварительной зоне должен производиться исходя из решения основной задачи – расслоения и распределение зернового вороха по поверхности.

Список источников

1. Блехман И.И. Что может вибрация? / И.И. Блехман. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
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. Галкин В.Д. Сепарация семян в вибропневмооживленном слое: технология, техника, использование: монография / В.Д. Галкин, В.А. Хандриков, А.А. Хавыев; под общ. ред. В.Д. Галкина. – Пермь: ИПЦ «ПрокростЪ», 2017 – 170 с.
4. Гортинский В.В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский, А.Б. Демский, М.А. Борискин. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
5. Гиевский А.М. Применение конечно-объемного метода решения уравнений гидродинамики для обоснования отдельных параметров пневмосистемы / А.М. Гиевский, В.И. Оробинский, В.А. Гулевский, А.В. Чернышов // Вестник аграрной науки. – 2017.– № 5(68). – С. 65-73.
6. Дринча В.М. Технология и комплекс машин для очистки зерна и семян / В.М. Дринча, Л.М. Суконин // Земледелие. – 1997. – № 3. – С. 34-35.
7. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик; под ред. М. О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1992 – 672 с.
8. Кравченко Л.В. Оптимальные параметры приёмно-распределительного устройства в лабораторной воздушной зерноочистительной машине горизонтального типа ВСГ-1 / Л.В. Кравченко, А.Ф. Кольцов, А.В. Мазурова, В.Я. Лаптев // Вестник аграрной науки Дона, 2023. – Т. 16. – № 3 (63). – С. 27–37.
9. Федоренко И.Я. Вибрационные процессы и устройства в АПК: монография / И.Я. Федоренко. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ 2016 – 290 с.

УДК 621.565.

Манойлина Светлана Зиновьевна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Воронеж, e-mail: s.manoilina@yandex.ru

Лытков Никита Романович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, студент, агроинженерный факультет, 3 курс, Россия, Воронеж, e-mail: lnik0410@gmail.com

Показатели повышения долговечности современных холодильных установок

Аннотация. Промышленное холодильное оборудование играет важную роль в различных отраслях экономики, в том числе и в сельском хозяйстве. Надежность этого оборудования напрямую влияет на качество продукции, безопасность и экономическую эффективность агропредприятий. Большинство таких предприятий работает непрерывно, а потому простои производства, возникающие из-за сбоев в работе холодильного оборудования приносят большие потери, особенно при большой конкуренции на рынке. В статье рассмотрены ключевые факторы, повышения долговечности промышленного холодильного оборудования.

Ключевые слова: холодильная установка, долговечность, срок службы, эксплуатация, климатические условия.

Manojlina Svetlana Z.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: s.manoilina@yandex.ru

Lytkov Nikita R.

Voronezh State Agricultral University after Emperor Peter I, student, Faculty of Agricultural Engineering, 3rd year, Russia, Voronezh, e-mail: lnik0410@gmail.com

Indicators of increasing the durability of modern refrigeration units

Abstract. Industrial refrigeration equipment plays an important role in various sectors of the economy, including agriculture. The reliability of this equipment directly affects the product quality, safety and economic efficiency of agricultural enterprises. Most of these enterprises operate continuously, and therefore production downtime resulting from failures in the operation of refrigeration equipment causes great losses, especially with great competition in the market. The article discusses the key factors for increasing the durability of industrial refrigeration equipment.

Keywords: refrigeration unit, durability, service life, operation, climatic conditions.

Сельскохозяйственные производители используют различные системы охлаждения для продления срока годности скоропортящихся

продуктов. Охлаждение не только снижает вероятность порчи из-за роста бактерий, но и снижает уровень влажности для некоторых продуктов. Охлаждение может также использоваться во время сортировки, обработки, упаковки и хранения.

Производителям фруктов и овощей приходится быстро охлаждать большую часть своей продукции после сбора урожая; удаление тепла с поверхности сельскохозяйственных растений сразу на полях имеет важное значение для сохранения качества продукции и срока ее хранения. Холодильные системы на сельхозпредприятиях по выращиванию фруктов и овощей работают наиболее интенсивно в самые теплые месяцы года, при этом расходы на электроэнергию достигают своего пика.

Молочные фермеры также сильно зависят от холодильного оборудования, но на ежедневной, а не сезонной основе. Молочное животноводство является одним из наиболее энергоемких сельскохозяйственных предприятий, использующих электроэнергию для работы вакуумных насосов для перекачивания воды, вентиляции конструкций (обогрева и охлаждения), освещения, нагрева воды и, что самое важное, охлаждения молока.

Системы охлаждения со спиральными винтовыми компрессорами на 15-20 % эффективнее традиционных систем с поршневыми компрессорами (рис. 1). Эти компрессоры можно использовать для охлаждения молока или кондиционирования пространства, например, в качестве холодильной камеры [2, 4].

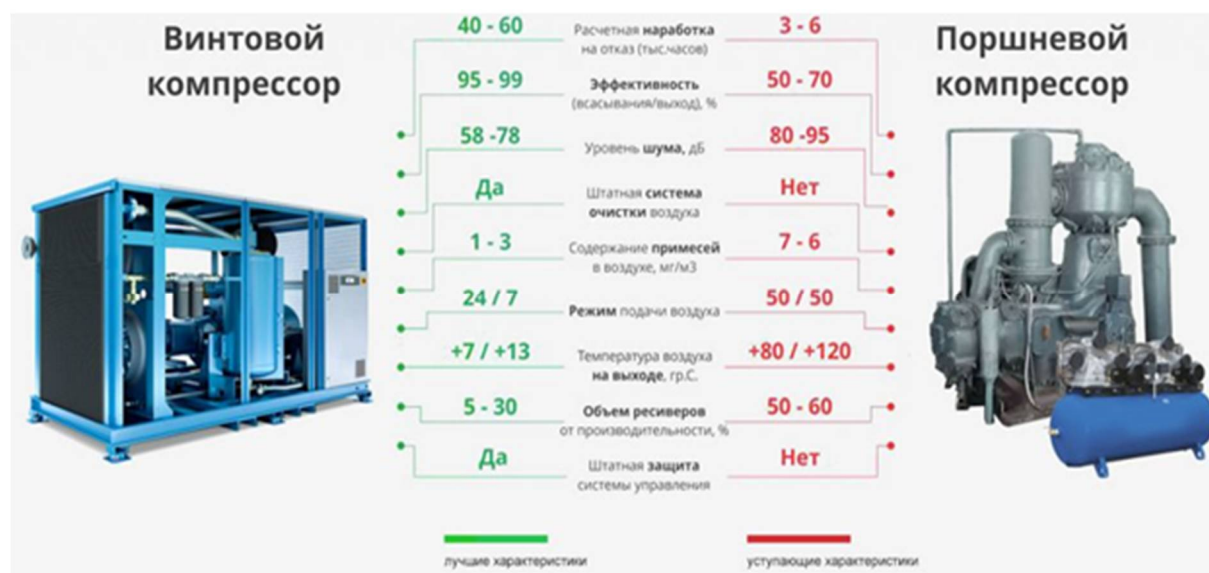


Рис. 1. Основные преимущества винтовых компрессоров по сравнению с поршневыми

Любое холодильное оборудование со временем переходит в нерабочее состояние, и важно, чтобы период нахождения его в работоспособном состоянии был достаточно большим.

Долговечность холодильной установки, т.е. срок ее службы, зависит от условий эксплуатации, от качества технического обслуживания и соблюдения правил эксплуатации работниками предприятий. Показатели долговечности холодильной установки могут быть выражены календарной продолжительностью и подразделяются на: средний срок службы, до i -го ремонта, полный средний срок службы [3].

Под сроком службы понимается календарная продолжительность эксплуатации изделия до момента возникновения состояния, приводящего к потере работоспособности холодильного оборудования. Срок службы холодильников может достигать 16-20 лет. Однако их «моральное» старение происходит столь стремительно, что реально этот срок ограничивается 4-7 годами [1].

Особенностью показателей долговечности современных холодильных установок является тот факт, что они имеют вероятностный характер. Это связано с тем, что работоспособность объекта зависит от большого количества воздействующих факторов: начальных характеристик, рабочей нагрузки, скорости изменения характеристик, условий эксплуатации и других, причем действующих одновременно и, что самое неприятное, с неизвестной закономерностью. Если на объект воздействуют недетерминированные факторы, то и состояние будет неопределенным. Прогнозировать состояние такого объекта можно только с вероятностных позиций. Следовательно, показатели долговечности являются случайными величинами и задаются статистическим законом распределения [3].

Поэтому понимание факторов, которые могут влиять на срок службы холодильного оборудования, необходимо учитывать для поддержания его эффективности и надежности. Вот некоторые ключевые аспекты, которые необходимо отметить.

1. *Качество материалов*: более качественные материалы, как правило, обеспечивают более длительный срок службы холодильной техники.

2. *Особенности использования*: частое открывание и закрывание двери холодильника может повлиять на стабильность температуры и привести к повышенной нагрузке на компрессор.

3. *Регулярное техническое обслуживание*: очистка змеевиков и обеспечение надлежащей вентиляции продлевают срок службы.

4. *Окружающая среда*: экстремальные температуры и уровни влажности могут повлиять на производительность холодильного оборудования.

Работа в рекомендуемом диапазоне температур имеет решающее значение для оптимальной производительности холодильной установки. Слишком низкая температура в холодильнике может повысить мощностную нагрузку на компрессор, в то же время как более высокая температура может поставить под угрозу безопасность продуктов.

Расположение и вентиляция холодильной установки являются жизненно важными факторами, влияющими на его срок службы.

Строительные материалы холодильных камер: качество, долговечность и изоляционные свойства материалов, из которых изготовлены холодильные камеры, напрямую влияют на срок службы. Использование качественных материалов важно для получения долговечной холодильной камеры.

Размещение холодильной установки в хорошо проветриваемом помещении обеспечивает надлежащее рассеивание тепла, предотвращая перегрузку компрессора. Рекомендуется избегать тесных пространств или прямого солнечного света, так как чрезмерное тепло может снизить эффективность работы. Вокруг холодильника должен свободно циркулировать воздух – это снижает нагрузку на двигатель. Хорошая вентиляция способствует повышению энергоэффективности и более длительному сроку службы. Таким образом, оптимальное размещение сводит к минимуму риск перегрева и способствует равномерному охлаждению во всей холодильной установке и создает среду, способствующую повышению ее долговечности и максимальной производительности.

Правильная загрузка и организация внутри холодильной машины являются решающими факторами ее устойчивой эффективности и долговечности. Продуманное расположение продукции минимизирует время открытия дверей, уменьшая колебания температуры и нагрузку на компрессор. Необходимо избегать перегрузки пространств внутри холодильника, позволяя холодному воздуху свободно циркулировать внутри камеры.

Целостность дверного уплотнения является критическим фактором для поддержания эффективности и срока службы холодильника. Плотно и правильно уплотненная дверь предотвращает утечку холодного воздуха и проникновение теплого воздуха, сводя к минимуму нагрузку на компрессор. Со временем дверной уплотнитель может изнашиваться или накапливать мусор, что снижает его эффективность. Поэтому необходимо регулярно проверять уплотнитель двери на наличие признаков повреждения, износа или загрязнения. При обнаружении таковых признаков необходимо осуществить надлежащее уплотнение, очистив прокладку и, если требуется, быстро заменить ее.

Защита холодильника от скачков напряжения и проблем с электричеством имеет первостепенное значение для его долговечности. Внезапные скачки напряжения могут вывести из строя чувствительные электронные компоненты прибора, потенциально сокращая срок его службы. Для повышения долговечности необходимо использовать сетевые фильтры, реле и обеспечить стабильное электропитание, чтобы защитить холодильную установку от колебаний напряжения. Неисправная проводка или проблемы с электричеством также могут повлиять на ее долговечность.

Климатические условия играют важную роль в определении срока службы холодильника. Экстремальные температуры, будь то чрезмерно высокие или низкие, могут повлиять на эффективность и общую производительность прибора. В очень жарком климате холодильному оборудованию требуется больше мощности для поддержания необходимой температуры, что может ускорить износ поверхностей компонентов. Близость холодильника к источникам тепла имеет решающее значение для его долговечности. Размещение прибора вблизи источников тепла, таких как духовки, плиты или прямые солнечные лучи, могут привести к повышению температуры вокруг холодильника. Это дополнительное тепло заставляет компрессор работать интенсивнее, чтобы поддерживать нужную внутреннюю температуру, что создает дополнительную нагрузку на прибор.

Если в помещении не предполагается общее кондиционирование, то в летние месяцы при температуре выше 27°C холодильные агрегаты будут работать в «напряженном» режиме снижающем ресурс компрессора. В этой ситуации имеет смысл отдать предпочтение холодильникам имеющим хороший запас мощности компрессора или выбрать универсальную витрину ($-5^{\circ}\text{C}...+5^{\circ}\text{C}$) вместо среднетемпературной ($+1^{\circ}\text{C}...+6^{\circ}\text{C}$) [6].

Аналогично, в очень холодных условиях компрессор может испытывать трудности с оптимальной работой. Крайне важно размещать холодильник в зоне с контролируемым климатом, когда это возможно. Оптимизация климатических условий вокруг холодильной установки способствует его высокой производительности и долговечности.

Возраст холодильника является основополагающим фактором, влияющим на его срок службы. Со временем происходит естественный износ, влияющий на эффективность таких компонентов, как компрессор и катушки. По мере старения холодильника увеличивается вероятность возникновения механических проблем. Регулярное обслуживание, включая чистку катушек, проверку дверных уплотнителей и осмотр на предмет износа, помогает выявить потенциальные проблемы до того, как они приведут к неисправностям [5]. Хотя плановое техническое обслуживание

может продлить срок его службы, возраст прибора остается ключевым фактором при оценке его долговечности и эффективности.

Итак, в процессе эксплуатации на конструктивные и функциональные элементы холодильных приборов воздействуют различные отрицательные внешние и внутренние факторы, которые можно разделить на субъективные и объективные.

К субъективным факторам можно отнести воздействия, связанные с неправильной эксплуатацией холодильника потребителем вследствие недостатка знаний по правилам пользования и уходу за холодильником, размещением и хранением продуктов, выбором температурного режима работы.

К объективным факторам относятся воздействия, не зависящие от обслуживающего персонала: условия эксплуатации; качество деталей; действие в агрегатах рабочей среды; климатические и биологические воздействия; внешние взаимодействия деталей и другие.

Таким образом, понимание влияния факторов эксплуатации и окружающей среды на долговечность работы холодильного оборудования позволяет существенно повысить срок его службы.

Список источников

1. Азизов Д. Основы холодильной техники и технического обслуживания холодильных систем / Д. Азизов, Ф. Сайдиев. – Ташкент: Baktria press, 2017. – 176 с.
2. Антипов А.В. Диагностика и ремонт торговой холодильной техники: учебное пособие / А.В. Антипов. – М.: Академия (Academia), 2015. – 178 с.
3. Лашутина Н.Г. Холодильные машины и установки / Н.Г. Лашутина, Т.А. Верховая, В.П. Суедов. – М.: КолосС, 2006. – 440 с.
4. Манойлина С.З. Оценка эффективности работы холодильного оборудования современного торгового центра / С.З. Манойлина, М.П. Кубышкин, Н.М. Дерканосова // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – С. 260-271.
5. Невейкин В.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок / В.Ф. Невейкин. – М.: Агропромиздат, 2018. – 288 с.
6. Рудометкин Ф.И. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок / Ф.И. Рудометкин, Г.В. Недельский. – М.: Пищевая промышленность, 2016. – 376 с.

УДК 621.036.3

Манойлина Светлана Зиновьевна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Воронеж, e-mail: s.manoilina@yandex.ru

Ворохобин Андрей Викторович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: dogruzka@gmail.com

Потенциал и преимущества электрокультурного земледелия в сельском хозяйстве

Аннотация. Данная статья раскрывает потенциал, преимущества и недостатки электрокультурного земледелия, результаты использований применения электромагнитного поля на растения. Авторы подчеркивают, что электрокультурное земледелие – эффективная, жизнеспособная экологически чистая альтернатива общепринятым методам ведения сельского хозяйства.

Ключевые слова: электрокультурное земледелие, экология, перспективы применения, преимущества.

Manojlina Svetlana Z.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: s.manoilina@yandex.ru

Vorokhobin Andrey V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: dogruzka@gmail.com

The potential and advantages of electrocultural farming in agriculture

Abstract. This article reveals the potential, advantages and disadvantages of electro-cultural agriculture, the results of using the application of an electromagnetic field on plants. The authors emphasize that electro-cultural farming is an effective, viable environmentally friendly alternative to conventional farming methods.

Keywords: electro-cultural agriculture, ecology, application prospects, advantages.

Главное преимущество электрокультурного земледелия сегодня – минимизация агрессивного воздействия на окружающую среду. Кроме удовлетворения всё возрастающих потребностей в продуктах питания в мировом масштабе и уменьшения отрицательного влияния химикатов и удобрений на растения, применение электрокультурного земледелия позволяет повысить урожайность в среднем на 18-20% [4], сохраняет

плодородие почв, снижает деградацию посевных земель и разрушение поверхностного слоя грунта, улучшает процесс задержания воды в почве. При этом снижается период выращивания растений, отсутствует необходимость в ирригации воды на поля, гидротехническом орошении почвы.

Многочисленные преимущества электроземледелия для сельхозпроизводителей и окружающей среды объединяют следующие направления:

- экологичность, полностью снижается потребность в химических удобрениях и пестицидах;

- повышение морозоустойчивости культур и стабилизация роста при умеренно повышенных температурах;

- ускорение процесса вегетации, и как следствие, повышение урожайности [3];

- сокращение количества вредителей почв и растений за счет действия электромагнитных полей;

- при взаимодействии движущихся электрических зарядов повышается магнетизм почв, приводящий к увеличению содержания количества питательных веществ в них;

- процесс поглощения питательных веществ происходит более интенсивно;

- полное отсутствие необходимости использования тяжелой техники на полях и как следствие уменьшение механического воздействия на почву, экономия топливных средств;

- уменьшение вредных выбросов от сельхозтехники в атмосферу.

Электроземледелие – стабильная и экологически безопасная форма устойчивого регулирования сельскохозяйственного производства. Кроме повышения скорости прорастания растений при воздействии электромагнитного поля, экспериментально доказано в больших масштабах в Китае снижение у растений реакции на стресс и повышение метаболической эффективности, устойчивости к стрессу. В Китае более 30 лет практикуется использование электроземледелия на площади 3600 гектаров теплиц по всей стране. Под напряжением 50 тыс. вольт положительно заряженные медные электроды размещаются над грядками, одновременно отрицательно заряженные электроды подключаются к земле (рис. 1). Урожайность такого метода повышается на 20-30% при ежедневном потреблении электроэнергии 15 кВт/ч.

Рассмотрим механизм воздействия внешнего электрического поля на растения на клеточном уровне. По законам электротехники основная часть напряжения направляется к зонам с большим значением электросопротивления. Исследования при прохождении тока через клетку при помощи токового микроэлектрода показали, что падение напряжения

на клеточной оболочке ΔU_0 , по которому определяли сопротивления $R_0=3,8\pm 0,7 \text{ Ом/м}^2$, увеличивалось при прохождении прибора из клеточной оболочки в вакуоль. Значение мембранного сопротивления, рассчитанного от показателя сопротивления клеточной оболочки, составило $R_0=9\pm 1,2 \text{ Ом/м}^2$ [1]. При этом увеличивается пропускная способность для ионов кальция при определенном направлении электрического поля. Даже незначительное увеличение пропускной способности мембраны клетки способствует существенному увеличению количества ионов кальция. Происходит ферментный каскад: одна составляющая фермента, молекулярная частица, ускоряет действие большого количества молекул, в данном случае молекул белка, вступающих в реакцию с другими ферментами, способствуя их превращению по определенным реакциям. Эти реакции активируют третью группу ферментов, увеличивая скорость межклеточного обмена. Специальная направленность электрического поля вызывает несимметричное поглощение, усвоение кальция, так называемый «полярный рост» и оказывает влияние на направление развития, рост клеток и растения в целом.

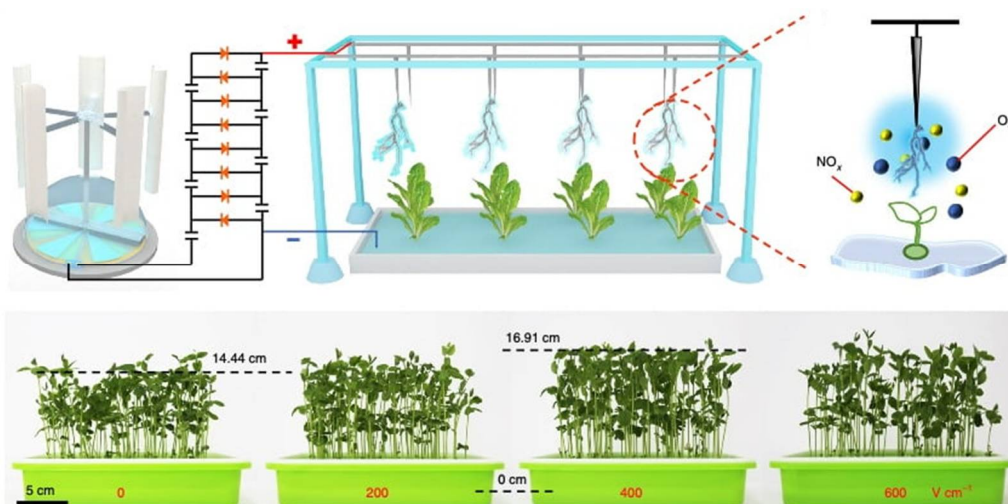


Рис. 1. Прирост растений в зависимости от напряжения электромагнитного поля

В 1923 г. Лунд (E.J. Lund) установил закон полярного роста для клеток, проводя эксперимент с водорослями фукус. Падающий солнечный свет обеспечивает дневной рост растений. Лунд доказал что, в темное время суток слабое электрическое поле так же способствует росту [2].

Финский геофизик Карл-Селим Лемстрем в 80 гг. XIX века изучал влияние электричества на рост растений и способы усиления электромагнитного поля с целью предохранения растений от ночных холодов. По его мнению, растения во время дождей с грозами перестраивают свою поглощающую способность под воздействием сильных электромагнитных полей, максимально впитывают влагу. Сухая

погода не способствует поглощению воды и эффект электрического воздействия не происходит.

Британский исследователь Блэкман установил, что скорость роста зерновых проростков увеличивается в течение четырех часов после воздействия электрического поля.

А.Л. Чижевский установил, что на поглощающую способность растений влияют положительные аэроионы атмосферных газов, их в 1 см^3 воздуха в нижнем слое атмосферы содержится до 750 аэроионов. В процессе фотосинтеза углекислый газ растения поглощают в виде положительных ионов. На корневую систему благоприятно оказывают влияния отрицательные ионы, их 650 аэроионов в 1 см^3 воздуха [2].

Интенсивность процесса фотосинтеза исследовали в Институте физиологии растений имени К.А. Тимирязева АН СССР. При увеличении напряжения от 500 до 2500 В на отрицательном электроде рядом с растением интенсивность процесса фотосинтеза повышается. Эти исследования положили основу электрокультивированию. Мощный ионизационный поток в различных направлениях является катализатором биохимических процессов в почве, усиливает положительное действие полезных микроорганизмов, увеличивая скорость и объем поглощения влаги в растениях. Электрофорез и электролиз способствуют тому что, в почве полезные химические вещества легко усваиваются растениями [2].

Некоторые недостатки электрокультурного земледелия заключаются в следующем. Ограниченность научных исследований проявляется в отсутствии основанных на реальных опытах результатов влияния электромагнитных полей на рост растений и урожайность, сравнительных протоколов при испытаниях без применения электрического поля. Вопросы электробезопасности при использовании электромагнитных полей не уделено необходимого внимания. На сегодня нет четких рекомендаций по уровню и времени воздействия электрического поля на растения, не просчитаны затраты на установку источника энергии, медные провода, антенну. Неправильная настройка или применение высокого напряжения способны повредить ткани растений.

Таким образом, сегодня электрокультурное земледелие – эффективная, жизнеспособная экологически чистая альтернатива общепринятым методам ведения сельского хозяйства. Оно имеет огромный потенциал повышения урожайности и улучшения качества растений и представляет собой шаг вперед в уменьшении негативного воздействия сельского хозяйства на окружающую среду.

Список источников

1. Гасанова А.Э. Электрофизиологические параметры клеточной оболочки и плазматической мембраны клеток *Chara fragilis* / А.Э. Гасанова, Ш.А. Наджафалиева,

П.Ф. Алиева, Н.А. Мусаев // Достижения в области биологии и наук о Земле. – Баку: Институт Ботаники Национальной АН Азербайджана, 2018. – Том 3. – № 1. – С. 60-68.

2. Понятов А. Сложная судьба электрокультуры / А. Понятов // Наука и жизнь.– М.: АНО, 2020. – С. 20-30.

3. Экологически чистые электротехнологии в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheski-chistye-elektrotehnologii-v-selskom-hozyaystve/viewer> (дата обращения: 12.11.2024).

4. Электрокультурное земледелие: революционный метод повышения урожайности и устойчивости? [Электронный ресурс] <https://agtecher.com/ru/electro-culture-agriculture/> (дата обращения: 12.11.2024).

© Маноюлина С.З., Ворохобин А.В., 2024

УДК 629.3.02

Мельник Юрий Виссарионович

Технический университет Молдовы, доцент, доктор технических наук, Молдова, Кишинев,

e-mail: iurie.melnic@im.utm.md

Бадюл Владимир Георгиевич

Технический университет Молдовы, кафедра Технологии и технические средства для сельского хозяйства и развития села, аспирант, Молдова, Кишинев,

e-mail: badiulvladimir@gmail.com

Теоретические основы технологического процесса работы рассадопосадочных маши

Аннотация. В статье предложена классификация, основанная на способе перемещения рабочих органов посадочного аппарата, в которой выделены три группы рассадопосадочных машин: с перемещением рабочих органов в вертикальной плоскости, горизонтальной плоскости и комбинированным способом. Скорость посадки рассады зависит от следующих основных факторов: частоты m подачи рассады, шага посадки l , конструкции посадочного аппарата с держателями рассады, состояния посадочного материала, а также от опыта и квалификации операторов рассадопосадочных машин. Изучение технологического процесса работы рассадопосадочной машины, а также фазовый анализ рабочего процесса рассадопосадочной машины. В результате теоретического исследования технологического процесса рассадопосадочной машины была получена зависимость между различными факторами, от которых зависит максимальная рабочая скорость посадки рассады.

Ключевые слова: рассадопосадочная машина, скорость работы, рассада, шаг посадки рассады, рассадопосадочная машина карусельного типа.

Yuri Melnik V.

Technical University of Moldova, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Moldova, Kishinev,

e-mail: iurie.melnic@im.utm.md

Vladimir Badyul G.

Technical University of Moldova, department Technologies and technical means for Agriculture and Rural Development, graduate Student, Moldova, Chisinau, e-mail: badiulvladimir@gmail.com

Abstract. The article proposes a classification based on the movement method of the working elements of the planting apparatus, which distinguishes three groups of transplanting machines: those with working elements moving in the vertical plane, in the horizontal plane, and in a combined manner. The speed of seedling planting depends on the following key factors: the frequency of seedling supply (m), the planting step (l), the design of the planting apparatus with seedling holders, the condition of the planting material, as well as the experience and qualifications of the operators of transplanting machines. Study of the technological process of the transplanting machine operation, as well as the phase analysis of the working process of the transplanting machine. As a result of the theoretical study of the technological process of the transplanting machine, a relationship was established between various factors that influence the maximum working speed of seedling planting.

Keywords: transplanting machine, working speed, seedlings, planting step, carousel-type transplanting machine.

Введение. Рассадный способ выращивания овощных культур является наиболее эффективным агротехническим приемом, позволяющим получать высокие урожаи в достаточно короткие сроки. В результате внедрения в производство современных технологий выращивания рассады и создания все более производительных конструкций посадочных машин проблема увеличения производства овощей в открытом грунте может быть решена.

По сравнению с другими сельскохозяйственными машинами рассадопосадочные машины изучены меньше всего. Это связано и с тем, что в целом в мире площадь плантаций культур, выращиваемых рассадой (овощи, табак, клубника и т.д.), незначительна по сравнению с другими полевыми культурами. Поэтому ученых, занимающихся машинами для посадки рассады, немного, а проблем для изучения в этой области достаточно много.

Формулировка проблемы. Согласно нескольким классификациям, основанным на принципе работы [1, 2, 3], машины для высадки рассады делятся на простые, полуавтоматические и автоматические. Технологический процесс машин этих категорий в основном отличается от способа выполнения операций: ручного или автоматического. В простых машинах большинство операций выполняется вручную и только одна или две операции - автоматически, без фактического участия рабочего.

В автоматических рассадопосадочных машинах все операции выполняются автоматически, но такие машины недоступны для большинства фермеров из-за их высокой стоимости. Поэтому наибольшее распространение получили полуавтоматические рассадопосадочные

машины, технологический процесс которых будет рассмотрен ниже.

Анализ последних исследований и публикаций. Процесс высадки рассады с помощью полуавтоматических рассадопосадочных машин состоит из следующих основных технологических операций:

- ручное извлечение оператором рассады из ящика или кассеты и подача их в держатель рассады (выполняется вручную);
- формирование борозд (выполняется автоматически);
- перемещение и укладка рассады в борозду, открытую сошником (выполняется автоматически);
- полив рассады в борозде с помощью оросительной системы, установленной на тракторе (осуществляется автоматически);
- посадка растений с уплотнением почвы вокруг корней рассады с помощью уплотняющих колес (выполняется автоматически)

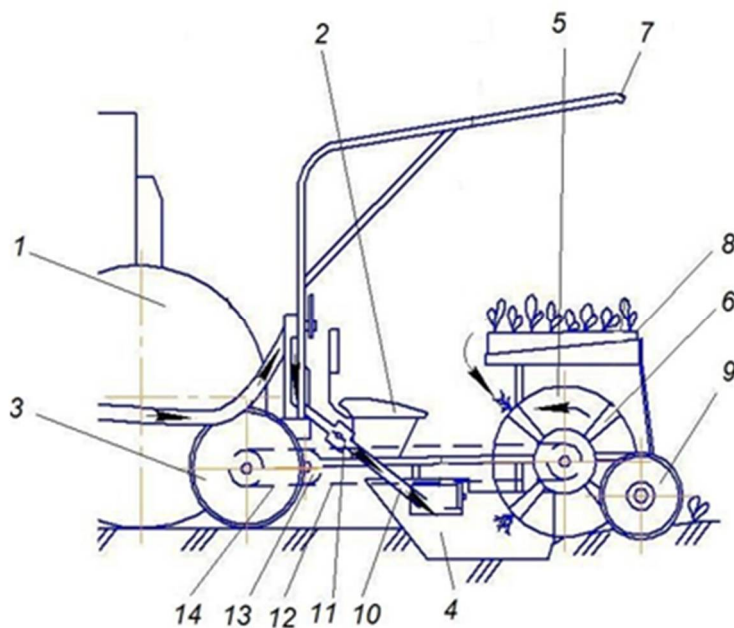
В зависимости от способа перемещения рабочих органов посадочного аппарата, вы можете получить различные возможности для усовершенствования этих машин.

Итак, по способу перемещения рабочих органов посадочного аппарата выделяют три группы рассадопосадочных машин:

- с перемещением рабочих органов посадочного аппарата в вертикальной плоскости (с вертикальным диском) (рис. 1);
- с перемещением рабочих органов высаживающего аппарата в горизонтальной плоскости (с горизонтальным диском) (рис. 2);
- совместный метод

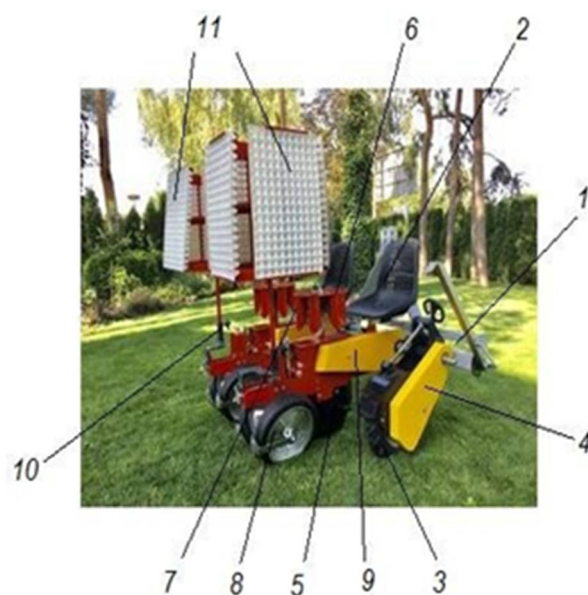
Многие ученые занимались проблемами всестороннего изучения рассадопосадочных машин МПР-5, СКН-6А и др. с вертикальным диском, на котором закреплены держатели рассады [1, 2, 3]. Процесс работы таких машин достаточно хорошо изучен как в теоретическом, так и в практическом плане.

Однако в последние десятилетия началось бурное развитие технологий выращивания рассады в кассетах [4, 5]. Одновременно началась интенсивная работа по совершенствованию конструкций рассадопосадочных машин карусельного типа [6, 7, 8, 9], которые в настоящее время являются наиболее распространенными. Поэтому необходим более универсальный и комплексный подход к изучению технологического процесса высадки рассады и проанализировать процесс работы рассмотренных конструкций пересадочных машин.



1 – трактор; 2 – переднее сиденье; 3 – опорно-приводное колесо; 4 – сошник;
 5 – вертикальный посадочный диск; 6 – держатель рассады; 7 – навес; 8 – ящик с
 рассадой; 9 – уплотняющие катки; 10 – поливная труба; 11 – идозатор для системы
 полива; 12 и 14 – цепные передачи; 13 – коробка передач

Рис. 1. Схема пересадочной машины с движением рабочих органов посадочного аппарата в вертикальной плоскости



1 – органами перемещения посадочного аппарата в вертикальной плоскости (с
 вертикальным диском): 1 рама; 2 – сиденье оператора сажалки; 3 – опорно-приводное
 колесо; 4 – цепная передача; 5 – сошник; 6 – горизонтальный диск высаживающего
 аппарата; 7 – стаканы; 8 – прижимные колеса (ролики); 9 – трансмиссия; 10 – подставка
 для рассады; 11 – кассеты с рассадой

**Рис. 2. Пересадочная машина Solan с рабочими органами перемещения
 посадочного аппарата в горизонтальной плоскости**

Известно [2, 3, 8], что скорость посадки рассады зависит от многих факторов, основными из которых являются: частота подачи рассады, шаг посадки, конструкция посадочного аппарата с держателями рассады, состояние посадочного материала, а также опыт или мастерство операторов посадки и др.

Шаг высадки рассады устанавливается в соответствии с сельскохозяйственными требованиями для посадки соответствующей культуры. При уменьшении шага высадки рассады необходимо также уменьшить скорость работы высаживающего аппарата. Подача рассады в держатели или стаканчики посадочного аппарата также ограничена физическими возможностями человека, а именно количеством рассады, подаваемой в минуту, или частотой m . Оператор средней квалификации может подавать в среднем 35-40 саженцев в минуту в держатель или стаканчики [2, 3].

Результаты исследования. 1. Скорость посадки

Рабочая скорость передвижения рассадопосадочной машины при условии $V_m = V_p$ – определяется по формуле

$$V_M = \frac{\pi D m}{i z (1 - \varepsilon)} \quad (1)$$

где D – диаметр ведущего колеса м;
 i – передаточное отношение привода;
 z – число рассадодержателей;
 ε – коэффициент скольжения;
 m – частота закладки рассады в рассадодержатель.

Как видно из уравнения (1), скорость определяется без непосредственного учета шага посадки t . Этот показатель определен и представляет собой следующее уравнение:

$$t = \frac{\pi D}{z} * \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

где λ – показатель кинематического режима работы рассадопосадочной машины.

$$\lambda = \frac{V_d}{V_m}, \quad (3)$$

где V_d – скорость диска в рассматриваемой точке, расположенной на некотором радиусе r , совпадающем с точкой на рассаде в рассадодержателе, которая, попадая в борозду будет соприкасаться с почвой

$$V_d = \omega * r, \quad (4)$$

где ω – периферийная скорость диска высаживающего аппарата 1/с;

r – радиус до рассматриваемой точки на диске, м.

Таким образом, скорость рассадопосадочной машины определяется с помощью формул (1) и (2), в результате чего мы получим.

$$V_m = \frac{60 l m}{i (1 - \varepsilon)}. \quad (5)$$

Подставляя формулы (1) и (4) в формулу (3), получим показатель

кинематического режима работы λ :

$$\lambda = \frac{\omega r^* i (1 - \varepsilon)}{60 l m} \quad (6)$$

Учитывая, что показатель кинематической работы λ при условии, что $V = V_{md}$ равен единице, то из формулы (6) легко найти частоту m подачи рассады:

$$\begin{aligned} 60 l m &= \omega r^* i (1 - \varepsilon), \\ m &= \frac{\omega r^* i (1 - \varepsilon)}{60 l}. \end{aligned} \quad (7)$$

Отсюда можно определить зависимость от этапа высадки рассады l на частоту m подачи рассады:

$$l = \frac{\omega r^* i (1 - \varepsilon)}{60 m} \quad (8)$$

Таким образом, увеличение скорости движения рассадопосадочной машины V_m возможно за счет увеличения частоты закладки рассады в рассадодержатель m .

Следовательно, чтобы увеличить скорость посадки рассады, необходимо увеличить частоту подачи рассады m в посадочной секции.

Этого можно добиться следующими способами:

1. Установкой дополнительного устройства, облегчающего подачу рассады и позволяющего увеличить темпы работы между сажальщиком и посадочным аппаратом;

2. Увеличением количества сажальщиков на посадочной секции машины.

3. Использовать карусельные рассадопосадочные машины для посадки. [7, 8].

4. Использовать хорошо обученных и опытных сажальщиков при выполнении посадки рассады. [8, 10].

Ранее было отмечено, что сажальщик может поместить в среднем 35-40 саженцев в держатель или стаканчик в минуту. Это справедливо для сажальщика, работающего одной рукой на вертикально дисковой рассадопосадочной машине.

Однако в случае с использованием карусельного типа посадки, сажальщик имеет возможность работать двумя руками одновременно, а следовательно он может поместить в стаканчик рассадопосадочной машины в среднем 60 саженцев. Опытный и хорошо обученный сажальщик может поместить в стаканчики до 60-80 саженцев в минуту [10].

Следовательно, скорость подачи саженцев в стаканчики (держатели) или частота m фактически определяет максимальную рабочую скорость рассадопосадочной машины, которая может быть найдена по следующей формуле [11]:

$$V_{mmax} = 0.06 m l, \quad (9)$$

где V_{mmax} – максимальная рабочая скорость рассадопосадочной машины, км/ч;

l – шаг посадки рассады, м.

Для удобства изучения переведем скорость в м/с, и тогда

$$V_{mmax}=0.0167m_{max} l, \quad (10)$$

где m_{max} – максимальная величина постановок саженцев в стаканчики (держатели) для рассады.

Время необходимое для нахождения одного саженца в рассадодержателе определяем из выражения

$$t_{lmax}=\frac{60}{m}, \quad (11)$$

где t_{lmax} – максимальное время пребывания одного саженца в рассадодержателе, с.

Например, при частоте $m=40$ саженцев /мин. Получается время посадки, равное $t_{lmax}=1,5$ сек.

Этот показатель очень важен для изучения фазового анализа процесса работы рассадопосадочных машин, так как для машин карусельного типа время попадания саженцев из стаканчика в сошник для одного и того же вида рассады является постоянной величиной. Это напрямую влияет на качество работы рассадопосадочной машины при увеличении скорости посадочного агрегата. Подставив формулу (10) в (11), можно получить:

$$t_1=\frac{l}{V_{mmax}}, \quad (12)$$

$$V_{mmax}=\frac{l}{t_1}, \text{ м/с.} \quad (13)$$

Например, при шаге посадки $l = 0,3$ м и максимальном времени подачи одного саженца $t_1 = 1,5$ с, получается $V_{mmax} = 0,2$ м/с или $V_{mmax} = 0,72$ км/ч.

Тогда в производственных условиях, зная шаг посадки l и возможности сажальщика и, выраженные через частоту m , можно легко определить максимальную рабочую скорость рассадопосадочной машины:

$$V_{mmax}=\frac{m_{max}l}{60}, \quad (14)$$

$$V_{mmax}=0,06m_{max}l. \quad (15)$$

Повышение рабочей скорости V_m движения рассадопосадочной машины возможно за счет увеличения частоты подачи рассады m в рассадодержатель. Только решив эту задачу с помощью предложенных ранее методов, можно переходить к техническим вопросам совершенствования конструкции машины и ее рабочих органов [13].

Изучение теории технологического процесса работы рассадопосадочной машины, а также фазовый анализ рабочего процесса рассадопосадочной машины карусельного типа позволяет лучше понять пути совершенствования конструкции машины, ее рабочих органов и даст

важные практические решения по повышению скорости ее работы [14, 15, 16].

2. Укладка рассады рабочими органами рассадопосадочных машин

2.1. Процесс укладки рассады в борозду рассадопосадочными машинами с вертикальным дисковым рабочим органом

Существенной особенностью рабочего процесса любой рассадопосадочной машины является то, что укладка рассады в открытую борозду и заделка ее почвой производится на ходу при определенной скорости V_M . Очевидно, что при выполнении указанных операций абсолютная скорость рассады должна быть равна нулю, т.е.

$$V_M + V_P = 0, \quad (16)$$

где V_P – линейная скорость точки захвата рассады держателем в момент высадки ее в почву, м/с.

Для обеспечения этого условия необходимо, чтобы в некоторый промежуток времени, необходимый для высадки рассады, линейная скорость захвата аппарата была равна скорости машины и противоположно ей направлена. Так как привод рассадопосадочных аппаратов в большинстве случаев осуществляется от ходовых или прикатывающих колес, имеющих скольжение, то условие (1) практически не выполняется. Поскольку рассада имеет вполне определенную (установленную агротехническими требованиями) длину (рис. 3), то получить необходимую абсолютную скорость в момент заделки рассады в почву возможно только для одной точки рассады [16].

$$\begin{aligned} x &= V_M t + R_i \cos \omega t, \\ y &= R_i + h_i - R_i \sin \omega t. \end{aligned}$$

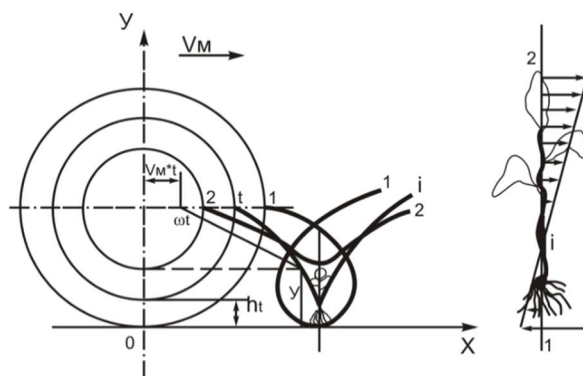


Рис. 3. Траектория движения рассады при посадке

Оптимальные результаты по качеству высадки рассады при использовании дискового аппарата достигаются, когда эта точка находится на уровне поверхности поля, с глубиной бороздки h_i . В этом случае уравнение траектории абсолютного движения точки 1 в параметрической форме в выбранной системе координат будет следующим:

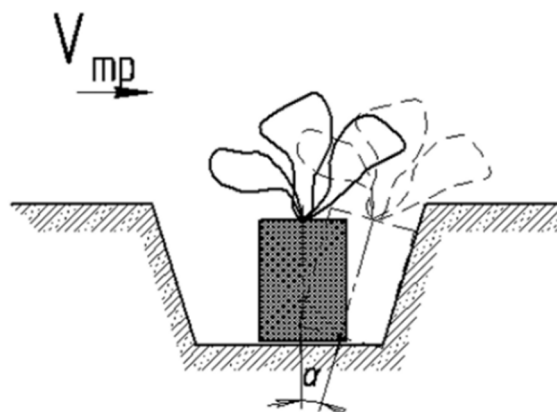
Скорость точки i по оси x в момент заделки растения $V_x=0$ и угол поворота конца зажима $\omega t = \frac{\pi}{2}$, т.е. выражение будет иметь следующий вид:

$$V_x = V_M - R_1\omega = 0.$$

Таким образом, $V_x = R_1\omega = 0$. Это соотношение показывает отношение линейной скорости движения крайней точки захвата рассады к поступательной скорости всего агрегата.

2.2. Процесс укладки рассады в борозду с горизонтальным рабочим органом

В исследовании В.И. Константинова [19] указано, что скорость растения при движении в распределительно-высаживающем механизме рассадопосадочной машины складывается как сумма горизонтальной скорости $V_{гор}$ и вертикальной составляющей $V_{верт}$. В этом случае рассада, высвобожденная из посадочного стакана, будет стремиться упасть в борозду под некоторым углом α к вертикали в профиле борозды – по направлению движения транспортёра и в направлении борозды – в сторону движения МТА (рис. 4).

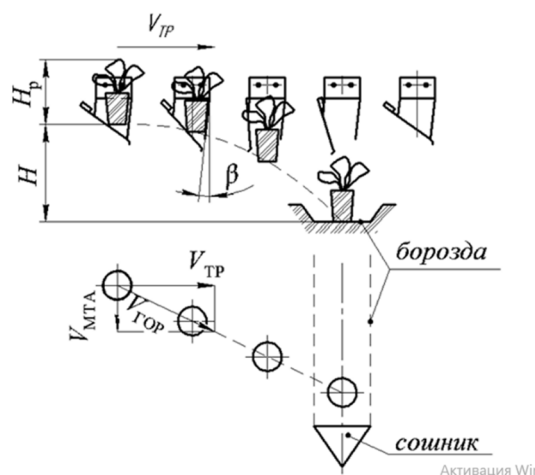


$V_{тр}$ – скорость транспортёра, м/с;
 α – угол отклонения рассады в профиле борозды, град.

Рис. 4. Расположение рассады в профиле борозды

Такая ориентация растения в борозде является причиной его повреждения после присыпания почвой и уплотнения почвы прикатывающими колесами, и, как следствие, увеличивается период восстановления после высадки и снижается урожайность культуры.

Особенностью конструкций при движении распределительно-высаживающего устройства так же, как и во всех машинах является наличие горизонтальной составляющей скорости $V_{гор}$ (рис. 5).



H – высота падения, м; H_p – высота растения, м; $V_{тр}$ – скорость транспортёра, м/с;
 $V_{МТА}$ – скорость движения машинно-тракторного агрегата, м/с;
 $V_{гор}$ – горизонтальная составляющая скорости транспортёра, м/с; β – угол наклона подвижной части посадочного стакана относительно неподвижной, град

Рис. 5. Схема пространственного перемещения ТПК с рассадой из посадочного стакана в борозду

Посадочный стакан с рассадой отклоняется в сторону против хода машины, благодаря чему ТПК с рассадой получает горизонтальную скорость против хода распределительно высаживающего аппарата и частично компенсирует его скорость $V_{гор}$.

Исходя из приведенных ранее данных и расчетов видно, что скорость посадки является важным показателем работы рассадопосадочной машины. Однако качество посадки рассады при этом не должно теряться.

Эти два основных параметра в современных конструкциях рассадопосадочных машин напрямую зависят друг от друга. Также имеется и еще один немаловажный параметр, такой как шаг посадки. От него напрямую зависит скорость агрегата и как следствие качество укладки рассады в борозду.

Как отмечалось ранее процесс посадки рассады рассадопосадочными машинами особенно современных конструкций еще недостаточно изучен и потребует еще немало времени.

В связи с этим, необходимо провести дополнительные исследования, направленные на оптимизацию работы рассадопосадочных машин с учетом всех трех параметров: скорости посадки, качества укладки и шага посадки. Это позволит не только повысить эффективность работы машин, но и улучшить общие показатели урожайности.

Одним из возможных направлений для улучшения качества посадки может стать внедрение современных технологий автоматизации и сенсорных систем, которые позволят более точно контролировать процесс посадки. Например, использование датчиков для определения глубины

закладки рассады и ее положения в борозде может значительно повысить точность и равномерность укладки.

Кроме того, стоит рассмотреть возможность применения адаптивных алгоритмов, которые будут настраивать параметры работы машины в зависимости от условий поля и характеристик рассады. Это может включать в себя автоматическую коррекцию скорости движения в зависимости от типа почвы, влажности и других факторов.

Комплексный подход к исследованию и разработке новых технологий для рассадопосадочных машин позволит создать более эффективные и надежные решения, которые будут отвечать требованиям современного сельского хозяйства. Это, в свою очередь, окажет положительное влияние на производительность и устойчивость агросектора в целом.

Выводы

1. Важность скорости и качества посадки: Скорость посадки является ключевым показателем работы рассадопосадочных машин, но не менее важным остается качество укладки рассады. Эти два параметра взаимосвязаны и должны оптимизироваться одновременно для достижения наилучших результатов.

2. Роль шага посадки: Шаг посадки является третьим критически важным параметром, который влияет на скорость работы агрегата и качество укладки рассады. Правильный выбор шага посадки может существенно улучшить эффективность работы машин.

3. Необходимость дальнейших исследований: Процесс посадки современными рассадопосадочными машинами требует более глубокого изучения. Исследования должны сосредоточиться на оптимизации трех основных параметров: скорости посадки, качества укладки и шага посадки.

4. Внедрение технологий автоматизации: Использование современных технологий, таких как автоматизация и сенсорные системы, может существенно повысить точность и равномерность укладки рассады. Датчики для контроля глубины и положения рассады могут улучшить качество посадки.

5. Адаптивные алгоритмы: Применение адаптивных алгоритмов для настройки параметров работы машин в зависимости от условий поля и характеристик рассады может привести к улучшению производительности и качества посадки.

6. Комплексный подход: Разработка новых технологий и комплексный подход к исследованию рассадопосадочных машин позволят создать более эффективные и надежные решения для агросектора, что положительно скажется на его производительности и устойчивости.

Таким образом, для достижения высоких результатов в процессе посадки рассады необходимо интегрировать современные технологии и

проводить дальнейшие исследования, что в конечном итоге приведет к улучшению общей эффективности сельского хозяйства.

Список источников

1. Caproiu S. Masini agricole de lucrat solul, semanat si intretinerea culturilor / S. Caproiu // Bucuresti: Editura Didactica si Pedagogica, 1982. – 242 p.
2. Кубарин М. Рассадопосадочные машины / Кубарин М. – М.: Машиностроение, 1972.– 208 с.
3. Balan O. Realizari si tendinte in constructia masinilor de plantat. Lucrari stiintifice / O. Balan, V. Neculaiasa // Universitatea Agronomica, Vol. 35. Iasi: Universitatea Agronomica, 1992. – P. 103-106.
4. Bumacov V. Aspectele tehnologiilor modern de crestere a rasadului / V. Bumacov, R. Rosca // Lucrari stiintifice, UASM, Vol. 3. – Chisinau: Tipografia UASM, 1995. – P. 105-108.
5. Уайт Р. Производите рассады бобовых в целюлозной палете. / Р. Уайт, В. Рошка // Chisinau: Editura Prometeu, 1999. – 5 p.
6. Мельник И.Ю. Optimizarea parametrilor constructivi ai sectiei de plantat rasaduri / И.Ю. Мельник // Lucrari stiintifice, UASM, том 7. – Chisinau: UASM, 1999. – P. 230-232.
7. Винеvский Е. Элементы научных основ средств механизации посадки рассады табака в поле / Е. Винеvский // Вопросы. Гипотезы. Ответы. Наука XXI века: Коллективная монография. – Книга 8. – Краснодар, 2014. – С. 204-222.
8. Бумаков В. Процессы освещения и параметры рассадопосадочной машины / В. Бумаков // Лукрари штинтификэ, том 4. УАСМ. – Кишинев: UASM, 1996. – С. 349-352.
9. Георгиев Г. Посадочные машины / Г. Георгиев, А. Цернек // Справочник конструктора с/ч машин. – Том 2. – М.: Машиностроение, 1967. – С. 290-316.
10. Мельник И.Ю. Фазный анализ рабочего процесса рассадопосадочной машины карусельного типа / И.Ю. Мельник // Mijnapodna naucino-practicina konferenția. "Problemî konstruierii, virobnitva ta eksploatații siliskogospo-darskoj tehniki". Zbirnic naukovih prați. Кировоград, 1999. – P. 103-107.
11. Мельник И.Ю. Повышение рабочей скорости движения рассадопосадочного агрегата / И.Ю. Мельник // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Zbirnic naukovih prați, випуск 39. – Кировоград, 2009. – С. 356-362.
12. Мельник И. Математическое моделирование операционной системы пересадочной машины карусельного типа / И. Мельник, В. Мельник // III Международная научная конференция "Математическое моделирование". Боровец, Болгария, International Scientific Journal "Mathematical modeling", Vol. 3, Issue 4. – 2019. – P. 124-126, Print ISSN 2535-0986, Web ISSN 2603-2929.
13. Чубарин М.И. Рассадопосадочные машины / М.И. Чубарин // М.: Машиностроение, 1972.
14. Абашкин А.С. Технологические свойства рассады как посадочного материала / А.С. Абашкин // Сб. трудов МолдНИИОЗиО. – 1972. – Вып. 2, т. 10. – С. 30-141.
15. Беляев Е.А. Исследование процесса автоматической подачи рассады в посадочный аппарат рассадопосадочной машины. /Беляев Е.А., Шульженко Б.А.// Тр. ВИСХОМ. М., 1978.– Вып. 93. – С. 25-27.
16. Мун В.Ф. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы посадочных аппаратов рассадопосадочных машин: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / В.Ф. Мун // дис. ... канд. техн. наук. Алма-Ата, 1984. – 183 с.
17. Константинов В.И. Условия повышения производительности рассадопосадочной машины / В.И. Константинов // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей: материалы Всероссийской научно-практической конференции: сборник статей. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. 2017. – С. 241-243.

УДК 614.91:576.895.132.6

Голубова Нонна Александровна

ГОУ «Приднестровский Государственный Университет им. Т.Г. Шевченко»,
старший преподаватель кафедры ветеринарной медицины аграрно-технологического
факультета. Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: littlekatara@mail.ru

SPIN-код: 7248-1204, AuthorID: 1026071

Ромашов Борис Витальевич

ФГБУ «Воронежский государственный заповедник имени В.М. Пескова»,
главный научный сотрудник, доктор биологических наук. Россия, Воронеж,
e-mail: bvrom@rambler.ru

SPIN-код: 5699-7828, AuthorID: 422502

**Эпизоотические особенности трихинеллёза в Приднестровской
Молдавской Республике**

Аннотация. В статье приведены данные о циркуляции трихинелл в природных условиях в ПМР. Среди млекопитающих личинки трихинелл выявлены у лисицы (19 особей, ЭИ 17,8 %, ИИ – 5 экз./г), шакала (18 особей, ЭИ 35,5% и ИИ – 15 экз./г), волка (11 особей, ЭИ 16,6 % и ИИ – 4,5 экз./г), лесного кота (1 инвазированное животное, ЭИ 16,7 % и ИИ – 25 экз./г).

Ключевые слова: трихинеллез, экстенсивность инвазии, интенсивность инвазии, личинки трихинелл, волк, лисица, шакал.

Golubova Nonna A.I.

Pridnestrovian State University named after T.G. Shevchenko, senior teacher of the
Department of Veterinary Medicine of the Agrarian and Technology Faculty. The
Pridnestrovia, Tiraspol,

e-mail: littlekatara@mail.ru

SPIN-code: 7248-1204, AuthorID: 1026071

Romashov Boris V.

Voronezh State Biosphere Reserve named after V.M. Peskova, chief researcher, doctor of
biological sciences. Russia, Voronezh.

e-mail: bvrom@rambler.ru

SPIN-код: 5699-7828, AuthorID: 422502

**Epizootic features of trichinosis in the Pridnestrovian Moldavian
Republic**

Abstract. The article provides data on *Trichinella* circulation in natural conditions in the PMR. Among the mammals of the larvae, *Trichinella* larvae were detected in fox (19 individuals, prevalence of infection 7.8 %, intensity of infection – 5 lpg), jackal (18 individuals, PI 35.5 % and II – 15 lpg), wolf (11 individuals, PI 16, 6 % and II – 4.5 lpg), a forest cat (1 invaded animal, PI 16.7 %, II – 25 lpg).

Keywords: trichinosis, prevalence of infection, intensity of infection, *Trichinella* larvae, wolf, fox, jackal.

Трихинеллёз – остро или хронически протекающая инвазионная болезнь всеядных и плотоядных, реже других групп животных. При остром течении заболевание характеризуется потерей аппетита, угнетенным состоянием, отеками, мышечными болями, лихорадкой, диареей, кожным зудом и истощением. Хронически болезнь протекает бессимптомно.

В составе рода *Trichinella* выявлено двенадцать таксонов, девять из которых имеют признанный статус вида [5]. Все виды способны инвазировать человека, млекопитающих, птиц и рептилий. Наблюдается адаптированность различных видов трихинелл к определенным видам хозяев. Так, например, личинки *Trichinella nativa* чаще обнаруживают у хищников, *Tr. pseudospiralis* – у птиц, а *Tr. spiralis* – у парнокопытных и грызунов, *Tr. zimbabwensis* – у хладнокровных, *Tr. britovi* и *Tr. nelsoni* – у диких млекопитающих в Евразии и Экваториальной Африке [6]. При этом даже в пределах вида обнаруживается морфологическая изменчивость личинок нематоды. Например, в монографии Б.В. Ромашова проанализирована внутривидовая вариабельность личинок *Tr. nativa* у различных видов хищных животных, которые были объединены в своеобразные кластеры по общности изученных параметров [3]. Морфологические признаки личинок трихинелл характеризуют проявление гостальной специализации нематоды и относительно консервативны. При этом, максимально высокий уровень морфологической «дистанции» чаще обнаруживается у эволюционно более различающихся видов хозяев.

Материалы и методы. Сбор материала осуществляется в ПМР с 2014 по 2024 годы [1, 2]. Исследовались пробы 10-13 мышц от 18 видов млекопитающих – лисиц, волков, шакалов, кабанов, степных хорьков, обыкновенных ежей, серых крыс, домовых мышей, енотовидных собак, собак, кошек и др. Образцы были собраны при исследовании тушек животных, полученных от охотников из различных районов ПМР при проведении промысловой добычи и мероприятий по регуляции численности диких животных, методом ловушко-линий (в отношении микромаммалий), изъяты у браконьеров и подобраны после автомобильных происшествий. Диагностику и обнаружение личинок трихинелл проводили, в основном, методом компрессорной трихинеллоскопии (микроскопы: МБС-9, Motic SMZ-161, Биомед-6 при увеличении 16х-1500х). Статистическая обработка материалов проводилась по общепринятым методикам. Необходимые статистические расчеты проводили с использованием приложения Microsoft Excel 2010.

Результаты исследования и их обсуждение. Всего исследовано более 500 млекопитающих (хищников, парнокопытных, грызунов и др.). Было исследовано более 250 особей диких млекопитающих, более 100 особей домашних плотоядных животных (бродячих кошек и собак). В природных условиях личинки трихинелл выявлены у лисицы, шакала,

волка и лесного кота (табл. 1). У синантропных плотоядных животных трихинеллы не обнаружены, выявлены клещевые инвазии и микозные инфекции. Для выявления экологических связей дополнительно исследовались микромаммалии – грызуны (мыши, крысы) из природных и антропогенных ареалов, а также насекомоядные (ёж). Всего исследовано более 100 экземпляров грызунов, у которых трихинеллы не обнаружены.

Таблица 1. Результаты исследования диких хищных млекопитающих на зараженность *Trichinella sp.* в ПМР, 2014 – 2024 гг.

<i>Вид животного</i>	<i>Количество исследованных особей</i>	<i>Выявлены трихинеллы</i>	<i>Выявлены другие виды гельминтов</i>
Обыкновенная лисица <i>Vulpes vulpes</i>	107	19	25
Волк <i>Canis lupus</i>	66	11	11
Шакал <i>Canis aureus</i>	51	18	12
Лесной кот <i>Felis silvestris</i>	6	1	1

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что трихинеллы регистрируются у диких хищных млекопитающих в природных биоценозах на территории Приднестровья. По данным министерства сельского хозяйства и природных ресурсов ПМР, фоновым видом среди хищников на этой территории является лисица (рис. 1), шакал и волк малочисленны [4], а лесной кот – исчезающий охраняемый вид. Относительная численность этих хищников составляет: лисица – 96%, волк – 2,5%, шакал – 1,5%. Всю территорию ПМР мы условно поделили на три участка: северный, центральный и южный. Зараженность трихинеллами животных в различных частях Приднестровья приведена в таблице 2.

Таблица 2. Зараженность трихинеллами животных в различных частях Приднестровья

<i>Части Приднестровья</i>	<i>Районы</i>	<i>Показатели зараженности (%)</i>
СЕВЕРНАЯ	Каменский Рыбницкий	Волк – нет Лисица – нет
ЦЕНТРАЛЬНАЯ	Дубоссарский Григориопольский	Волк – 28,6 Лисица – 6,7 Шакал – 25,0 Лесной кот – нет
ЮЖНАЯ	Слободзейский г. Бендеры г. Тирасполь	Лесной кот – 50* Лисица – нет Волк – 5,6 Шакал – 22,2

*Примечание: из 2 исследованных в этой части ПМР животных заражено 1.

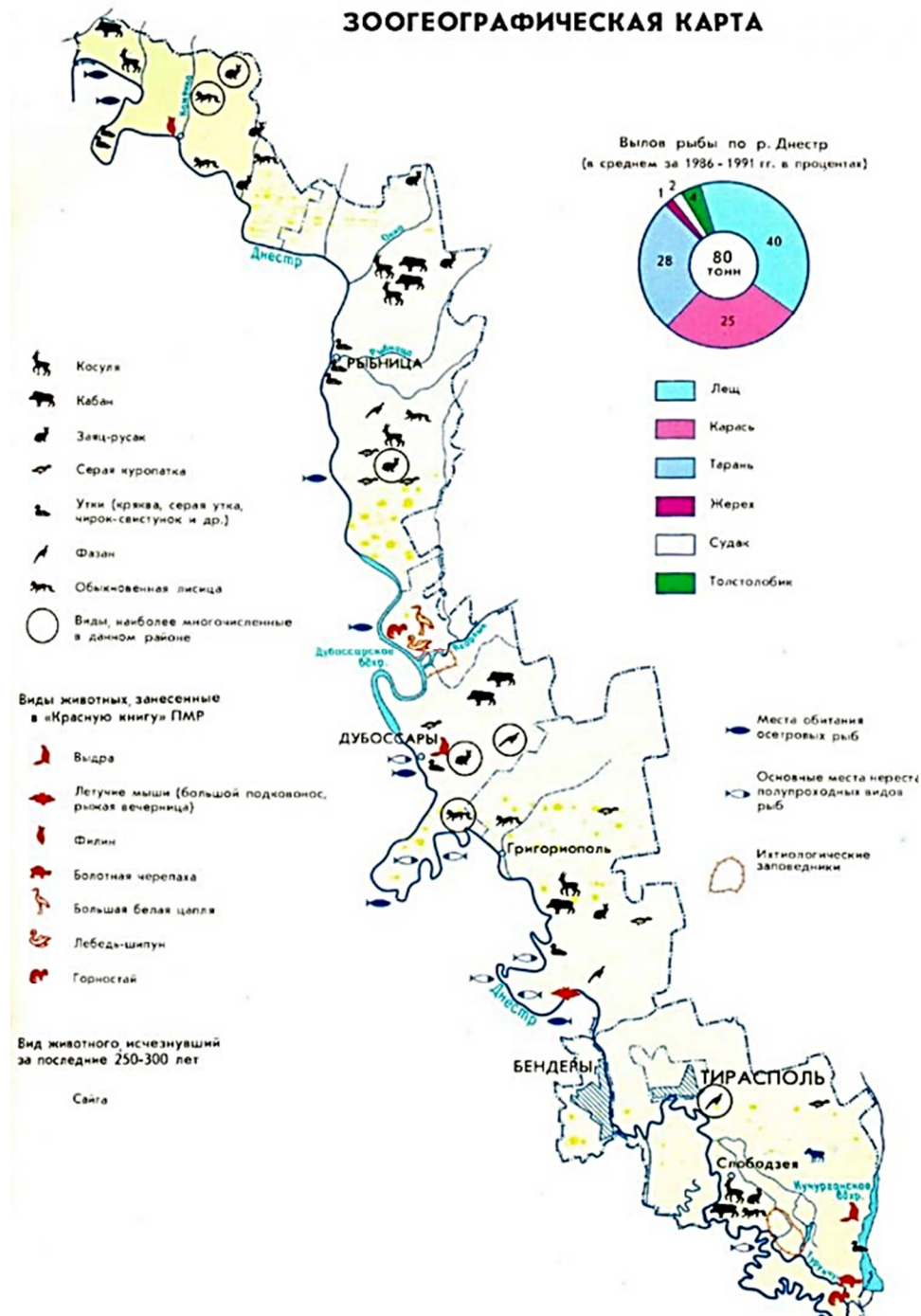


Рис. 1. Распространенность животных в природных биоценозах ПМР

Также были подсчитаны показатели экстенсивности (ЭИ) и интенсивности инвазии (ИИ). Так, у лисицы ЭИ составила 17,8 %, ИИ – 5 экз. личинок в 1 г мышц; у волка ЭИ 16,6 % и ИИ – 4,5 экз. личинок в 1 г мышц; у шакала ЭИ 35,5 % и ИИ – 15 экз. личинок в 1 г мышц. При этом у лесного кота ЭИ 16,7 % (необходимо учитывать малое число исследованных особей) и ИИ – 25 экз. личинок в 1 г мышц.

Мы считаем, что ядром экологического звена циркуляции трихинелл является лисица. Трофическими связями (некрофагия, каннибализм) она связана с более малочисленными видами – волком и шакалом. Лесной кот, по видимости, не играет существенной роли в циркуляции личинок, в связи с небольшой численностью этого хищника несмотря на высокую интенсивность инвазии.

По данным санитарно-эпидемиологической службы ПМР за 2024 год трихинеллёз (по данным иммуноферментного анализа) выявлен у человека (1 случай) – впервые за более чем 30 лет.

Заключение. На основании полученных результатов в своих научных трудах и рамках конференций и семинаров мы рекомендуем усилить контроль за распространением данного нематодоза, в том числе сделать акцент на мониторинге в природных условиях (обязательная трихинеллоскопия тушек диких животных – потенциальных хозяев трихинелл), расширить просветительскую работу с населением (особенно охотниками) по пропаганде знаний о трихинеллёзе и его профилактике.

Список источников

1. Голубова Н.А. Мониторинг трихинеллеза – компонент экологической безопасности в Приднестровской Молдавской Республике / Н.А. Голубова // Вестник Приднестровского университета. Серия: Медико-биологические и химические науки. – 2024. – № 2 (77). – С.87-89.
2. Голубова Н.А. Эпизоотология трихинеллеза в условиях Приднестровья / Н.А. Голубова // Российский паразитологический журнал. – Москва, 2018. – Том 12, Выпуск 4. – С. 64-68.
3. Ромашов Б.В. Трихинеллез в Центральном Черноземье (Воронежская область): экология и биология трихинелл, эпизоотология, профилактика и мониторинг трихинеллеза / Б.В. Ромашов, В.В. Василенко, М.В. Рогов // Воронеж: Воронежский государственный университет, 2006. – 181 с.
4. Романович Н.А. Появление шакала (*Canis aureus*) в Приднестровье: географическое расширение ареала чужеродного вида / Н.А. Романович, В.А. Марарескул.– Бендеры: Эко-Тирас, 2016. – С.218–221.
5. Pozio E, Zarlenga DS. New pieces of the Trichinella puzzle. Int J Parasitol. 2013 Nov; 43(12-13):983-97. doi: 10.1016/j.ijpara.2013.05.010. Epub 2013 Jun 28. PMID: 23816802. Дата обращения: 16.11.2024.
6. Müller N, Sager H, Schuppers M, Gottstein B. Methoden zur Untersuchung von Trichinella-Infektionen bei Haus- und Wildtieren [Methods for investigating Trichinella infections in domestic and wild animals]. Schweiz Arch Tierheilkd. 2006 Sep; 148(9):463-71. German. doi: 10.1024/0036-7281.148.9.463. PMID: 17024975. Дата обращения: 16.11.2024.

@ Голубова Н.А., Ромашов Б.В., 2024

УДК 664.681.1: 664.162.81

Иванова Наталья Геннадьевна

Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), кафедра биотехнологий продуктов питания из растительного и животного сырья, доцент, кандидат технических наук, Россия, Москва,
e-mail: n.ivanova@mgutm.ru

Лесникова Виктория Денисовна

Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), кафедра биотехнологий продуктов питания из растительного и животного сырья, студент, Россия, Москва,
e-mail: vl2650857@gmail.com

Новый вид сахарозаменителя в технологии печенья

Аннотация. В статье рассмотрена статистика заболевания сахарным диабетом, а также предложена разработка рецептуры печенья с заменой сахара на сахарозаменитель аллюлозу. Разработанный новый вид печенья не отличается от контрольного образца по органолептическим показателям и практически не содержит глюкозу. Это позволяет рекомендовать печенье с аллюлозой в профилактическом питании лиц, имеющих повышенный риск развития сахарного диабета 2 типа.

Ключевые слова: сахарный диабет, подсластители, сахарозаменитель, аллюлоза, сдобное печенье.

Ivanova Natalia G.

Moscow State University of Technology and Management named after K.G.Razumovsky (First Cossack University), Department of Biotechnology of Food Products from Plant and Animal Raw materials, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Moscow,
e-mail: n.ivanova@mgutm.ru

Lesnikova Victoria D.

Moscow State University of Technology and Management named after K.G.Razumovsky (First Cossack University), Department of Biotechnology of Food products from Plant and Animal Raw materials, student, Russia, Moscow,
e-mail: vl2650857@gmail.com

A new type of sweetener in cookie technology

Abstract. The article examines the statistics of diabetes mellitus, and also suggests the development of a cookie recipe with sugar replacement with the sweetener allulose. The developed new type of cookie does not differ from the control sample in organoleptic parameters and practically does not contain glucose. This allows us to recommend cookies with allulose in the preventive nutrition of people with an increased risk of developing type 2 diabetes mellitus.

Keywords: diabetes mellitus, sweeteners, sweeteners, allulose, sweet biscuits.

Сахарный диабет – это длительное заболевание, его отличительными особенностями являются нарушение выработки инсулина поджелудочной

железой, его неправильным использованием организмом или оба этих фактора. Данное заболевание является глобальной проблемой для всего мира. По данным Международной федерации по борьбе с сахарным диабетом к 2030 году людей с таким диагнозом будет около 642800 человек [8]. В связи с этим потребность замены сахара в продуктах питания сильно возросла. Производятся хлеб и мучные кондитерские изделия с улучшенной пищевой ценностью профилактического назначения, адаптированные под требования питания с пониженным содержанием добавленного сахара [3]. Разрабатываются технологии мучных кондитерских изделий с заменой сахара на натуральные сиропы или сахарозаменители [2, 5]. Наиболее часто производители в мучных кондитерских изделиях используют подсластители, но это не является лучшей заменой натуральных сахаров из-за их побочных эффектов. При частом употреблении продуктов, содержащих подсластители, вредные вещества могут накапливаться в организме, вызывая негативные последствия. Зачастую это заболевание охватывает обширные группы людей, начиная с младшего поколения и заканчивая старшим поколением. Например, при гидролизе ацесульфама калия идёт разложение до ацетоацетамида, который в высоких дозах является токсичным [4]. Ксилит – натуральный подсластитель, он снижает уровень глюкозы в крови и делает ответную реакцию организма на инсулин более низкой по сравнению с продуктами питания или напитками, содержащими сахар, но он может накапливаться в организме, тем самым вызывая диарею, а также он является аллергеном [1]. Сорбит – один из самых популярных подсластителей, его ферментация в толстом кишечнике может вызвать желудочно-кишечный дискомфорт, включая вздутие живота, газы и диарею, обезвоживание, тошноту и рвоту [1].

Вследствие этого было целесообразно подобрать сахарозаменитель, который не вызывает побочных действий, например, аллюлоза. Это сахарозаменитель в виде белого порошка без постороннего запаха и вкуса. Его сладость составляет 70% от сладости сахарозы, энергетическая ценность – 0,2 ккал/г [7]. В 13-ти недельном эксперименте на крысах, которых кормили 5%-ным раствором аллюлозы было выявлено, что у грызунов не было увеличения массы тела и жировой массы, а также эксперимент показал снижение уровня глюкозы и инсулина в крови [6]. На кафедре биотехнологий продуктов питания из растительного и животного сырья была разработана рецептура печенья для лиц, имеющих повышенный риск развития сахарного диабета 2 типа с полной заменой сахара на аллюлозу. Готовые образцы сдобного печенья оценивались по химическому составу и органолептическим показателям (табл. 1 и 2).

Таблица 1. Химический состав печенья из пшеничной муки высшего сорта и сахарной пудры и печенья из пшеничной муки высшего сорта с аллюлозой

Наименование	На 100 г продукта	
	Пшеничная мука и сахарная пудра	Пшеничная мука и аллюлоза
Энергетическая ценность, ккал	480	367
Белки, г	7,9	7,9
Жиры, г	20,6	20,6
Углеводы, г	65,9	63,6
Клетчатка, г	1,7	1,7

Из таблицы 1 видно, что замена сахара на аллюлозу приводит к незначительному снижению углеводов, но при этом практически не содержит глюкозу.

Таблица 2. Органолептические показатели печенья

Наименование показателя	Характеристика печенья	
	Пшеничная мука и сахарная пудра	Пшеничная мука и <u>аллюлоза</u>
Вкус и запах	выраженные, свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, без посторонних привкуса и запаха	выраженные, присутствует легкая горечь в послевкусии, без посторонних привкуса и запаха
Форма	не расплывчатая, без вмятин, вздутий и повреждений края	не расплывчатая, без вмятин, вздутий и повреждений края
Поверхность	гладкая, не подгорелая, без вздутий, нижняя поверхность ровная	гладкая, не подгорелая, без вздутий, нижняя поверхность ровная
Цвет	равномерный, светло-соломенный	равномерный, светло-коричневый
Вид в изломе	пропеченное печенье с пористой структурой, без пустот и следов <u>непромеса</u>	пропеченное печенье с пористой структурой,

Анализ органолептических характеристик показал, что добавление аллюлозы не ведет к снижению качества готового сдобного печенья и лишь незначительно влияет на вкус изделия.

В результате проведенных исследований, был дан сравнительный анализ подсластителей, обоснован выбор аллюлозы в качестве замены сахара. Получены результаты, демонстрирующие влияние выбранного компонента на химический состав и органолептические показатели сдобного печенья.

Список источников

1. Евсеев А.Б. Польза и вред подсластителей в диетическом питании при сахарном диабете / А.Б. Евсеев // Бюллетень науки и практики. – 2020. №9. – С. 193-197.
2. Иванова Подходы к разработке специализированных мучных кондитерских изделий для питания беременных и кормящих женщин / Н.Г. Иванова, И.А. Никитин, А.А. Терехова // Хлебопродукты. – 2022. – № 2. – С. 36-41. – DOI 10.32462/0235-2508-2022-31-2-36-41.
3. Пути формирования пищевой ценности булочных изделий профилактического назначения для работников, занятых умственной деятельностью / Н.Г. Иванова, Г.В. Поснова, М.В. Клоконос, Л.Н. Сярова // Проблемы развития АПК региона. – 2024. – № 3(59). – С. 157-164. – DOI 10.52671/20790996_2024_3_157
4. Самойлов А.В. Оценка последствий токсических эффектов пищевых подсластителей методом биотестирования. Пищевые системы: журнал / А.В. Самойлов, Н.М. Сураева, М.В. Зайцева. – Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, 2023. – С. 95-102.
5. Основные направления повышения конкурентоспособности функциональных продуктов питания / С.А. Шеламова, С.Н. Коновалова, Н.М. Дерканосова, О.А. Сергеева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 15. – №. 3. – С. 219-228.
6. Nenasheva E.V. Comparative analysis of various sweeteners in terms of their effects on the human body / E.V. Nenasheva, A.V. Borisova. – Samara State technical University, 2021. – С. 124-137. – DOI 10.37493/2307-910X.2021.4.14.
7. Zhou Chen Recent Advances Regarding the Physiological Functions and Biosynthesis of D-Allulose / Zhou Chen, Xiao-Dong Gao, Zijie Li // Front. Microbiol. 13:881037, 2022. – P. 1-12. – Doi: 10.3389/fmicb.2022.881037.
8. Global Diabetes data report 2000 – 2045. Электронный ресурс. Режим доступа <https://diabetesatlas.org/data/en/world/> (дата обращения 13.11.2024 г.)

© Иванова Н.Г., Лесникова В.Д., 2024

УДК 633.853.494:631.524.84 (478)

Стоянова Елена Михайловна

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко», доцент,
кандидат сельскохозяйственных наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: atf-pgu2021@mail.ru

Пазяева Татьяна Владимировна

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко», доцент,
кандидат сельскохозяйственных наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: pazyaevat@mail.ru

Сорочан Михаил Викторович

ООО «Экспедиция-Агро», агроном, Приднестровье, Слободзея,
e-mail: s77793453@gmail.com

Продуктивность гибридов озимого рапса в зависимости от схемы посева в условиях ООО «Экспедиция-Агро» Слободзейского района

Аннотация. В статье приведены результаты производственных трехлетних исследований в Слободзейском районе Юго-Восточного Приднестровья по выявлению влияния схем посева на продуктивность гибридов озимого рапса. Приведены данные наблюдений за ростом, развитием и продуктивностью озимого рапса трех гибридов в зависимости от ширины междурядий. Определяли наступление фаз вегетации, биометрические показатели, урожайность и экономическую эффективность гибридов. В период исследований погодные условия были неоднородными, что повлияло как на рост, развитие, так и на продуктивность гибридов. Установлено, что в агрофирме ООО «Экспедиция-Агро» выгодно возделывание всех трех гибридов озимого рапса Аверон, Амбассадор, Архитект при оптимальной схеме посева с междурядьем 25 см.

Ключевые слова: рапс, междурядья, схемы посева, биометрические показатели, урожайность, экономическая эффективность.

Stoyanova Elena M.

State Educational Institution "T.G.Shevchenko Pridnestrovian State University",
Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: atf-pgu2021@mail.ru

Pazyayeva Tatyana V.

State Educational Institution "T.G.Shevchenko Pridnestrovian State University",
Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: pazyaevat@mail.ru

Sorochan Mikhail V.

LLC "Expeditsmiya-Agro", agronomist PMR, Slobodzeya,
e-mail: s77793453@gmail.com

Productivity of winter rapeseed hybrids depending on the sowing scheme in the conditions of LLC "Expedition-Agro" Slobodzeya district

Abstract. The article presents the results of three-year production studies in the Slobodzeya region of Southeastern Transnistria to identify the impact of sowing schemes on the productivity of winter rapeseed hybrids. The data of observations on the growth, development and productivity of winter rapeseed of three hybrids, depending on the row spacing, are presented. The onset of vegetation phases, biometric indicators, yield and economic efficiency

of hybrids were determined. During the research period, weather conditions were heterogeneous, which affected both the growth, development, and productivity of hybrids. It was found that in the agrofirma LLC "Expedition-Agro" it is advantageous to cultivate all three hybrids of winter rapeseed Averon, Ambassador, Architect with an optimal sowing scheme with a row spacing of 25 cm.

Keywords: rapeseed, row spacing, sowing schemes, biometric indicators, yield, economic efficiency.

Одной из наиболее продуктивных и дающих стабильные урожаи масличной культурой, является озимый рапс, не только повышающий урожаи последующих культур, но и как фитомелиорант и фитосанитар, оздоравливающий почву [5, 6]. Значение рапса в обеспечении продовольственной безопасности Приднестровья трудно переоценить – это источник валютных поступлений, благодаря экспорту маслосемян, бюджетообразующая культура с высокой экономической ценностью и множеством применений в использовании.

Рапс предъявляет высокие требования к условиям выращивания, необходимо обеспечить затраты на удобрения, орошение, защиту растений и т.д. [1, 6].

Продуктивность рапса зависит от элементов технологии выращивания, таких как сроки, способы, схемы посева, ширины междурядий, нормы высева, густоты стояния растений, а также от современного технического обеспечения. От схемы посева зависит фитосанитарное состояние посевов, продуктивность и урожайность озимого рапса.

Материалы и методы исследований. Цель исследований: определить влияние схем посева на продуктивность трех гибридов озимого рапса.

Объект исследований: озимый рапс гибридов Аверон, Амбассадор, Архитект.

Исследования проводили в 2022-2024 годах в производственных опытах на полях ООО «Экспедиция-Агро» Слободзейского района. Площади, занятые гибридами озимого рапса, изменяли по годам: 2022 – 134 га, 2023 – 116 га, 2024 – 240 га.

Методы исследований: полевые, лабораторные. Закладка опытов, наблюдения и учеты осуществляли согласно методики полевого опыта Б.А. Доспехова [2]. Опыты 2-факторные в 3-х повторностях. Учетная площадь делянки 10 м². Биологическую урожайность определяли с площадок в 1 м², хозяйственную – со всей площади делянки. Предшественник – озимая пшеница. Посев проводили с междурядьями 19, 25 и 45 см, на глубину 2-3 см, обеспечивая густоту стояния 400 тыс./га.

Наблюдения и учеты на опытном участке:

- фенологические наблюдения по фазам роста и развития осуществлялись визуальным способом [4, 8];
- биометрические измерения на основе Методики Государственного сортоиспытания;
- учет урожая рапса озимого;
- расчет экономической эффективности возделывания озимого рапса по общепринятой методике.

Агротехника в опытах. Озимый рапс в хозяйстве высевается после озимых зерновых культур. Возделывание озимого рапса в условиях орошения проводится согласно агротехнологическому плану, разработанному в ООО «Экспедиция-Агро», и включает следующие этапы:

1. Обработка почвы под посев на орошении состоит в проведении дискования после уборки предшественника. Для подготовки почвы используют John Deere 9 плюс дисковая борона Challenger.

2. Семена гибридов для посева поступают протравленными, но дополнительно их протравливают Гаучо (6 кг/т). Посев проводили комплексом: трактор John Deere 8 плюс сеялки Vanderstadt или Great Plains. Посев гибридов озимого рапса на орошении осуществляли с 5 по 15 сентября. При посеве вносили удобрения ($N_{20}P_{20}K_{13}$) из расчета 120 кг/га.

3. Проводили 2 полива, первый нормой 300 м³/га, через неделю второй – 250 м³/га.

4. После появления 2-х семядольных листьев внесение гербицидов против двудольных сорняков – Сальса (25 г/га), злаковых – Миура (0,8 л/га).

5. Осенью перед уходом в зиму для торможения роста (при 8 листьях) обрабатывали посевы препаратом Фоликур (0,75 л/га) плюс бор (2-3 кг/га).

6. В период вегетации проводили 3 подкормки КАС+S (сера) по 100 кг/га в соотношении 4:1 (4 кг N+ 1 кг S).

7. Для защиты от вредителей и болезней осенью края полей обрабатывали препаратами Фостак (100 г/га), весной все площади – Калипсо (0,25 л/га), Квадрис (0,6 л/га), Фоликур (0,8 кг/га) самоходным опрыскивателем New Holland.

8. К уборке приступали с 1 июля комбайнами New Holland или Claas при влажности семян рапса 7-8%.

Результаты и обсуждение. Важнейшим фактором количественных и качественных показателей продуктивности рапса является подбор оптимальной ширины междурядий. В загущенных и изреженных посевах наблюдается недобор урожая по сравнению с оптимальной густотой. Более высокая урожайность семян у гибридов при разреженной схеме посева получается благодаря эффекту гетерозиса и способности

к формированию большого количества боковых побегов по сравнению с сортами [1].

Линейка гибридов, выращиваемых в хозяйстве, отличается примерно одинаково стабильной урожайностью в течение нескольких лет. Это объясняется генетическими характеристиками гибридов, за счет которых они более результативно, чем сорта, компенсируют различные сезонные погодные условия и особенности зоны выращивания [7].

Погодные условия в годы исследований были неоднородными и оказывали влияние на рост и развитие растений озимого рапса в течение вегетации. Осенне-зимний период 2022 года был более холодным ($-0,1 + 11,9^{\circ}\text{C}$) по сравнению с 2023-2024 годами ($2,4-14,6^{\circ}\text{C}$ и $0,4-11,8^{\circ}\text{C}$, соответственно), но температуры не опускались ниже 0°C , что положительно сказалось на ранневесеннем возобновлении вегетации.

Фенологические наблюдения показали, что на появление и массовую всхожесть растений рапса озимого схемы посева влияния не оказали. Всходы появились на 7-8 день (12-13.09).

Весеннее возобновление вегетации рапса во все годы исследований наступало рано, в конце февраля-начале марта, когда температура воздуха составляла всего $+2,6^{\circ}\text{C}$.

Массовое отрастание весной отмечено 6-10.03 в 2022 году и с 25.02 по 28.02 в 2023 и 2024 годах, независимо от гибрида. На массовое цветение оказали влияние, как погодные условия, так и ширина междурядий. Массовое цветение отмечено 1-5 мая в 2022 году, 3-8 мая в 2023-2024 годах. Хозяйственная спелость зафиксирована 22-25.06, к уборке приступали 1-3 июля. При более загущенных посевах все фазы на 1-4 дня дольше, однако, период вегетации был практически одинаковым (285-287 дней) и зависел от погодных условий. У гибрида Архитект все фазы в годы исследований наступали на 1-3 дня раньше.

Определение морфологических показателей гибридов при уходе в зиму показало более слабое развитие растений в 2022 году на всех вариантах, так как ноябрь-январь были более холодными, с ночными заморозками, часть растений вымерзла еще до ухода в зиму.

Биометрические измерения растений, проведенные перед уходом в зиму, выявили зависимость роста и развития растений, как от гибрида, так и от ширины междурядий. Растения гибрида Амбассадор в годы исследований были развиты лучше, их высота достигала 29,9-32,2 см, облиственность на уровне 8,3-9,0 штук на растении, масса растений составила 25,5-29,1 г. Высота растений у всех гибридов была выше при более загущенных посевах, однако, диаметр корневой шейки, масса надземной массы и корней уменьшалась.

Более продуктивным по всем показателям является Амбассадор F_1 , сформировавший в среднем 8,6-9 боковых ветвей на растении, 47,2-51,1

стручка на каждой ветви и самая высокая масса 1000 семян (4,6-5,4 г.). Эти показатели у гибрида Амбассадор больше при широких междурядьях. При ширине междурядий 19 см урожайность гибрида Амбассадор – 47,2 ц/га семян, что превысило на 5,4-6,7 ц/га гибриды Аверон и Архитект, соответственно. Аналогично при междурядье 25 см – 48,0 ц/га (на 2,5-3,8 ц/га), при 45 см – 46,6 ц/га (2,5-3,6 ц/га), но превышение недостоверно (табл. 1).

Экономическая эффективность определяется показателями урожайности на 1 га, производственными затратами, себестоимостью 1 ц продукции, прибылью или убытком с 1 га и окупаемостью затрат (уровень рентабельности). Расчет показателей экономики показал, что уровень рентабельности всех гибридов высокий, но у гибрида Амбассадор уровень доходности был выше, чем двух других гибридов на 28,3 (Аверон), 30,8% (Архитект) (табл. 2).

Таблица 1. Качественные показатели гибридов озимого рапса в зависимости от схемы посева (среднее за 3 года)

Гибрид	Количество ветвей на 1 растении, шт.	Количество стручков на 1 ветви, шт	Масса 1000 семян, г.	Урожайность, ц/га
Междурядье 19 см				
Аверон	8,3	42,4	4,3	43,5
Амбассадор	8,6	47,2	4,6	47,2
Архитект	7,8	41,6	4,2	42,8
Междурядье 25 см				
Аверон	8,2	43,7	4,5	45,5
Амбассадор	8,7	48,6	5,3	48,0
Архитект	8,1	45,9	4,8	44,2
Междурядье 45 см				
Аверон	8,7	47,9	4,6	43,0
Амбассадор	9,0	51,1	5,4	46,6
Архитект	8,6	45,8	4,9	44,1

НСР₀₉₅

4,09

Таблица 2. Экономическая эффективность возделывания гибридов озимого рапса в ООО «Экспедиция-Агро» (2022-2024 гг.)

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Гибрид		
			Аверон	Амбассадор	Архитект
1.	Площадь	га	149	190	153
2.	Урожайность	ц/га	44,0	47,3	43,7
3.	Валовый сбор	тонн	655,6	898,7	668,6
4.	Затраты на ед. площади	у.е./1 га	595,0	595,0	595,0
5.	Всего затраты.	у.е.	88 655,0	113 050,0	91 035,0
6.	Цена реализации	у.е./1 т.	510,0	510,0	510,0
7.	Доходы	у.е.	334 356,0	458 337,0	340 986,0
8.	Прибыль	у.е.	245701,0	345 287,0	249 951,0
9.	Уровень рентабельности	%	277,1	305,4	274,6

Таким образом, оптимальной шириной междурядий является 25 см при норме высева 400 тыс./га, так как качественные показатели растений и урожайность всех гибридов самая большая. Экономические расчеты показали, что в агрофирме ООО «Экспедиция-Агро» выгодно возделывание всех трех гибридов озимого рапса Аверон, Амбассадор, Архитект при оптимальной схеме посева, но эффективнее выращивание Амбассадор F₁.

Список источников

1. Рапсовое поле Беларуси / Агейчик, В. В. [и др]. – Минск, 2005. – Вып. 5.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Альянс, 2014. – 351 с.
3. Маковски Н. Управление посевами в осенний период / Н. Маковски // Сейбіт. – 2001. – №3. – С.10.
4. Методика фенологических наблюдений за растениями. – URL: <https://fenolog.rgo.ru/page/metodika-fenologicheskikh-nablyudeniya-za-rasteniyami> - (дата обращения: 10.12.2022). – Текст: электронный.
5. Пазяева Т.В. Влияние минимальной обработки почвы на продуктивность озимого рапса / Т.В. Пазяева, А.Д. Пилипенко // Аграрная наука и образование – основа успешного развития АПК Приднестровья: мат-лы науч.-практ. конф. – Тирасполь: АТФ ПГУ, 2016. – С. 63-66.
6. Народнохозяйственное значение озимого рапса. – URL: <https://rosng.ru/post/content-narodnohozyaystvennoe-znachenie-ozimogo-rapsa?ysclid=17xoqkj4rb14514673>. – Текст: электронный.
7. Технология выращивания озимого рапса. ГБУ КК «Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр». – URL: <http://www.kaicc.ru/sites/default/files/raps.pdf>. – Текст: электронный.
8. Фазы развития озимого рапса осенью. – URL: <https://zeltoday.ru/fazy-razvitiya-ozimogo-rapsa-osenyu/?ysclid=lc6ojxvya832203855>. – Текст: электронный.

© Стоянова Е.М., Пазяева Т.В., Сорочан М.В., 2024

УДК 664.661.3:664.66.022.39

Иванова Наталья Геннадьевна

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), кафедра биотехнологий продуктов питания из растительного и животного сырья, доцент, кандидат технических наук, Россия, Москва, e-mail: n.ivanova@mgutm.ru

Суслова Дарья Олеговна

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), кафедра биотехнологий продуктов питания из растительного и животного сырья, студент, Россия, Москва, e-mail: darya_su.179@mail.ru

Разработка технологии хлебобулочных изделий для людей с низким иммунитетом

Аннотация: В статье проведен обзор факторов, влияющих на состояние иммунитета. Представлены результаты по разработке сдобных хлебобулочных изделий с порошками водорослей спирулины, фукус, а также была проведена замена с масла сливочного на рыжиковое. Была проведена органолептическая оценка и посчитана пищевая ценность готовых изделий. Разработанные изделия можно рекомендовать для людей с низким иммунитетом.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, спирулина, фукус, иммунитет, водоросли, витамины.

Ivanova Natalia G.

Moscow state University of technology and management. K. G. Razumovsky (PKU), Department of biotechnology of food from plant and animal raw materials, associate professor, candidate of technical Sciences, Russia, Moscow, e-mail: n.ivanova@mgutm.ru

Suslova Darya O.

Moscow state University of technology and management. K. G. Razumovsky (PKU), Department of biotechnology food from plant and animal raw materials, Bachelor's student, Russia, Moscow, e-mail: darya_su.179@mail.ru

Development of the technology of bakery products for people with low immunity

Abstract: The article provides an overview of factors affecting the state of immunity. The results of the development of rich bakery products with powders of spirulina algae, fucus are presented, and a replacement was made from butter to camelina oil. An organoleptic assessment was carried out and the nutritional value of the finished products was calculated. The developed products can be recommended for people with low immunity.

Keywords: bakery products, spirulina, fucus, immunity, algae, vitamins.

Микробная экосистема человека способствует выполнению многочисленных функций организма, например переработке питательных веществ, регулированию накопления жира, а также защите от патогенов.

Иммунитет представляет собой защитный механизм, который помогает организму противостоять вирусам. Этот механизм взаимодействует на функциональную активность клеток иммунной системы, имеет значительное регулирующее воздействие и в основном оказывает свои воздействия в зоне воспаления. Вход вируса в организм заставляет иммунную систему перейти в более активный режим работы. Ключевым событием, которого является контакт патогена с клетками [3].

Примерно у 70 % населения, проживающего в крупных городах и некоторых регионах РФ, присутствуют признаки снижения иммунитета. Это в основном связывают с неправильным питанием населения, с их образом и условиями жизни [6].

Доступность разнообразных вариантов иммунной защиты должна повысить борьбу организма с опасными бактериями, которые снижают иммунитет. Для этого эффективным путем решения является создания специализированных продуктов питания и технологий пищевой продукции для улучшения состояния здоровья людей, так и защиту их от болезней на фоне ухудшения экологической обстановки [4].

Наиболее простым способом снижения риска проявления проблем с иммунитетом, является введения в рацион продуктов питания с повышенной пищевой ценностью. Недостаток витаминов в питании современного человека становится одной из наиболее часто встречающихся причин ослабления иммунной системы [2].

Многими исследователями отмечается, что для правильной работы иммунной системы необходимыми являются витамины А, С, Е, В₁₂, В₆, D, К, и фолиевая кислота. Пополнение запасов дефицита витаминов в организме способствует положительному влиянию на иммунную систему [5].

В настоящее время широкомасштабные программы по оздоровлению населения решаются через хлеб и хлебобулочные продукты, так как они в России традиционно являются основным продуктом питания. В связи с этим, разработкам хлебных изделий с заданными свойствами уделяется большое внимание.

Цель работы заключалась в разработке хлебобулочных изделий повышенной витаминной ценности для людей с низким иммунитетом. Для этого в состав продукта были введены микронизированный порошок водорослей спирулина и фукус. Микроводоросли обладают невероятными полезными свойствами для растений, способствуют укреплению иммунитета и улучшению здоровья [1]. Полисахарид водорослей фукус – фукоидан способен убивать вирусы и бороться с инфекциями, помогает иммунной системе нейтрализовать чужеродные образования, предотвращать излишнее сгущение крови [7].

Были изготовлены сдобные хлебобулочные изделия по стандартной рецептуре. В нее входят такие компоненты как: мука первого сорта, сахар рафинированный, масло сливочное, вода питьевая, дрожжи хлебопекарные прессованные, соль пищевая. Дополнительным сырьем выступали порошки микроводорослей спирулины и фукуса в соотношении 4:10. Масло сливочное 72,5% заменили на масло рыжиковое с целью повышения содержания в продукте жирных кислот семейства омега-3.

В процессе изготовления хлебобулочных изделий были проведены следующие операции: подготовка сырья, дозирование и замес теста далее брожение теста, формование (округление), расстойка полуфабрикатов, смазывание поверхности тестовых заготовок меланжем, выпечка и последующее охлаждение.

После остывания сдобных хлебобулочных изделий, была проведена оценка их качества. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика показателей качества сдобного хлебобулочного изделия с водорослями

Наименование показателя	Характеристика показателя
Органолептические	
Внешний вид:	
Форма	Не расплывчатая, без притисков, закругленная с выпуклой верхней коркой.
Поверхность	Глянцевая
Цвет	Темно-коричневый. В местах надрезов, складок, соединения шариков - зеленоватая.
Состояние мякиша:	
Пропечённость	Пропечённый, не влажный на ощупь, при лёгком сжатии пальцем между верхней и нижней корками мякиш принимает первоначальную форму.
Промес	Без комочков и следов непромеса
Пористость	Развитая, без пустот и уплотнений
Вкус	Сдобный, небольшая сладость, с небольшим привкусом рыжикового масла
Запах	Свойственный данному виду изделий с небольшим запахом рыжикового масла
Физико-химические	
Влажность мякиша, %	38,0
Кислотность мякиша, град	2,0

При добавлении рыжикового масла запах и привкус водорослей уменьшился. Результаты показали, что хлебобулочные изделия соответствует требованиям ГОСТ Р 57935-2017.

Была просчитана степень покрытия суточной потребности взрослого человека в некоторых витаминах при употреблении 100 г разработанного сдобного хлебобулочного изделия с водорослями (рис. 1).

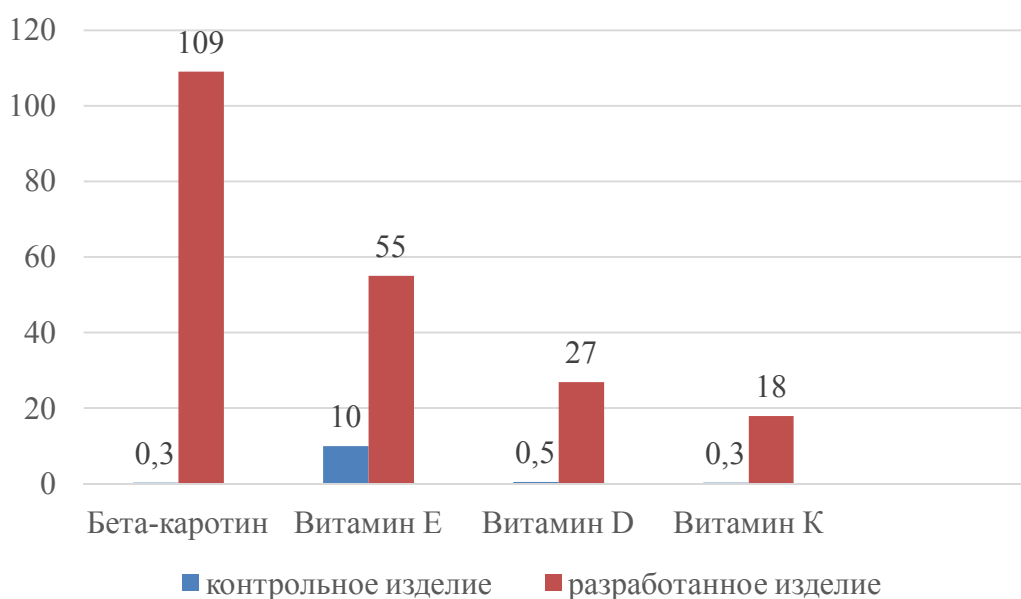


Рис. 1.

Химический состав сдобного хлебобулочного изделия

По данным рисунка можно увидеть, что внесение фукуса и спирулины в соотношении 10:4, а также рыжикового масла в рецептуру способствует покрытию потребности взрослого человека в β -каротине на 100%, в витамине Е на 55%, витамине D на 27% и витамине К на 18%.

Таким образом, предложенный состав для приготовления хлебобулочных изделий обеспечивает комплекс полезных веществ готовому изделию, способствует сохранению здоровья и повышению качества жизни населения и позволяют рекомендовать их для включения в рационы питания с лечебно-профилактической целью.

Список источников

1. Использование водорослей для создания фитосанитарных продуктов / А.А. Дерканосова, А.В. Дранников, С. Ншимиримана [и др.] Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2023. – Т. 85, № 4. – 102-108 с.
2. Кучергин Н.И. Факторы, влияющие на иммунитет человека, и способы его укрепления / Н.И. Кучергин // Молодой ученый. – 2022. – № 2(397). – С 60–62.
3. Неспецифичные и специфичные механизмы антиинфекционного иммунитета / А.М. Земсков, В.А. Земскова, Т.А. Бережнова [и др.] // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 176-183.
4. Пути формирования пищевой ценности булочных изделий профилактического назначения для работников, занятых умственной деятельностью / Н.Г. Иванова, Г.В. Поснова, М.В. Клоконос, Л.Н. Сярова // Проблемы развития АПК региона. – 2024. – № 3(59). – С. 157-164. – DOI 10.52671/20790996_2024_3_157

5. Поснова Г.В. Разработка технологии хлебобулочного изделия пшты с повышенной пищевой ценностью / Г.В. Поснова, Н.Г. Иванова // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2024. – Т. 27, № 3. – С. 400-411. – DOI 10.21443/1560-9278-2024-27-3-400-411.

6. Саяпина А.С. Рациональное употребления пищи и его роли в системе организма / А.С. Саяпина, Э.А. Пьяникова // Технологии производства пищевых продуктов питания и экспертиза товаров: сб. науч. ст. 3-й междунар. науч.-практ. конф. – Курск: Университетская книга. 2017. – 149-152 с.

7. Stephen J. Immune boosting functional components of natural foods and its health benefits / J. Stephen, D. Manoharan, M. Radhakrishnan // Food Prod Process and Nutr 5, 61, 2023.

© Иванова Н.Г., Сулова Д.О., 2024

УДК 631.52:635.63

Шуляк Елена Александровна

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко», доцент кафедры Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, доцент, канд. с.-х. наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: helento4ka@mail.ru

Гороховский Виталий Фёдорович

ГУП «Приднестровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», зам. директора по науке, профессор, доктор с.-х. наук. Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: apis-agro@yandex.ru

Бадрак Екатерина Васильевна

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко», магистрант, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: badrakekaterina@gmail.com

Селекция на партенокарпию огурца

Аннотация. В статье рассматриваются особенности партенокарпии у огурца, её происхождение и значение для селекции. Изложены методы оценки партенокарпии, включающие расчёт коэффициента партенокарпии и анализ наследования признака у гибридов F1. Выявлены линии с высокой степенью партенокарпии (161, 167, 169), перспективные для создания гибридов F1.

Ключевые слова: огурец, гибрид, линия, родительская форма, партенокарпия.

Shulyak Elena Al.

State Educational Institution "T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University", Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: helento4ka@mail.ru

Gorokhovskiy Vitaly F.

State Unitary Enterprise "Pridnestrovian Scientific Research Institute of Agriculture", Deputy Director of Science, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: apis-agro@yandex.ru

Badrak Catherine V.

State Educational Institution "T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University",
undergraduate, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: badrakekaterina@gmail.com

Selection for cucumber parthenocarpy

Abstract. The article discusses the features of parthenocarpy in cucumber, its origin and importance for breeding. Methods for assessing parthenocarpy are described, including the calculation of the parthenocarpy coefficient and the analysis of the inheritance of the trait in F1 hybrids. Lines with a high degree of parthenocarpy (161, 167, 169) promising for the creation of F1 hybrids have been identified.

Keywords: cucumber, hybrid, line, parent form, parthenocarpy/

В настоящее время ассортимент партенокарпических гибридов огурца в защищённом грунте представлен образцами иностранного происхождения. Поэтому селекционная работа отечественных гибридов огурца партенокарпического типа весьма актуальна [3].

Исторически партенокарпия у огурца была обнаружена в Юго-Восточном Китае как результат спонтанной мутации. Партенокарпия не играет важной роли в эволюционном процессе. Отбор проводился преимущественно по длине плодов, а не по параметрам пыльцевой трубки. Это привело к тому, что у китайских сортов с плодами длиной от 30 до 80 см оплодотворялись лишь семечки на цветочном конце завязи, находящиеся на расстоянии 1-1,5 см от него. Остальные семечки и части плодов постепенно атрофировались в ходе эволюции [4].

Изначально партенокарпия была присуща сортам с длинными плодами. Однако скрещивание таких сортов с короткоплодными пчелоопыляемыми видами привело к ослаблению связи между признаками длинноплодности и партенокарпии [2].

Гормональная природа партенокарпии делает её зависимой от внешних условий и возраста растения. Этот признак может проявляться в различной степени: от сильной до слабой, начиная с первых цветков либо к завершению периода плодоношения. Благодаря способности партенокарпических огурцов формировать плоды без опыления, их урожайность определяется исключительно погодными условиями и применяемой агротехникой, а не активностью насекомых-опылителей. Если опыление всё же происходит, то в плодах частично формируются полноценные семена.

Одним из диагностических признаков партенокарпии считается строение венчика женского цветка. У ряда партенокарпических форм он дольше сохраняет свежесть по сравнению с непартенокарпическими сортами. У других форм венчик и чашечка недоразвиты, но долго остаются на развивающихся плодах. У гермафродитных партенокарпических форм

цветки прекращают развитие на стадии бутона, оставаясь на плодах до их полного формирования.

В качестве показателя проявления партенокарпии рекомендуется использовать коэффициент партенокарпии, рассчитываемый как отношение процента плодообразования без опыления к проценту плодообразования с опылением.

Наши исследования проводились в соответствии с «Методическими указаниями ВНИИССОК по селекции и семеноводству огурцов в защищенном грунте» и «Методическими указаниями по селекции огурцов» [5].

Оценку каждого образца по партенокарпии определяли по проценту завязывания плодов у двух групп растений (по 5 растений в каждой), в одной из которых (опытной) опыление всех пестичных цветков исключали путем изоляции их ватой, в другой (контрольной) опыление проводилось ежедневно с помощью опылителей.

Проявление признака партенокарпия оценивали по количеству плодов, выросших на одном растении без опыления при изолировании женских цветков до двадцатого узла по мере их формирования с самого начала цветения. Плоды, выращенные из завязей изолированных цветков, собирали в фазу технической спелости и отмечали количество засохших завязей.

По степени выраженности партенокарпии все образцы можно разделить на четыре основные группы:

1. К первой группе относятся сорта с ярко выраженной и стабильной партенокарпией, у которых коэффициент превышает 0,7.

2. Вторая группа включает образцы с умеренным уровнем партенокарпии, характеризующимся коэффициентом в диапазоне 0,4–0,7.

3. Третья группа представлена сортами, демонстрирующими слабое проявление партенокарпии, где коэффициент составляет менее 0,4.

4. К четвертой группе относят сорта, практически не обладающие партенокарпическими свойствами, но под воздействием внешних условий способные формировать отдельные партенокарпические плоды.

Показатель партенокарпии определяли по формуле Г.И. Вишневской и Н.Т. Роговой [1] и выражали в процентах:

$$P = \frac{A}{(A+B)} : \frac{a}{(a+b)} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где А – количество партенокарпических плодов, выросших без опыления в опытной группе;

В – количество засохших завязей в опытной группе без опыления;

а – количество плодов при опылении в контрольной группе;

v – количество засохших завязей при опылении в контрольной группе.
 Коэффициент партенокарпии вычисляли по формуле:

$$P = \frac{c}{c}, \quad (2)$$

где C – процент завязывания плодов в опытной группе без опыления;
 c – процент завязывания плодов в контрольной группе с опылением.

Степень доминантности признаков определяли по формуле F. Peter, K. Frey [6]

$$hp = \frac{F1-MP}{HP-MP} \quad (3)$$

где $F1$ – значение признака гибрида;

MP – среднее значение величин двух родителей;

HP – значение величин родителя с более высоким показателем.

Величины hp выше +1,01 и ниже -1,01 означают положительное и отрицательное сверхдоминирование; от +0,51 до 1,01 – положительное, от -0,51 до -1,0 – отрицательное доминирование, от -0,5 до +0,5 – промежуточное наследование (табл. 1).

Таблица 1. Проявление признака партенокарпии (плёночная теплица, 2023-2024 гг.)

Наименование образца	Количество завязей, шт.				Степень партенокарпии, %	Коэффициент партенокарпии	Степень доминантности партенокарпии
	завязавшихся		засохших				
	без опыления	при опылении	без опыления	при опылении			
Криспина	50	49	27	19	90	0,9	-
Линия 150	36	40	32	15	79	0,7	-
Линия 145	35	56	44	17	73	0,6	-
Линия 161	61	71	17	6	85	0,8	-
Линия 167	35	33	25	15	84	0,8	-
Линия 169	50	54	19	13	89	0,9	-
150x145	32	39	52	39	76	0,8	0
161x145	53	56	38	36	95	0,9	+0,19
167x145	33	40	45	43	87	0,9	+0,10
169x145	57	50	32	23	94	0,9	+0,15

Линии 161, 167 и 169 выделяются высокой степенью партенокарпии, с коэффициентом 0,8-0,9. При использовании родительских форм с

устойчивой и выраженной партенокарпией в гибридизации большинство полученных комбинаций проявляют положительный гетерозис.

Эффективность селекции в данном направлении во многом зависит от качества исходного генетического материала и точности применяемых методов отбора. Для получения гибридов F₁ с выраженной партенокарпией важно, чтобы обе родительские линии обладали высоким уровнем проявления этого признака. Если же скрещиваемые формы слабо различаются по данному параметру, в потомстве чаще всего наблюдается промежуточный тип наследования.

Наследование признака партенокарпии у гибридов первого поколения определяется генетическими характеристиками исходных форм. В зависимости от комбинации родительских генов проявление признака может варьироваться от положительного гетерозиса до промежуточного либо даже отрицательного доминирования.

Список источников

1. Вишневская Г.И. Методика определения степени партенокарпии у огурцов / Г.И. Вишневская, Н.Г. Рогова. – Труды НИИСХ Крайнего Севера, 1969. – Том II. – С. 220-222.
2. Дамбраускас Э. Создание и использование короткоплодных партенокарпических самоопыленных линий огурца / Э. Дамбраускас // Приоритетные направления в селекции и семеноводстве с.-х. растений в XXI веке: международная научно-практическая конференция. – Москва, 2003. – С. 192-195.
3. Коротцева И.Б. Селекция огурца на партенокарпию для весенних теплиц / И.Б. Коротцева, С.Н. Белов // Овощи России № 6. – М., – 2022. – С. 29-34.
4. Леонова А.В. Партенокарпия и её значение в селекции огурца: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Леонова Анна Владимировна. – Санкт-Петербург, – 2000. – 14 с.
5. Методические указания по селекции и семеноводству гетерозисных гибридов огурца. – М., ВНИИССОК, – 1985. – 56 с.
6. Peter, F. C. Genotypic correlation dominance and heritability of quantitative characters in oats / F.C. Peter, K.J. Frey // Crop Sci. Vol. 6. – № 3. – 1966. – P. 259-262.

© Шуляк Е.А., Гороховский В.Ф., Бадрак Е.В. 2024

Секция 3. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АПК

УДК 628.83

Бурменко Феликс Юрьевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, заведующий кафедрой машиноведения и технологического оборудования, доцент, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь, e-mail: burmenco@mail.ru

Звонкий Виталий Георгиевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, заведующий кафедрой автоматизированных технологий и промышленных комплексов, доцент, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь, e-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

Юсюз Валентина Петровна

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, старший преподаватель кафедры машиноведения и технологического оборудования, Приднестровье, Тирасполь, e-mail: yusyuz.valya@bk.ru

Яковец Инна Викторовна

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, доцент кафедры автоматизированных технологий и промышленных комплексов, доцент, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь, e-mail: inna.yakovets@mail.ru

Модель энергоэффективной системы утилизации тепловых потоков приточно-вытяжной вентиляционной установки

Аннотация. В статье рассматривается применение систем приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла для полезного использования энергетического потенциала отработанных потоков воздуха и снижения тепловых потерь в изолированном помещении. В результате была предложена принципиально новая конструкция приточно-вытяжной вентиляционной установки с утилизацией теплоты.

Ключевые слова: система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии, энергосбережение, энергоэффективность, эксплуатационные характеристики.

Burmenko Felix Yu.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Head of the Department of Mechanical Engineering and Technological Equipment, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol, e-mail: burmenco@mail.ru

Zvonkiy Vitaliy G.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Head of the Department of Automated Technologies and Industrial Complexes, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol, e-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

Yusyuz Valentina P.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Senior Lecturer, Department of Mechanical Engineering and Technological Equipment, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: yusyuz.valya@bk.ru

Yakovets Inna V.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Associate Professor of the Department of Automated Technologies and Industrial Complexes, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: inna_yakovets@mail.ru

A model of an energy-efficient heat flow utilization system for a supply and exhaust ventilation system

Abstract. The article discusses the use of supply and exhaust ventilation systems with heat recovery for the beneficial use of the energy potential of exhaust air flows and reducing heat losses in an isolated room. As a result, a fundamentally new design of the supply and exhaust ventilation system with heat recovery was proposed.

Keywords: supply and exhaust ventilation system with heat energy recovery, energy saving, energy efficiency, operational characteristics.

В настоящее время актуальным продолжает стоять вопрос о максимально эффективном сохранении тепла, оптимизации параметров вентиляционных систем, а также повышение энергосбережения. Это обуславливает внедрение в практику вентиляции и кондиционирования зданий и сооружений инновационных устройств, способных обеспечить снижение необходимого уровня энергопотребления при сохранении современных требований к тепловому комфорту.

Предлагаемое техническое решение относится к вентиляции и кондиционированию воздуха и может быть использовано преимущественно энергосберегающих вентиляционных устройствах – в системах рекуперации энергии передачей тепла между уносимым и подаваемым воздухом.

В структурный состав установок для рекуперации тепловой энергии уходящего вентиляционного воздуха, включены приточный воздухозаборный и вытяжной трубопроводы с вентиляторами и секциями последовательно соединенных теплообменников с проточными нагнетательной и циркуляционной ветвями и нагревательными элементами, регулятором температуры и циркуляционным насосом для рабочего теплоносителя [1]. Недостаток данного устройства заключается в том, что в качестве теплоносителя используется вода, прокачиваемая по трубкам теплового регенератора циркуляционным насосом.

Наиболее близкой к предлагаемому решению по технической сущности и достигаемому эффекту является установка утилизации тепловой энергии в централизованных системах кондиционирования воздуха [2], содержащая магистральные воздуховоды

приточного и вытяжного воздуха, воздухораспределительное устройство с системой управления, два параллельно подключенных блока, заполненных теплоаккумулирующей насадкой в виде цилиндрического корпуса с двумя парами окон, к которым подсоединены патрубки соединенные с воздуховодами, а внутри корпуса размещен подвижной стакан с приводом, поворот которого поочередно обеспечивает подключение теплоаккумулирующей насадки к магистральным воздуховодам приточного и вытяжного воздуха. Основным недостатком установки является сложность конструкции, обусловленная наличием четырех воздухораспределительных устройств с четырьмя поворотными стаканами и соответственно разветвленной системой воздуховодов. Кроме того, постоянные периодические стыковки-расстыковки поворотного стакана с воздуховодами не обеспечивают достаточной герметичности системы воздуховодов и соединения их с теплоаккумулирующей насадкой.

Целью настоящего исследования является повышения эффективности утилизации тепла уходящего воздуха и упрощение конструкции воздухораспределительного устройства. Поставленная цель достигается тем, что в установке для утилизации тепловой энергии в централизованных системах кондиционирования воздуха, содержащей магистральные воздуховоды приточного и вытяжного воздуха, воздухораспределительное устройство с блоком управления и два параллельно подключенных к нему теплоаккумулирующих блока, воздухораспределительное устройство выполнено в виде двух распределительных коробок, имеющих поворотные заслонки с приводным механизмом. Одна распределительная коробка размещена между теплоаккумулирующими блоками и вентилируемым объемом, другая – между теплоаккумулирующими блоками и магистральными воздуховодами приточного и вытяжного воздуха. Кроме того, теплоаккумулирующие блоки снабжены датчиками температуры вентиляционного воздуха, при этом приводной механизм поворотных заслонок и датчики температуры вентиляционного воздуха связаны с блоком управления воздухораспределительного устройства.

Сам приводной механизм состоит из шагового двигателя с дистанционным управляющим драйвером, связанным с датчиками температуры вентиляционного воздуха, что позволяет позиционировать поворотные заслонки в нужном положении для обеспечения изменения направления движения вентиляционного воздуха через теплоаккумулирующие блоки.

Выполнение воздухораспределительного устройства в виде двух распределительных коробок позволяет скоммутировать входы-выходы всех подающих и отводящих воздуховодов в одном месте

(распределительной коробке) и обеспечить тем самым постоянное и герметичное их соединение между собой без протечек.

Снабжение распределительных коробок поворотными заслонками, имеющими приводной механизм позволяет осуществлять герметичное перепоключение входов-выходов воздухопроводов к вентилируемому объему и обеспечивать реверсивное движение воздуха в теплоаккумулирующих блоках. Размещение одной распределительной коробки между теплоаккумулирующими блоками и вентилируемым объемом позволяет обеспечить постоянное движение потоков воздуха к зонту притока и от вытяжки, а также реверсивное движение воздуха к и от теплоаккумулирующим блокам. Размещение второй распределительной коробки между теплоаккумулирующими блоками и магистральными воздухопроводами приточного и вытяжного воздуха позволяет обеспечить постоянное движение потоков воздуха к магистральным воздухопроводам и реверсивное движение воздуха к и от теплоаккумулирующим блокам.

Оснащение теплоаккумулирующих блоков датчиками температуры вентиляционного воздуха дает возможность измерять эти параметры, вводить их в блок управления который в свою очередь вносит коррекцию в работу привода заслонок путем их синхронного поворота на 90^0 посредством приводного механизма. Выполнение приводного механизма из шагового двигателя с дистанционным управляющим драйвером, связанным с датчиками температуры вентиляционного воздуха, позволяют позиционировать поворотные заслонки в нужном положении синхронным одновременным их переключением для обеспечения изменения направления движения вентиляционного воздуха через теплоаккумулирующие блоки.

Сущность подхода поясняется на рисунке 1, где показана принципиальная конструктивно-технологическая схема установки с воздухораспределительным устройством с положением делительной заслонки при различных режимах движения вентиляционного воздуха через теплоаккумулирующие блоки.

Приточно-вытяжная вентиляционная установка с системой утилизации тепловой энергии вентиляционных выбросов (рис. 1), содержит воздухораспределительное устройство включающее секцию А подключенную к магистральным воздухопроводам притока 1 и вытяжки 2 и два теплоаккумулирующих блока 3 и 4 сообщающихся с вентиляционными коробками 5 и 6, при этом вентиляционная коробка 6 секции Б связана с вентилируемым объемом (помещением) 7 (насадками вытяжки 8 и притока 9) посредством воздухопроводов 10 и 11.

Вентиляционные коробки 5 и 6 снабжены поворотными заслонками 12 и 13 и оснащены приводным механизмом, а теплоаккумулирующие блоки 3 и 4 снабжены датчиками температуры вентиляционного воздуха,

при этом приводной механизм поворотных заслонок и датчики температуры вентиляционного воздуха связаны с блоком управления воздухораспределительного устройства. Для поступления в систему утилизации приточного воздуха служит подводящий воздуховод 14, а для удаления вытяжного воздуха отводящий воздуховод 15, а для прохождения утилизационного воздуха через теплоаккумулирующие блоки 3 и 4 служат рециркуляционные воздуховоды 16 – 19.

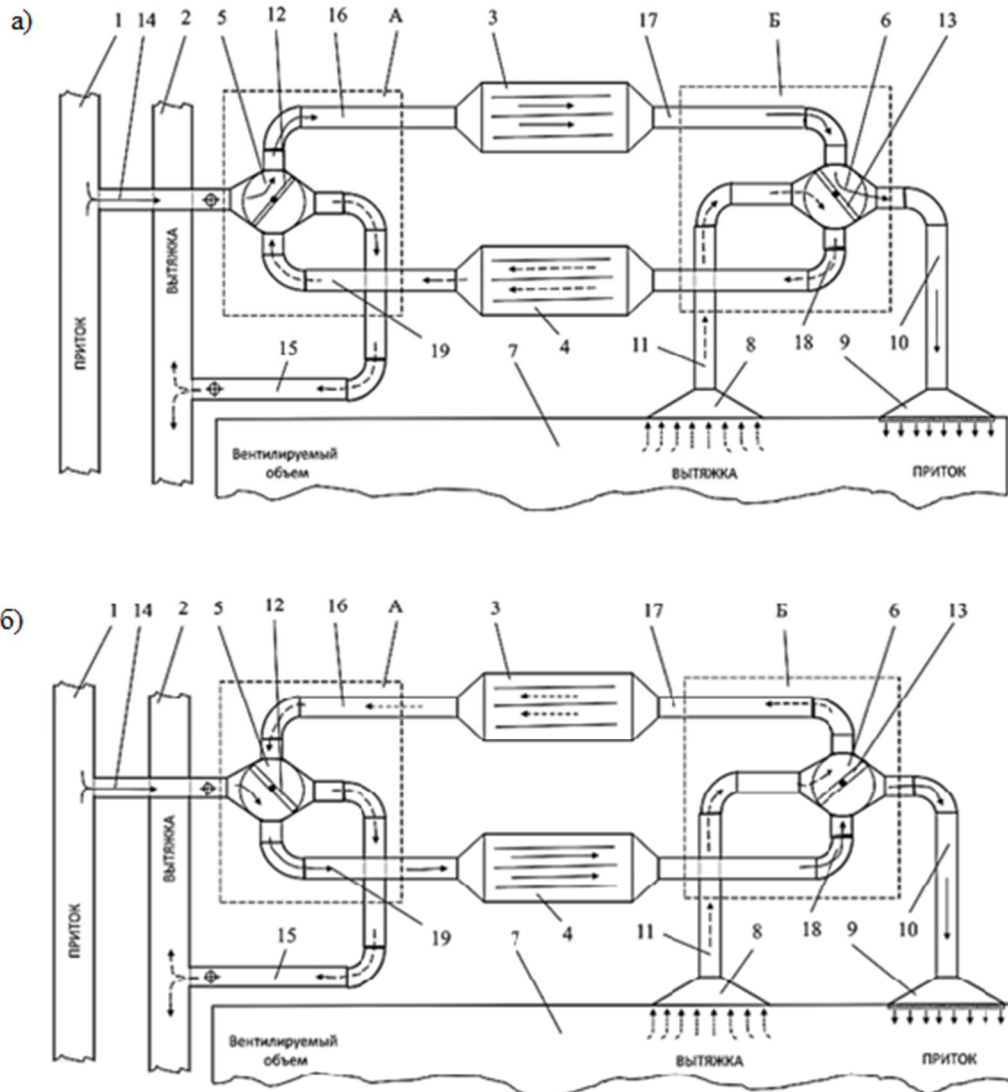


Рис. 1. Принципиальная конструктивно-технологическая схема установки

Для надлежащей работы приточно-вытяжной вентиляционной установки в магистральном воздуховоде притока 1 создается повышенное давление, а в воздуховоде вытяжки 2 повышенное, что обеспечивает воздухообмен в помещении 7, при этом «отработанный» теплый воздух, отбираемый из обслуживаемого помещения проходит через

теплоаккумулирующий блок 4 или через теплоаккумулирующий блок 3 (рис. 1б), где охлаждается, происходит их нагрев от тепла вентиляционного выброса (штрих-пунктирные линии со стрелками). С другой стороны, приточный свежий холодный наружный воздух из за пределов здания направляется в помещение и проходит через теплоаккумулирующий блок 3 (рис. 1а) или через теплоаккумулирующий блок 4 (рис. 1б), где происходит его нагрев от тепла переданного ему от теплоаккумулирующих блоков 3 и 4 (сплошные линии со стрелками).

При достижении блоком 4 заданной температуры (рис. 1б) или блоком 3 (рис. 1б), датчиками температуры вентиляционного воздуха, которые установлены в этих блоках и связаны с блоком управления воздухораспределительного устройства, выдается команда приводному механизму поворотных заслонок 12 и 13, которые их синхронно позиционируют в нужном положении переключением для обеспечения изменения направления движения вентиляционного воздуха через теплоаккумулирующие блоки. Цикл рекуперации тепла повторяется.

Такое техническое решение позволяет:

- повысить надёжность вентиляционной установки за счёт упрощения конструкции рекуперативного теплоутилизатора и обеспечения надлежащей герметизации воздуховодов с переключателем воздушного потока и упрощения механической части – необходим только один приводной механизм поворота двух заслонок;

- улучшить энергетическую эффективность вентиляционной установки за счёт сокращения потерь теплоты в окружающее пространство благодаря герметизации воздуховодов и обеспечения замкнутого рециркуляционного воздухообмена;

- создать необходимые параметры микроклимата помещения за счёт автоматизации процесса постоянного вентилирования с утилизацией теплоты воздуха;

- обеспечить небольшие габариты установки за счёт удаления из воздухоприготовительной системы четырех воздухораспределительных устройств с четырьмя поворотными стаканами и соответственно разветвленной системы воздуховодов заменив их простыми по конструкции вентиляционными коробками с поворотными заслонками и постоянно подключенными рециркуляционными воздуховодами.

Список источников

1. Патент RU № 82 822 U1, МПК F24F 3/147, опубл. 10.05.2009 г., бюл. № 17.
2. Патент RU 2 011 127 C1, МПК F 24 F 5/00, 3/147, опубл. 15.04.1994 г., бюл. №14.

УДК 621.3.078

Лакомов Игорь Вячеславович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
кафедра электротехники и автоматики, доцент, кандидат технических наук,
Россия, Воронеж,
e-mail: lakomov1960@yandex.ru

**Автоматическое регулирование мощности конденсаторной установки
по направлению реактивной мощности и по времени суток**

Аннотация. Рассмотрен способ автоматического регулирования конденсаторных установок по направлению реактивной мощности и по времени суток с целью поддержания требуемой мощности в течение суток, особенности способа, его преимущества и недостатки.

Ключевые слова: коэффициент мощности, качество электроэнергии, конденсаторные батареи, автоматическое регулирование, реле мощности, переток реактивной мощности, суточный график нагрузки.

Lakomov Igor V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Department of Electrical Engineering and Automation, Docent, Candidate of Technical
Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: lakomov1960@yandex.ru

**Automatic power control of the condenser unit in the direction of reactive
power and time of day**

Abstract. The method of automatic regulation of capacitor installations by load current in order to maintain the required power during the day, the features of the method, its advantages and disadvantages are considered.

Keywords: power factor, power quality, capacitor banks, automatic regulation, power relay, reactive power flow, daily load schedule.

Современное производство становится все более энергонасыщенным, новое технологическое оборудование предъявляет высокие требования к качеству электроэнергии. Одним из показателей качества является значение коэффициента мощности. Для повышения коэффициента мощности и качества электроэнергии в производстве широко применяются конденсаторные установки [5].

Электрооборудование различных производств со своей технологией в течение суток потребляет непрерывно изменяющееся количество электроэнергии, суточный график имеет свои минимумы и максимумы, а следовательно, потребность в реактивной мощности, вырабатываемой конденсаторными батареями для поддержания требуемого коэффициента мощности, также непостоянно. При этом снижение нагрузки на предприятии делает работу конденсаторной установки малоэффективной из-за роста электрических потерь.

Следует учитывать, что в ночное время работающие конденсаторные установки увеличивают и без того высокое напряжение в сети, что приводит к сокращению срока службы электрооборудования.

Для обеспечения экономичной работы конденсаторных установок применяют автоматическое регулирование их мощности. Автоматическое регулирование возможно одной установкой, и разу всеми конденсаторными батареями, такое автоматическое управление называют одно- или многоступенчатым [1].

Автоматическое управление мощностью конденсаторной установки может осуществляться путем изменения следующих параметров:

- напряжения в точке присоединения батареи конденсаторов;
- тока нагрузки на батарею конденсаторов;
- направления реактивной мощности в энергосистему или к батарее;
- рабочее время суток конденсаторной батареи.

Могут применяться и комбинированные схемы. Рассмотрим автоматическое регулирование мощности конденсаторной установки по направлению реактивной мощности и по времени суток [2].

Способ регулирования мощности конденсаторных установок по направлению реактивной мощности уступает по широте применения способам регулирования по напряжению на шинах подстанции и по току нагрузки, так как не всегда укладывается в экономичный режим работы предприятия.

Например, при максимальной нагрузке предприятия должны быть задействованы все конденсаторные установки на полную мощность, возможны перетоки реактивной мощности от потребителя в энергосистему. Это приводит к отключению некоторой части конденсаторных батарей, что крайне нежелательно.

Как правило, данный способ регулирования применяется на удаленных тупиковых подстанциях.

Для контроля направления реактивной мощности необходимо наличие реле со следующим вращающим моментом [3]

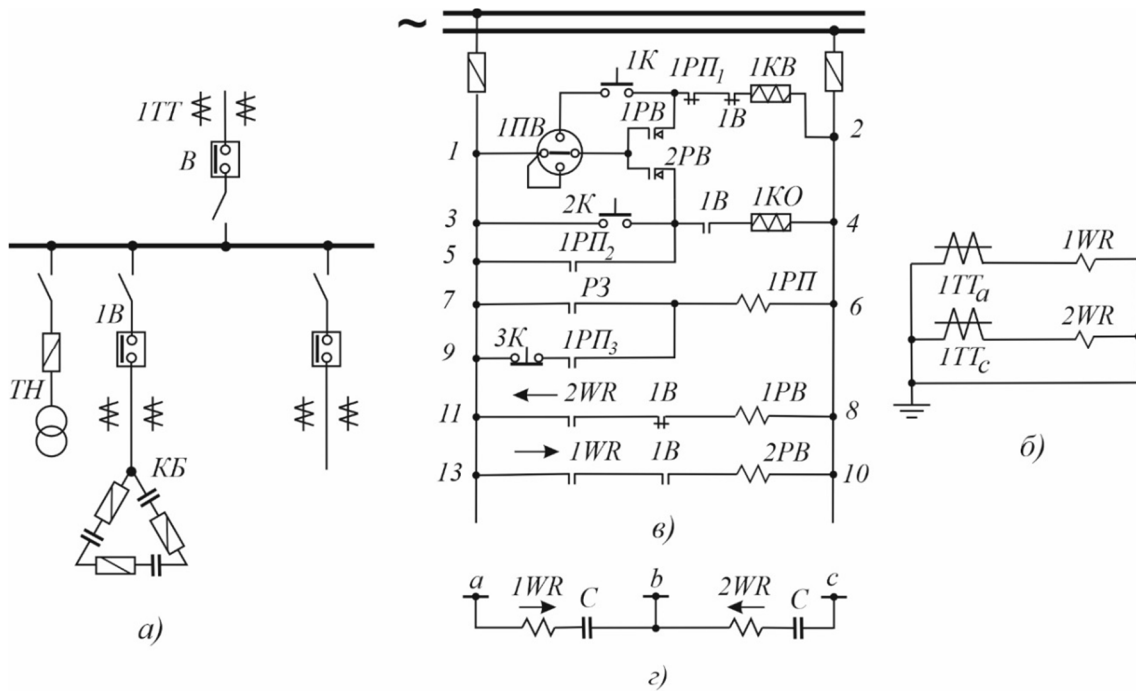
$$M_{вр} = KUI \sin \varphi,$$

где K – коэффициент пропорциональности;

U и I – напряжение (В) и ток (А) на зажимах реле;

φ – угол сдвига между током и напряжением.

Схема автоматического регулирования мощности конденсаторной батареи по направлению реактивной мощности приведена на рисунке 1.



a – схема подключения конденсаторной батареи к шинам подстанции; *б* – токовые цепи ввода для запуска автоматического регулирования конденсаторной батареи; *в* – цепи управления, защиты и автоматики конденсаторной батареи;
г – цепи трансформатора напряжения

Рис. 1. Принципиальная схема автоматического одноступенчатого регулирования конденсаторной установки по направлению реактивной мощности

Одним из таких реле в приведенной схеме используется реле мощности типа ИМБ-171/1 (*1WR* и *2WR*), которые технически перестроены в синусные за счет последовательного включения ёмкости величиной 9 мкф совместно с обмоткой напряжения реле *1WR* и *2WR* [4, 6].

Под воздействием вращающего момента реле *1WR* замыкает свой контакт при направлении реактивной мощности от подстанции к энергосистеме, а реле *2WR* – при направлении реактивной мощности от энергосистемы к подстанции.

Схема работает следующим образом: при отстающем коэффициенте мощности $\cos\varphi$, когда поток реактивной мощности направлен от энергосистемы к подстанции, реле *2WR* замыкает свои контакты в цепи 11 – 8, реле *IPB* срабатывает и с заданной выдержкой времени замыкает свой контакт в цепи 1 – 2, выключатель *IB* включается.

В случае выработки конденсаторной батареей больше реактивной мощности, чем требуется для потребителей подстанции, то поток реактивной энергии направлен от подстанции к энергосистеме. При изменении направления реактивной мощности реле *2WR* размыкает контакты, а реле *1WR* наоборот, замыкает контакты в цепи 13 – 10, реле *2PB* срабатывает, замыкает контакт в цепи 1 – 4 и выключатель *IB* отключается.

Для предупреждения включения и отключения конденсаторной батареи при кратковременном изменении направления реактивной мощности, устанавливается реле времени *1PB* и *2PB* с большой выдержкой времени.

Рассмотрим автоматическое регулирование мощности конденсаторной установки по времени суток.

Данный способ имеет наиболее широкое распространение, так как суточные графики предприятий с технологиями, работающими не один год, практически не меняются. Таким образом можно достаточно точно установить времена включения и отключения конденсаторной батареи.

В качестве пускового органа в схемах с автоматическим регулированием мощности конденсаторных батарей по времени суток используются электрические сигнальные часы с 24-часовой программой включения.

Многоступенчатое регулирование осуществляется с помощью одного комплекта электрических сигнальных часов. При этом используется три сигнальные цепи. Каждая сигнальная цепь используется для включения и отключения одной батареи конденсаторов. Все цепи включаются по заданной программе в разное время в течение суток, которое зависит от суточного графика конкретного предприятия. График включения составлен таким образом, чтобы в часы максимальной нагрузки были включены все три батареи [4, 6].

Принцип работы автоматического регулирования мощности конденсаторных установок в зависимости от времени суток отличается от работы аналогичных схем (по напряжению, по току, по направлению реактивной мощности) тем, что сигнал коммутации подают контакты электрических часов.

Список источников

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник / В.А. Андреев. – М.: Высшая школа, 1991. – 496 с.
2. Дорогунцев В.Г. Элементы автоматических устройств энергосистемы / В.Г. Дорогунцев, Н.И. Овчаренко. – М.: 1979. – 520 с.
3. Ильяшов В.П. Конденсаторные установки промышленных предприятий / В.П. Ильяшов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 152 с.
4. Красник В.В. Автоматические устройства по компенсации реактивных нагрузок в электросетях предприятий / В.В. Красник. – М.: Энергия, 1975. – 112 с.
5. Лакомов И.В. Техническое обслуживание электроустановок: учебное пособие / И.В. Лакомов, Ю.М. Помогаев, Д.Г. Козлов. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 152 с.
6. Лакомов И.В. Выбор оптимальных параметров линий электропередач / И.В. Лакомов, Ю.М. Помогаев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – №3. – С. 110 – 116.

УДК 004.77

Козлов Дмитрий Геннадиевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
кафедра электротехники и автоматики, доцент, кандидат технических наук,
Россия, Воронеж,
e-mail: dimvsau@mail.ru

Кобаев Алексей Юрьевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
магистр 2 курса агроинженерного факультета, Россия, Воронеж,
e-mail: kop896395@gmail.com

Интеллектуальная сеть электроснабжения Smart grid в АПК

Аннотация. В статье приведен анализ энергосберегающих технологий на основе интеллектуального управления сетями. Данная система позволяет вести зондирование и мониторинг питающей сети, а также осуществлять передачу данных по всей сети.

Ключевые слова: интеллектуальная энергосистема, интеллектуальные системы сбора данных, системы управления питанием, вычислительные системы энергосистемы

Kozlov Dmitry G.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Department of Electrical Engineering and Automation, Associate Professor, Candidate of
Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: dimvsau@mail.ru

Kobaev Alexey Yu.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
2nd year Master of Agricultural Engineering Faculty, Voronezh, Russia,
e-mail: kop896395@gmail.com

Smart grid intelligent power supply network in the agro-industrial complex

Abstract. The article provides an analysis of energy-saving technologies based on intelligent network management. This system allows you to probe and monitor the supply network, as well as transmit data throughout the network.

Keywords: intelligent power system, intelligent data acquisition systems, power management systems, computing systems of the power system

Молочное животноводство потребляет значительное количество энергии, что делает его самым энергоемким сектором в сельском хозяйстве. Высокое потребление энергии обусловлено частотой доения и энергозатратностью сбора молока, его охлаждения и очистки оборудования [1].

Вместе с тем энергоснабжение молочных ферм имеет свои специфические особенности. В частности основные пиковые нагрузки происходят в часы дойки, уровень энергопотребления в зимние месяцы возрастает в несколько раз, когда коровы находятся в стойлах и, особенно, в ночное время, что связано с периодом отела и выращиванием молодняка,

для чего используются инфракрасные и ультрафиолетовые осветители, различные теплообменники и т.д.

К устройствам с высокими энергетическими нагрузками также относят вентиляторы для коровников с открытым стойлом, водонагреватели, компрессоры, охладители, насосы для навоза и мойки высокого давления.

На долю вентиляторов приходится самый большой расход электроэнергии – от 30 до 60% от общего измеренного потребления электроэнергии [7]. Особенно если ферма использует резервуары для хранения молока, а не направляет его напрямую на рынок.

Использование освещения составляет от 10 до 25% от общего потребления электроэнергии, что говорит о возможности снижения потребления энергии путем модернизации до более эффективных систем освещения, таких как светодиоды [7].

Для отопления потребление энергии включает нагрев воды, нагревательные элементы в доильном зале и рабочих помещениях, а также нагреватели блока двигателя генератора. Среднемесячное потребление энергии на отопление молочной фермы составляет от 5%, до 30% от электроэнергии [7].

Поэтому вопросы энергосбережения в молочном животноводстве всегда остаются актуальными. Одним из путей энергосбережения, является оптимизация распределения электроэнергии с помощью автоматики и цифровых технологий.

Интеллектуальная сеть Smart grid – это инфраструктура распределения электроэнергии, которая обеспечивает двустороннюю связь между поставщиком коммунальных услуг и клиентами (рис. 1).

Традиционные односторонние электросети доставляют электроэнергию от источников генерации (электростанций) к конечным пользователям (предприятиям, фабрикам, домам). Поэтому раньше фабрики и предприятия должны были располагаться как можно ближе к источникам электроэнергии, которые они использовали. Только с созданием систем электросетей электричество стало возможным распределять на большие расстояния посредством сети линий электропередачи.

Сгенерированная энергия движется на распределительную подстанцию по этим линиям под высоким напряжением, чтобы минимизировать потери энергии. Оттуда распределительная сеть доставляет электроэнергию конечным пользователям. Распределительные подстанции выполняют важную работу по регулированию высокого напряжения линий электропередачи до более низкого напряжения, необходимого для распределения и использования.

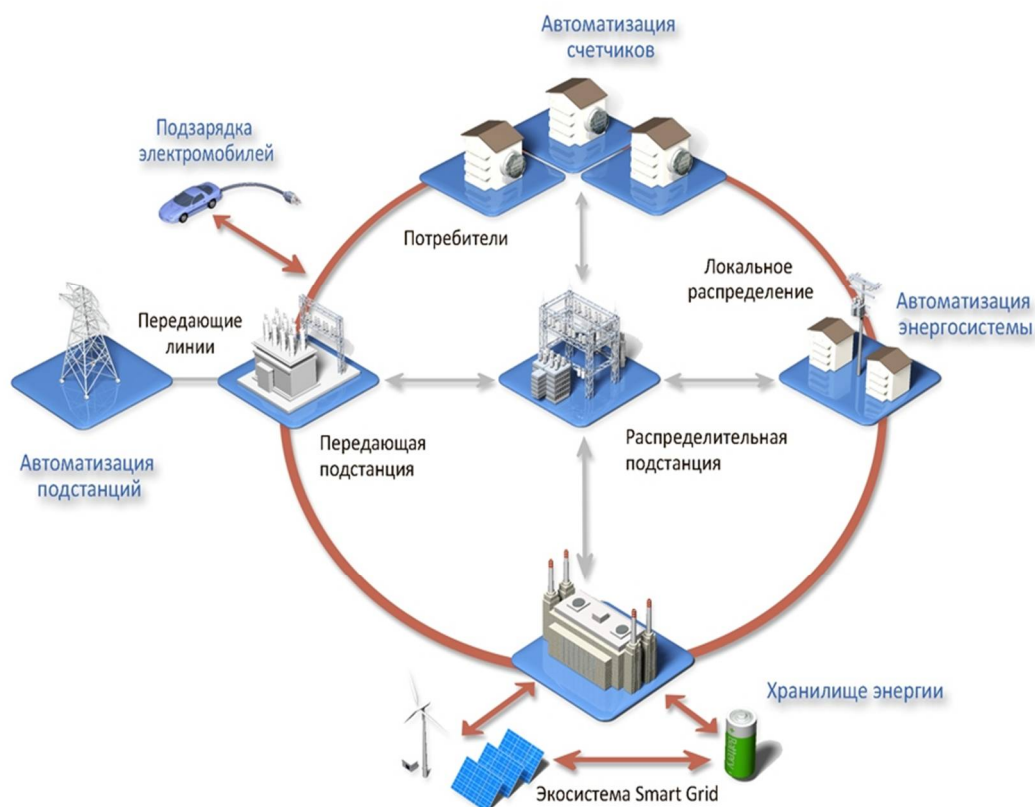


Рис. 1. Структура интеллектуальной энергосистемы Smart grid

Интеллектуальная сеть делает все то же, что и традиционная энергетическая сеть, однако она также действует как канал связи между поставщиками электроэнергии и пользователями. Она делает это с помощью технологии зондирования и мониторинга, а также передачи данных по всей сети.

Автоматизация интеллектуальной энергосистемы обеспечивается цифровыми технологиями, которые используют самые современные ИТ-инфраструктуры для управления каждым этапом цепи распределения электроэнергии. Например, автоматизированная энергосистема использует интеллектуальные системы сбора данных (интеллектуальные счетчики), системы управления питанием (интеллектуальные переключатели управления нагрузкой), аналитические инструменты, вычислительные системы и алгоритмы энергосистемы. Сочетание этих критических компонентов позволяет сети (или нескольким сетям) автономно настраиваться и оптимизировать себя с ограниченным взаимодействием со стороны людей [5, 6].

Умные счетчики – это первый шаг к построению интеллектуальной сети. Умные счетчики предоставляют данные о потреблении энергии в точке использования, как потребителю, так и производителю коммунальных услуг. Информация о потреблении и стоимости, которую

они предоставляют, с одной стороны помогает поставщикам оптимизировать распределение нагрузки по сети, с другой стороны предупреждает потребителя о необходимости сократить траты энергии впустую и помогает поставщикам оптимизировать распределение нагрузки по сети.

Умные счетчики включают в себя три основные подсистемы [3]:

- система питания, которая измеряет потребление энергии;
- микроконтроллер для управления технологией внутри умного счетчика;
- система связи, которая передает и получает данные о потреблении энергии/инструкции.

Кроме того, некоторые умные счетчики могут содержать резервное питание (на случай отключения электроэнергии на основной распределительной линии) и GSM-модули для точного определения местоположения счетчика в целях безопасности.

Хотя интеллектуальные счетчики могут предоставлять данные в режиме реального времени поставщикам энергии, они не контролируют ее распределение автоматически. Для оптимизации распределения во время пикового использования или в определенных регионах электроэнергетические компании требуются устройства управления питанием, такие как интеллектуальные переключатели управления нагрузкой и мощностью интегрированные в распределительные щиты [2].

Эта технология экономит значительные объемы энергии за счет сокращения ненужного распределения или автоматического управления нагрузками, которые превысили допустимые пределы времени использования. Проще говоря, интеллектуальные переключатели управления нагрузкой могут автоматически запускать распределение энергии (включение/отключение сети) в точке использования для оптимизации общего распределения системы и эффективности потребления.

Блоки векторных измерений PMU отслеживают колебания напряжения или тока, чтобы гарантировать, что поступающая в сеть мощность не повредит электроприборы. PMU выполняют 30–60 измерений в секунду, что является огромным улучшением по сравнению со старой технологией мониторинга.

Цифровые защитные реле осуществляют защитную функцию сети и электроприборов от перегрузки, короткого замыкания и аварийных ситуаций. Избыточный ток может повредить оборудование и является риском возгорания, но цифровые реле способны отреагировать в течение нескольких секунд, чтобы подать сигнал тревоги или включить автоматический выключатель.

При этом автоматические выключатели питания передают ток с перегруженной линии на ее менее нагруженную соседнюю линию, уравнивая нагрузку.

Умные сети могут оптимизировать связь между потребительским спросом и предложением возобновляемой энергии. Они также могут использовать потенциал хранения энергии, обеспечивая хранение энергии, когда она в изобилии и дешева, а затем высвободить ее во время пиков спроса [4].

Внедрение интеллектуальных сетей дает множество преимуществ:

- благодаря оптимизации распределения энергии и сокращению потерь при передаче интеллектуальные сети обеспечивают более высокую общую энергоэффективность;

- возможности автоматизации и расширенного мониторинга обеспечивают более надежное электроснабжение;

- интеллектуальные сети могут помочь интегрировать возобновляемые источники энергии в энергобаланс, снижая зависимость от ископаемого топлива и сокращая выбросы парниковых газов;

- имея доступ к данным об энергопотреблении в режиме реального времени, потребители могут принимать обоснованные решения, сокращать потребление энергии и потенциально экономить на расходах на электроэнергию;

- интеллектуальные сети создают возможности для новых услуг, технологий и роста рабочих мест в энергетическом секторе.

Интеллектуальные сети разработаны для использования широкого спектра источников энергии, особенно возобновляемой энергии. Благодаря данным в реальном времени сеть может сбалансировать прерывистую природу возобновляемых источников с более стабильными источниками, обеспечивая надежное и непрерывное энергоснабжение.

Список источников

1. Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: Амирит, 2021. – 296 с.

2. Бубенчиков А.А. Умные сети, Smartgrid. Автоматизация производства преобразования и распределения энергии / А.А. Бубенчиков Н.А. Горлинский, В.В. Щербинов // Молодой ученый. – 2016. – № 28.2 (132.2). – С. 14-18.

3. Волков И.О. Активный потребитель в интеллектуальной энергетике / И.О. Волкова, Д.Г. Шувалова, Е.А. Сальникова // Академия энергетики, 2011. – № 2(40). – С. 50-57.

4. Врублевских А.А. Технология SMART GRID и альтернативная энергетика. – Режим доступа – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-smart-grid-i-alternativnaya-energetika> (дата обращения: 01.11.2024).

5. Кобец Б.Б. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid / Б.Б. Кобец, И.О. Волкова. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.

6. Козлов Д.Г. Тенденции развития энергоэффективных силовых и измерительных трансформаторов / Д.Г. Козлов, И.А. Овчинникова // Наука, образование и инновации в современном мире: материалы национальной научно-практической конференции. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – Часть I. – С. 378-384.

7. Тимофеев Е.В. Закономерности энергообеспечения и электроснабжения сельскохозяйственных предприятий / Е.В. Тимофеев, В.Н. Судаченко, А.Ф. Эрк, В.А. Размук // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. – № 1 (94). – С. 40-48.

8. Помогаев Ю.М. Экономичные режимы работы трансформаторов / Ю.М. Помогаев, И.В. Лакомов, Д.Г. Козлов // Современные научно-практические решения XXI века: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – Часть I. – С. 140-152.

© Козлов Д.Г., Конаев А.Ю., 2024

УДК 621.311

Гуков Павел Олегович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра электротехники и автоматики, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,

e-mail: guckow.pav@yandex.ru

Гукова Наталья Святославовна

Воронежский филиал Ростовского государственного университета путей сообщения, преподаватель, Россия, Воронеж,

e-mail: guckova.natalja@yandex.ru

Определение направлений потоков мощности в линии с двухсторонним питанием

Аннотация. Показана возможность размыкания линии с двухсторонним питанием при различных точках потокораздела активной и реактивной мощности.

Ключевые слова: линия с двухсторонним питанием, поток мощности, точка потокораздела, потери мощности.

Gukov Pavel O.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Electrical Engineering and Automation, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,

e-mail: guckow.pav@yandex.ru

Gukova Natalia S.

Voronezh branch of the Rostov State University of Railways, teacher, Russia, Voronezh,

e-mail: guckova.natalja@yandex.ru

Determination of power flow directions in a line with two-way power supply

Abstract. The possibility of opening a line with two-way power supply at different points of flow separation of active and reactive power is shown.

Keywords: line with two-way power supply, power flow, flow separation point, power losses.

Определение потерь мощности и энергии в электрических сетях является одним из этапов реализации мероприятий по энергосбережению. Как правило, потери определяются расчетным путем на основании заданных основных параметров элементов сетей и их режимов [1, 6]. К этим параметрам, в первую очередь, относятся сопротивления участков, напряжение и передаваемая по участку мощность. Кроме величин активной и реактивной составляющих необходимо знать направление перетоков мощности.

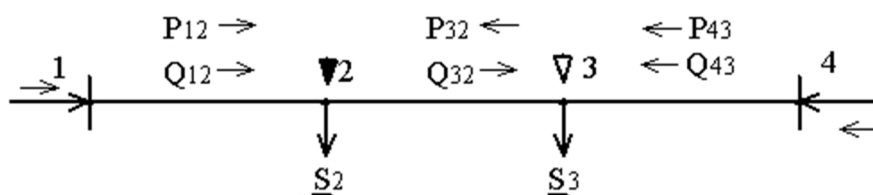
Для расчета режима сложноразветвленных сетей, как правило, составляются системы уравнений узловых напряжений [2]. Первоначально направления мощностей на участках выбираются произвольно. Полученные по результатам расчетов величины напряжений в узлах сети позволяют определить фактические направления потоков мощности на участках.

В линиях с односторонним питанием задача определения направлений мощности на участках снимается из-за однозначного определения положения источника и понятного распределения мощности по нагрузочным узлам. Выбор методики расчета режима линии с односторонним питанием определяется набором исходных данных. Наиболее просто расчет проводится, если известны напряжение и мощность в начале или в конце линии. В этом случае потери мощности и падение напряжения определяются в один проход. Чаще всего исходными данными являются напряжение в начале линии и нагрузка в конце [5]. В этом случае используется итерационный метод, известный как метод обратного и прямого хода. В начале расчета напряжения всех узлов полагаются равными, например, номинальному значению. На обратном ходе рассчитываются потери активной и реактивной мощностей, и определяется мощность головного участка. На прямом ходе рассчитывается падение напряжения, и уточняются значения напряжений в узлах. Таким образом, одна итерация состоит из обратного и прямого хода. Повторение расчетов производится до достижения заданной точности.

В линии с двухсторонним питанием и несколькими нагрузочными узлами возможны различные варианты распределений потоков мощности в зависимости от величин нагрузок, напряжений на концах линии и сопротивлений участков. Расчет таких линий, как правило, начинается с определения точки потокораздела мощности [3, 4].

Известен, так называемый, метод моментов мощностей, с помощью которого сначала определяется мощность головного участка с одной из сторон линии, а затем с учетом нагрузок определяются мощности на всех остальных участках. Узел, после которого происходит смена знаков активной и реактивной мощностей, является точкой потокораздела. В этом случае линию с двухсторонним питанием можно разделить на два независимых участка, каждый из которых имеет свой один источник. Далее применяются известные для таких случаев методики расчета режимов, например, метод обратного и прямого хода.

Задача усложняется, если точки раздела активной и реактивной мощности разные. Пример такой линии показан на рисунке 1.



Узел 2 – точка раздела активной мощности; узел 3 – точка раздела реактивной мощности

Рис. 1. Линия с двухсторонним питанием

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: P_{12} , P_{32} , P_{43} – активная мощность, передаваемая по соответствующим участкам; Q_{12} , Q_{32} , Q_{43} – аналогично передаваемая реактивная мощность; S_2 , S_3 – мощности нагрузочных узлов.

В данном случае точка потокораздела активной мощности находится в узле 2, а реактивной мощности в узле 3. Для того, чтобы провести разделение исходной линии необходимо рассчитать потери мощности на участке между точками потокораздела:

$$\Delta P_{32} = \frac{P_{32}^2 + Q_{32}^2}{U_{\text{ном}}^2} r_{32}, \quad \Delta Q_{32} = \frac{P_{32}^2 + Q_{32}^2}{U_{\text{ном}}^2} x_{32}.$$

Отметим, что на этапе определения точки потокораздела напряжения во всех нагрузочных узлах принимаются равными номинальному значению напряжения рассматриваемой сети; r_{32} , x_{32} – соответственно активное и реактивное сопротивление участка 2-3.

Теперь потери активной мощности на участке 2-3 добавляются к нагрузке узла 3, а потери реактивной мощности на этом участке добавляются к нагрузке узла 2.

Окончательно, для новых нагрузочных узлов 2 и 3 получаем:

$$S_2^{\text{н}} = P_2^{\text{н}} + jQ_2^{\text{н}} = P_{12} + j(Q_{12} + Q_{32} + \Delta Q_{32}),$$

$$S_3^{\text{н}} = P_3^{\text{н}} + jQ_3^{\text{н}} = P_{43} + P_{32} + \Delta P_{32} + jQ_{43}.$$

Теперь исходную линию можно разделить на два участка так, как показано на рисунке 2.

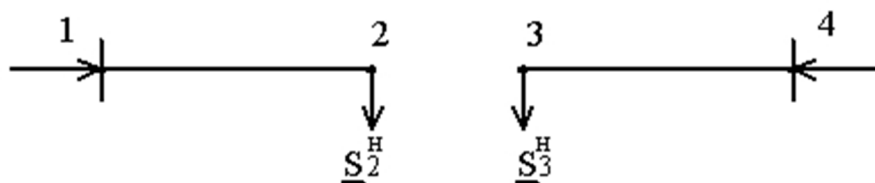


Рис. 2. Разделение линии при различных точках потокораздела активной и реактивной мощности

При этом баланс мощности не нарушается, так как мощность, передаваемая по исключенному из схем участку 2-3, входит в нагрузку узлов 2 и 3.

Таким образом, показана возможность размыкания линий с двухсторонним питанием при разных точках потокораздела активной и реактивной мощности для проведения дальнейших расчетов режимных параметров линий электропередачи.

Список источников

1. Будзко И.А. Электроснабжение сельского хозяйства: учебник для вузов / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская. – Москва: Колос, 2000. – 536 с.
2. Герасименко, А.А. Передача и распределение электроэнергии / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов на Дону: Феникс, 2008. – 715 с.
3. Гуков П.О. Электрические системы и сети: учебник для вузов / П.О. Гуков. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – 81 с.
4. Гуков П.О. Применение метода контурных токов для расчета электрической сети с двухсторонним питанием / П.О. Гуков, Н.С. Гукова // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – С. 395-398.
5. Лыкин А.И. Электрические системы и сети / А.И. Лыкин. – М.: Логос, 2008. – 256 с.
6. Щербаков Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление в сельском хозяйстве: учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. – СПб.: Лань, 2018. – 392 с.

УДК 621.316

Козлов Дмитрий Геннадиевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра электротехники и автоматики, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: dimvsau@mail.ru

Копаев Алексей Юрьевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, магистр 2 курса агроинженерного факультета, Россия, Воронеж,
e-mail: kop896395@gmail.com

**Применение солнечных батарей в системе электроснабжения
сельскохозяйственных потребителей**

Аннотация. В статье дан анализ применения нетрадиционного источника электрической энергии на базе солнечной батареи, которая может использоваться сельскохозяйственными потребителями в качестве альтернативного источника. Данная система повышает надежность системы электроснабжения в целом.

Ключевые слова: солнечный элемент, солнечная энергия, эксплуатационные расходы, надежность системы электроснабжения

Kozlov Dmitry G.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Electrical Engineering and Automation, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: dimvsau@mail.ru

Кораев Alexey Yu.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 2nd year Master of Agricultural Engineering Faculty, Voronezh, Russia,
e-mail: kop896395@gmail.com

**The use of solar panels in the power supply system for agricultural
consumers**

Abstract. The article analyzes the use of an unconventional source of electric energy based on a solar battery, which can be used by agricultural consumers as an alternative source. This system increases the reliability of the power supply system as a whole.

Keywords: solar cell, solar energy, operating costs, reliability of the power supply system

Достижения в области технологий возобновляемой энергетики и успешной интеграции ее в энергосистемы по всему миру сделали энергетическую независимость от традиционных источников энергии жизнеспособным и экономически привлекательным проектом для объектов сельского хозяйства.

Солнечная энергия – это чистая альтернативная возобновляемая форма энергии, которая может удовлетворить большинство, если не все, основные потребности сельскохозяйственных предприятий [4, 6].

Рассмотрим основные элементы солнечной батареи и принцип ее работы.

Солнечный элемент обычно состоит из двух слоев кремния [8]:

- слоя кремния n-типа, который имеет дополнительные электроны;
- слоя кремния p-типа, который имеет дополнительные пространства для электронов, называемые «дырками».

Фотоэлектрический (PV) эффект – это не просто взаимодействие солнечного света и кремния. Это сложное взаимодействие физических и химических процессов, позволяющее эффективно преобразовывать световую энергию в электрическую.

Когда фотоны попадают на поверхность солнечной ячейки, они не просто возбуждают электроны, а запускают каскад реакций. Этот процесс сильно зависит от качества используемого кремния, поскольку более чистый кремний обеспечивает лучшую среду для потока электронов, тем самым увеличивая эффективность солнечной ячейки.

Путь электрона от момента попадания фотона в солнечный элемент до момента генерации электрического тока состоит из нескольких этапов.

Сначала энергия фотона поглощается кремнием, создавая пару электрон-дырка. Встроенное электрическое поле на стыке между слоями кремния n-типа и p-типа затем направляет эти носители заряда в противоположных направлениях, не давая им рекомбинировать.

Электроны движутся к слою n-типа, а дырки движутся к слою p-типа. Это движение носителей заряда создает разницу в потенциале, или напряжении, по всей ячейке.

Когда внешняя цепь подключена к солнечному элементу, это напряжение управляет потоком электронов через цепь, подавая электроэнергию на внешнюю нагрузку.

Современные солнечные элементы выходят за рамки базовых слоев кремния n- и p-типа и включают в себя дополнительные слои и материалы для повышения производительности и мощности генерируемой энергии [8].

Например, на заднюю поверхность ячейки часто добавляют пассивирующий слой, чтобы уменьшить рекомбинацию электронов и дыр, мест, где находились электроны до возбуждения энергией фотонов.

Кроме того, на поверхность ячейки наносится антибликовое покрытие, чтобы свести к минимуму потери падающего света и гарантировать, что как можно больше фотонов будет участвовать в выработке электроэнергии [4, 8].

Хотя отдельные солнечные элементы могут генерировать электроэнергию самостоятельно, их обычно собирают вместе в солнечную панель для увеличения выходной мощности.

Стандартная солнечная панель состоит из ряда взаимосвязанных солнечных элементов, заключенных в защитный стеклянный корпус,

который обеспечивает прочность и позволяет солнечному свету достигать элементов. Задняя часть панели представляет собой твердый подложечный материал, а вся сборка заключена в металлический каркас, что обеспечивает структуру и возможность монтажа панели.

Обычно ячейки располагаются в виде сетки, что обеспечивает оптимальное воздействие солнечного света. Затем соединенные между собой ячейки спаиваются, что требует точности, чтобы гарантировать надежность соединений и способность эффективно передавать электрический ток.

После соединения ячеек они инкапсулируются в прозрачный защитный материал, обычно ЭВА (этиленвинилацетат). Этот слой защищает ячейки от влаги и физических повреждений, пропуская при этом солнечный свет с минимальным отражением [2].

Затем вся конструкция помещается между передней панелью из закаленного стекла, которая обеспечивает прочность и дополнительную защиту от воздействия окружающей среды, и задней панелью, обычно изготавливаемой из стойкого к атмосферным воздействиям полимера.

Это обеспечивает долговечность панели, защищая ее от воздействия ультрафиолета, проникновения влаги и циклических перепадов температур.

Металлический каркас вокруг солнечной панели играет важную роль, выходящую за рамки простого обеспечения структуры. Он обеспечивает жесткость и устойчивость панели, позволяя ей выдерживать сильные ветры, большие снеговые нагрузки и другие экологические нагрузки.

Кроме того, рама облегчает монтаж и заземление панели, что имеет решающее значение, как для установки, так и для обеспечения безопасности.

Часто упускаемый из виду аспект солнечных панелей – это их электрическая интеграция в энергосистему. Это касается не только внешних соединений, которые позволяют использовать или хранить вырабатываемую электроэнергию, но и диодов, интегрированных в панель [2].

Эти диоды защищают панель от точечного нагрева – состояния, которое возникает, когда ячейка затенена и становится значительной нагрузкой, а не генератором электроэнергии.

Солнечные панели нашли свое применение в различных секторах за пределами обычных жилых и коммерческих установок. Например, в сельском хозяйстве солнечные панели используются для питания ирригационных систем, что снижает зависимость от дизельных насосов и сетевого электричества. Это не только снижает эксплуатационные расходы, но и уменьшает углеродный след, связанный с сельскохозяйственной деятельностью.

В отдаленных и сельских районах солнечные панели обеспечивают спасательный круг, предлагая доступ к электричеству там, где традиционная сетевая инфраструктура может полностью или частично отсутствовать. Системы очистки воды на солнечных батареях обеспечивают общины чистой питьевой водой, а солнечное освещение продлевает продуктивные часы после захода солнца, повышая безопасность и качество жизни [1].

Переход на солнечную энергию на животноводческих фермах – это не просто экологическое соображение, но и практическое с ощутимыми финансовыми последствиями [5, 7].

Энергетическая безопасность – солнечные панели, установленные на крыше, могут вырабатывать электроэнергию во время отключения нагрузки, гарантируя постоянную работу критически важных потребителей.

Надежность и долговечность – солнечная электростанция не имеет движущихся частей, которые могут выйти из строя, что обеспечивает стабильную подачу электроэнергии в течение 30 лет работы.

Минимальное обслуживание – солнечная электростанция требует минимального обслуживания со стороны потребителя энергии, а современные автоматические роботы-чистильщики для солнечных панелей практически исключают вмешательство человека в работу солнечной электростанции.

Гибкие конфигурации – солнечные панели могут быть установлены на разных типах крыш, главное чтобы конструкция могла выдержать вес панелей. Большинство ферм и сельскохозяйственных предприятий имеют здания, которые подходят для установки солнечных фотоэлектрических установок на крыше. Сельскохозяйственные здания обычно имеют уклон крыши в 10-15°, что позволяет генерировать значительное количество электроэнергии, даже если крыша не обязательно обращена на юг [8].

Солнечные панели на крышах фермерских зданий не требуют разрешения на планирование, а после установки расходы на техническое обслуживание и ремонт фотоэлектрических установок низки [3].

Экономически эффективно, за электричество не надо платить, а расходы на электроэнергию фиксированы, в отличие от цен на другие источники энергии, которые продолжают расти. Солнечная энергия может сократить счета за электроэнергию до 96%. В среднем, срок окупаемости солнечных батарей составляет около пяти лет, а срок службы составляет 30-50 лет [3].

Солнечная энергия является возобновляемым и долгосрочным источником энергии, который не выбрасывает в атмосферу никаких вредных химикатов или газов. Переход на солнечную энергию позволяет молочным фермам и предприятиям компенсировать свои выбросы

углерода, которые обычно возникают из таких источников, как электрооборудование и традиционное топливо.

Однако при внедрении солнечной энергии в энергобаланс молочной фермы необходимо учитывать несколько ограничений.

Солнечная энергия зависит от солнечного света и доступна только когда светит солнце, выход которого варьируется в зависимости от метеорологических условий, например, проходящие облака могут временно снизить выход солнечной электростанции. Поэтому солнечная энергия для критических нагрузок должна использоваться в сочетании с другим источником энергии. А для электроустановок, работающих в ночное время, потребуются другие источники энергии или энергия от батарей, заряжаемых через солнечную энергию [4].

В зависимости от типа и стиля ведения фермерского хозяйства, освещение, отопление, нагрев воды, доение и сушка зерна – все это процессы, которые потребляют большое количество электроэнергии. Установка солнечных панелей – отличный способ сэкономить деньги в долгосрочной перспективе и повысить эффективность деятельности.

Солнечные фермы являются неотъемлемой частью энергетической модернизации, предоставляя фермерам возобновляемый источник энергии, который способствует сокращению выбросов загрязняющих газов и переходу к более экологически чистой энергетической системе.

Список литературы

1. Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: Амирит, 2021. – 296 с.

2. Германович В. Альтернативные источники энергии: практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы / В. Германович. – СПб.: Наука и техника, 2011. – 317 с.

3. Денисов И.В. Энергоменеджмент, энергоэффективность и «зелёные» технологии в строительстве и функционировании объектов недвижимости в России / И.В. Денисов, Е.С. Петренко, Л.И. Тогайбева // Экономика, предпринимательство и право. – 2020. – Т. 10. – № 4. – С. 1071-1084.

4. Козлов Д.Г. Использование возобновляемых источников энергии в электроэнергетике / Д.Г. Козлов, О.А. Колпакова, С.В. Хляка // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – Часть I. – С. 17-21.

5. Козлов Д.Г. Повышение надежности электроснабжения / Д.Г. Козлов, О.А. Колпакова, С.В. Хляка // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения для АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – С. 100-104.

6. Пахомов А.Ю. Альтернативные источники электроэнергии / А.Ю. Пахомов, Д.Г. Козлов // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 64-й студенческой научной конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2013. – Часть I. – С. 46-51.

7. Сибикин Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин. – М.: КноРус, 2010. – 227 с.

8. Стребков Д.С. Солнечные электростанции: концентраторы солнечного излучения: учебное пособие для вузов / Д.С. Стребков, Э.В. Тверьянович; под редакцией Д.С. Стребкова. – 2-е изд., испр. – М.: Издательство Юрайт, 2024. – 265 с.

© Козлов Д.Г., Конаев А.Ю., 2024

УДК [378.147.3: 004] (478)

Яковец Инна Викторовна

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
доцент кафедры автоматизированных технологий и промышленных комплексов,
доцент, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: inna_yakovets@mail.ru

Яковец Илья Русланович

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
кафедра автоматизированных технологий и промышленных комплексов, магистр,
Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: ujokil1256@gmail.com

Звонкий Виталий Георгиевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, з
аведующий кафедрой автоматизированных технологий и промышленных комплексов,
доцент, кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

Бурменко Феликс Юрьевич

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
заведующий кафедрой машиноведения и технологического оборудования, доцент,
кандидат технических наук, Приднестровье, Тирасполь,
e-mail: burmenco@mail.ru

**Актуальность производства био-гранул (био-пеллет) из отходов
растительного происхождения в ПМР**

Аннотация. В статье рассматривается биотопливо как один из видов возобновляемых источников энергии. Показано, что перспективно производство био-гранул из стержней кукурузных початков. Приводится анализ основных факторов процесса гранулирования и характеристики сырья растительного происхождения такие, как кондиционирование, температура обработки, влажность, фракционность сырья, его состав и прочие.

Ключевые слова: вторичные ресурсы, отходы переработки кукурузы, стержни кукурузных початков, био-пеллеты, био-гранулы.

Yakovets Inna V.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Associate Professor of the Department of Automated Technologies and Industrial Complexes, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: inna_yakovets@mail.ru

Yakovets Ilya R.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Department of Automated Technologies and Industrial Complexes, Master's degree, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: ujokil1256@gmail.com

Zvonkiy Vitaliy G.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Head of the Department of Automated Technologies and Industrial Complexes, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

Burmenko Felix Yu.

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Head of the Department of Mechanical Engineering and Technological Equipment, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Pridnestrovia, Tiraspol,
e-mail: burmenko@mail.ru

The relevance of the production of bio-granules (bio-pellets) from waste of plant origin in the PMR

Abstract. The article considers biofuels as one of the types of renewable energy sources. It is shown that the production of bio-granules from corn cobs is promising. The analysis of the main factors of the granulation process and the characteristics of raw materials of plant origin such as conditioning, processing temperature, humidity, fractionality of raw materials, its composition and others is given.

Keywords: secondary resources, waste from corn processing, corn cob rods, bio-pellets, bio-granules.

В силу сложившейся непростой международной ситуации для экономики Приднестровской Молдавской Республики, начиная с 2022 года, на деятельность хозяйствующих субъектов внешнеполитические процессы сказались негативным образом: от усложнения логистики поставки товаров, необходимых для производства продукции (например, семенной материал и удобрения, запасные части, ГСМ и ряд других) до проблемы реализации продукции на экспорт (блокировка банковских операций, цена реализации) [1]. Стоимость, например, удобрений, применение которых является важной составляющей для получения достойного урожая, выросла в 2,5-3 раза с 2022 года по сравнению с предыдущим периодом, при том, что доставка не была гарантирована. Таким образом, ситуация вследствие событий в соседних государствах доказала правильность курса правительства на самообеспеченность Приднестровья продукцией отечественного производства, обозначенной в Стратегии развития Республики на 2019-2026 годы [1], что требует в том числе развития, технической и технологической модернизации сельского хозяйства. Переход на инновационный путь внедрения биотехнологий – одно из приоритетных направлений государственной политики Приднестровья в сфере АПК. В сложных внешнеполитических и климатических условиях инновационные подходы позволяют поддерживать рост производства основных видов сельскохозяйственной продукции,

обеспечивать продовольственную безопасность Республики и повышение качества производимой продукции [2]. Достигнутые показатели урожайности разных культур явились следствием внедрения современных ресурсосберегающих технологий [2]. В настоящее время в земледелии особую актуальность имеют проблемы, как:

1. Постоянно растущие затраты из-за постоянного роста цен минеральных удобрений и средств защиты растений.

2. Потеря плодородных почвенных ресурсов и ухудшение экологической обстановки окружающей среды из-за процессов эрозии почв, чрезмерной минерализации гумуса.

Возможным решением этих проблем может стать внесение в поверхностные почвенные слои гранул или пеллет, изготовленных из вторичных ресурсов – отходов растительного происхождения, образующихся в больших количествах в результате переработки сельхозпродукции, например, кукурузы.

Несмотря на неблагоприятные погодные условия (засуха и высокие температуры в летний период), в стране удалось получить неплохой урожай по важнейшим сельскохозяйственным культурам, в том числе включая кукурузу [1].

Основные посевы сахарной кукурузы находятся в Слободзейском районе республики, которой было собрано порядка 25 тысяч тонн. Часть данной культуры перерабатывается путём заморозки, как в початках, так и в зерне, а часть – идёт на консервирование [3]. В таблице 1 представлены данные по сбору кукурузы в ПМР в период с 2018 по 2023 годы [1, 3].

Таблица 1. Производство кукурузы в Приднестровской Молдавской Республики за период 2018-2023 годы, тонн [1, 3].

Наименование культуры	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Зерновые и зернобобовые культуры – всего, в т. ч	480 126,6	471 031,9	133 587,7	644 814,5	350 081,9	536 500
кукуруза на зерно	134 176,7	133 805,5	36 039,4	184 152,7	108 855,0	120 000
сахарная кукуруза	18 686,8	24 259,5	25 052,4	17 630,1	14 196,5	15 800
Итого кукурузы:	152 863,5	158 065	61 084,4	201 782,8	123 051,5	135 800

ОАО «Завод консервов детского питания» в г. Тирасполе осуществляет переработку сахарной кукурузы в среднем от 10 до 25 тысяч тонн в последние годы, производя порядка 5 тысяч тонн только замороженной кукурузы. После переработки кукурузы как на зерно, так для заморозки и консервирования, остаётся большое количество отходов: стебли, листья, стержни початков и другие. Основную часть отходов составляют стержни початков: в 1 тонне зерновой кукурузы содержится 200 кг стержней, то есть они составляют как

минимум пятую часть. В таблице 2 приведены статистические данные по количеству образования стержней початков кукурузы в ПМР в период с 2018 по 2023 годы. Данные, представленные в таблице 2 по количеству образования отходов переработки кукурузы в виде стержней початков, показывают, что в среднем ежегодно образуется порядка 25 тысяч тонн.

Таблица 2. Количество образования стержней початков кукурузы Приднестровской Молдавской Республики за 2018-2023 годы, тонн [1,3].

Наименование культуры	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
кукуруза на зерно	26 835,3	26 761	7 207,9	36 830,5	21 771	24 000
сахарная кукуруза	3 737,4	4 852	5 010,5	3 526	2 839,3	3 160
Итого:	30 572,7	31 613	12 218,4	40 356,5	24 610,3	27 160

Стержни кукурузных початков можно рассматривать как ценный побочный продукт сельского хозяйства и консервной промышленности, биомассу, являющуюся фактически органическим вторичным сырьём для производства био-пеллет и био-гранул, которые могут быть использованы не только как биотопливо, но и как сырьевой товарный продукт для производства био-удобрений, биопластиков, бумаги и прочего.

Производство прессованных материалов позволяет утилизировать различные виды отходов, получить экологически чистые био-гранулы и био-пеллеты для высококалорийного биотоплива, кормов, био-удобрений и других материалов, обеспечить основному производству статус малоотходного и экологически «чистого», снизить затраты на перевозку и хранение топлива по сравнению с древесными отходами (кусковыми и мягкими) или дровами, сеном и соломой, силосом, повысить культуру производства и получить дополнительную прибыль от реализации био-гранул и био-пеллет, обеспечить условия для создания новых рабочих мест, сократить уровень отходов производства и потребления [4, 5].

Однако, существует категория материалов, гранулирование которых в традиционных аппаратах затруднительно, связано с высокими энергозатратами или снижением качества пеллет и гранул [5]. В связи с этим разработка процесса гранулирования органического сырья ставит перед собой задачи:

- проведение анализа существующих технологий и технических средств для гранулирования органического сырья;
- исследование основных закономерностей процесса гранулирования органического сырья с различными физико-механическими характеристиками;
- изучение влияния технологических параметров процесса гранулирования органического сырья на эффективность и выявление рациональных и энергозатратных режимов его работы.

Технология переработки отходов кукурузных початков в отличие от древесного сырья позволяет исключить операции измельчение крупных кусков в рубительной машине и сушки перед измельчением стволов початков, так как их влажность не превышает $8\div 10$ %, что сокращает длительность производственного цикла, сокращает энергозатраты на производство био-пеллет и био-гранул из такого сырья, снижает их себестоимость [6].

Были произведены литературный обзор и патентный поиск с целью изучения степени влияния различных факторов на процесс гранулирования сырья растительного происхождения, результаты которого представлены в таблице 3 [6].

Таблица 3. Степень влияния факторов на процесс гранулирования сырья растительного происхождения и качество гранул [6].

№ п/п		Доля влияния фактора на процесс гранулирования и качество гранул, %		
		К. Мурамацу	А. Клименко, А. Гущева- Митропольская	М. Иванов
1	Тепловая обработка (кондиционирование)	44	20	30
2	Влажность сырья	16	–	2
3	Содержание жиров	9	–	–
4	Размер частиц сырья	1	20	10
5	Состав сырья	–	40	45
6	Конструктивные параметры пресс-гранулятора	–	15	10
7	Охлаждение	–	5	–
8	Температура	–	–	3
9	Прочие факторы	31	–	–

Сложное взаимное влияние ряда физических процессов, протекающих одновременно в пресс-грануляторе, усложняет интерпретацию влияния каждого параметра на процесс получения топливных гранул из сырья растительного происхождения [5]. Анализ результатов исследований показал, что предварительная тепловая обработка и увлажнение растительного сырья, а также его состав и размеры частиц, являются факторами, которые оказывают наибольшее влияние на качество кормовых и биотопливных пеллет и гранул. Что касается значений этих параметров, то ученые считают оптимальным при гранулировании растительного сырья размер частиц от 1 до 3 мм. Содержания влаги для биотопливных пеллет должно быть в пределах от 10 до 15 %. Регулирование в процессе гранулирования температуры и давления позволяет добиваться получения качественных гранул. Повышение давления в диапазоне 20-200 МПа приводит к увеличению прочности гранул, а температура матрицы

около 100 °С является оптимальной для получения плотных качественных гранул из растительного сырья [6].

Следует отметить существенный недостаток вторичного сырья из стержней початков кукурузы для получения качественных био-пеллет и био-гранул – отсутствие в их составе жиров, необходимых для реализации процесса гранулирования. На качество пеллет и гранул, помимо этого, большое влияние оказывает содержание жиров в исходном сырье. Сырье оптимально должно содержать от 2 до 10 % жира [6].

Таким образом, для получения качественного продукта необходима разработка рецептуры сырьевой смеси с добавлением жиросодержащих компонентов, например, кофейный жмых или кофейная гуща.

Список источников

1. Доклад об итогах деятельности Министерства сельского хозяйства и природных ресурсов Приднестровской Молдавской Республики в сфере агропромышленного комплекса за 2022 год / О.И. Дилигул [Электронный ресурс]. – URL: <https://ecology-pmr.org/files/doklad/2022-03-01-doklad-kollegia-apk.pdf>

2. Инновации – основа развития сельского хозяйства / Ф.С. Цыбульский. – Торгово-промышленная палата Приднестровской Молдавской Республики [Электронный ресурс]. – URL: <https://tiraspol.ru/news/innovatsii-osnova-razvitiya-selskogo-hozyaystva/>

3. Селекция, семеноводство и технологии возделывания сельскохозяйственных культур: доклады международной научно-практической конференции; отв. ред.: А. В. Гуманюк. – Тирасполь: Есо-TIRAS, 2020. – 376 с. [Электронный ресурс] – URL: https://www.eco-tiras.org/books/conferinta_tiraspol_2020_web.pdf

4. Любов В.К. Повышение эффективности энергетического использования биотоплив: учебное пособие / В.К. Любов, С.В. Любова. – Архангельск: Изд-во ОАО «Солти», 2010. – 496 с.

5. Попов А.Н. Исследование процесса производства древесных гранул с целью повышения эффективности их энергетического использования: дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук / А.Н. Попов. – ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова». – Архангельск, 2010. – 151 с.

6. Брагинец С.В. Влияние различных параметров на процесс гранулирования растительного сырья и качество гранул (обзор) / С.В. Брагинец, О.Н. Бахчевников, К.А. Деев. – Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – № 24 (1). – С. 30–45.

© Яковец И.В., Яковец И.Р., Звонкий В.Г., Бурменко Ф.Ю., 2024

Секция 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ТЕХНОЛОГИЙ, ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В АПК

УДК 621.01

Беляев Александр Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, заведующий кафедрой, доцент, доктор технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

Смолянинова Дарья Геннадьевна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, студент, Россия, Воронеж,
e-mail: smolyaninova.dashuta@mail.ru

Особенности кинематического и кинетостатического расчёта механизмов III класса

Аннотация. Рассмотрены особенности кинематического и кинетостатического анализа графоаналитическим методом рычажного механизмов III класса со сложными группами звеньев, предложены методики определения скоростей, ускорений характерных точек звеньев и реакций в кинематических парах.

Ключевые слова: рычажный механизм, структурная группа, скорость, ускорение, реакция, уравнение равновесия.

Belyaev Alexander N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Applied Mechanics, Head of the Department, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

Smolyaninova Daria G.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, student, Russia, Voronezh,
e-mail: smolyaninova.dashuta@mail.ru

Features of kinematic and kinetostatic calculation of class III mechanisms

Abstract. The features of kinematic and kinetostatic analysis by the graphoanalytic method of class III lever mechanisms with complex groups of links are considered, methods for determining velocities, accelerations of characteristic points of links and reactions in kinematic pairs are proposed.

Keywords: lever mechanism, structural group, speed, acceleration, reaction, equilibrium equation.

Методики кинематического и кинетостатического исследований рычажных механизмов III классов, в состав которых входят структурные группы Ассур с одним базисным звеном, достаточно подробно рассмотрены в специальной литературе [1, 4, 5].

В том случае, когда в структурной группе присутствуют два и более базисных звена, алгоритмы решения задач по определению скоростей, ускорений точек ее звеньев и реакций в кинематических парах будут отличаться от стандартных.

В качестве примера рассмотрим представленную на рисунке 1 схему структурной группы Ассур III класса с тремя базисными звеньями – 3, 5 и 7.

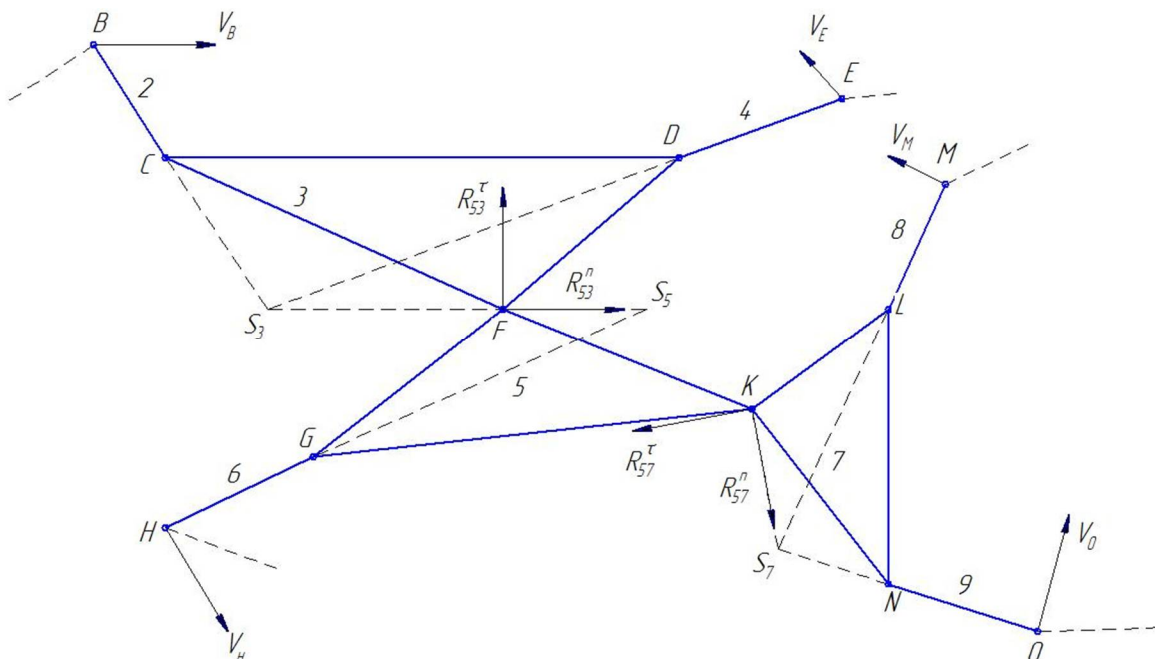


Рис. 1. Схема структурной группы Ассур III класса

Скорости точек внешних кинематических пар B , E , H , M и O , соответственно V_B , V_E , V_H , V_M и V_O , как правило, являются известными – или заданы, или получены расчетом, предшествующим предлагаемому.

Положения точек Ассур S_3 и S_7 определяется классическим путём: как результат пересечения продолжения линий звеньев 2-4 и 8-9, соответственно. Точка Ассур S_5 находится на пересечение продолжения линии звена 6 и линии, проходящей через точки S_3 и F .

Абсолютные значения скоростей точек S_3 , S_5 и S_7 – V_{S3} , V_{S5} и V_{S7} , соответственно, определяются в процессе решения известным графическим способом систем векторных уравнений – методом планов скоростей:

$$\overline{V_{S5}} = \overline{V_{S3}} + \overline{V_{FS3}} + \overline{V_{S5F}}; \quad (1)$$

$$\overline{V_{S5}} = \overline{V_H} + \overline{V_{GH}} + \overline{V_{S5G}}, \quad (2)$$

где $V_{FS3}, V_{S5F}, V_{GH}, V_{S5G}$ – относительные скорости точек звеньев, м/с.

Для определения скорости точки К по аналогии составим следующие векторные уравнения:

$$\overline{V_K} = \overline{V_{S5}} + \overline{V_{KS5}}; \quad (3)$$

$$\overline{V_K} = \overline{V_{S7}} + \overline{V_{KS7}}, \quad (4)$$

где V_{KS5}, V_{KS7} – относительные скорости точек звеньев, м/с.

Векторы скоростей точек F, N, G, L, D, C ($V_F, V_N, V_G, V_L, V_D, V_C$) находятся по правилу подобия – построением на плане скоростей фигур, подобных одноименным фигурам на схеме структурной группы Ассура [2].

Построение плана ускорений для вычисления абсолютных значений ускорений точек S_3, S_5, S_7 и K звеньев исследуемой структурной группы Ассура ведётся с применением векторных уравнений, аналогичных векторным уравнениям (1-4), составленным для нахождения векторов скоростей, и в той же последовательности

$$\overline{a_{S5}} = \overline{a_{S3}} + \overline{a_{FS3}} + \overline{a_{S5F}} = \overline{a_{S3}} + \overline{a_{FS3}^n} + \overline{a_{FS3}^t} + \overline{a_{S5F}^n} + \overline{a_{S5F}^t};$$

$$\overline{a_{S5}} = \overline{a_H} + \overline{a_{GH}} + \overline{a_{S5G}} = \overline{a_{S5}} + \overline{a_{GH}^n} + \overline{a_{GH}^t} + \overline{a_{S5G}^n} + \overline{a_{S5G}^t};$$

$$\overline{a_K} = \overline{a_{S5}} + \overline{a_{KS5}} = \overline{a_{S5}} + \overline{a_{KS5}^n} + \overline{a_{KS5}^t};$$

$$\overline{a_K} = \overline{a_{S7}} + \overline{a_{KS7}} = \overline{a_{S7}} + \overline{a_{KS7}^n} + \overline{a_{KS7}^t};$$

где $a_{FS3}^n, a_{S5F}^n, a_{GH}^n, a_{S5G}^n, a_{KS5}^n, a_{KS7}^n$ – нормальные составляющие относительных ускорений точек звеньев структурной группы – их численные значения определяются аналитически [3], м/с²;

$a_{FS3}^t, a_{S5F}^t, a_{GH}^t, a_{S5G}^t, a_{KS5}^t, a_{KS7}^t$ – касательные составляющие относительных ускорений точек звеньев структурной группы м/с².

Векторы ускорений $a_F, a_G, a_N, a_L, a_C, a_D$ находятся, также аналогично скоростям, с использованием правила подобия – методом построения на плане ускорений фигур, подобных одноименным фигурам на схеме структурной группы Ассура [2].

При выполнении кинестатического (силового) расчёта исследуемой структурной группы III класса с несколькими базисными звеньями целесообразно применить уравнения равновесия типа $\sum M = 0$.

Для определения тангенциальной составляющей R_{53}^{τ} силы реакции R_{53} имеем следующий вид уравнения:

$$\sum_{235} M_{S3} = 0;$$

для определения тангенциальной составляющей R_{57}^{τ} реакции R_{57} –

$$\sum_{789} M_{S7} = 0;$$

для определения нормальной составляющей R_{57}^n реакции R_{57} –

$$\sum_{56} M_{S5} = 0.$$

Для нахождения нормальной составляющей R_{53}^n реакции R_{53} и полной реакции R_{57} рекомендуется построить план сил на основе уравнения равновесия

$$\sum_{56} P = 0.$$

Силы в других кинематических парах находятся применением уже известных алгоритмов [1, 4, 5].

Таким образом, рассмотренные методики позволят достаточно эффективно выполнить кинематический и силовой расчеты рычажного механизма со сложной структурной группой с использованием графо-аналитических методов.

Список источников

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / Артоболевский И.И. – М.: Наука, 1988. – 639 с.
2. Беляев А.Н. Теория механизмов и машин: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Агроинженерия» / А.Н. Беляев, В.В. Шередекин. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2012 – 376 с.
3. Лабораторный практикум по теории механизмов и машин: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Агроинженерия» / А.Н. Беляев [и др.], под ред. А.Н. Беляева. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. – 257 с.
4. Лачуга Ю.Ф. Теория механизмов и машин. Кинематика, динамика и расчет / Ю.Ф. Лачуга, А.Н. Воскресенский, М.Ю. Чернов. – М.: КолосС, 2008. – 304 с.
5. Теория механизмов и машин / К.В. Фролов [и др.]; под ред. К.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 2003. – 827 с.

УДК 621.311.24

Афоничев Дмитрий Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, заведующий кафедрой электротехники и автоматики, доктор технических наук, профессор, Россия, Воронеж,

e-mail: dmafonichev@yandex.ru

Пиляев Сергей Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, доцент кафедры электротехники и автоматики, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,

e-mail: pilyaevs@mail.ru

Пиляев Виктор Сергеевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, агроинженерный факультет, обучающийся, Россия, Воронеж,

e-mail: plaksher@gmail.ru

Моделирование вентильно-индукторного электродвигателя

Аннотация. Для построения динамической модели вентильно-индукторного электродвигателя выбран компромиссный подход, который заключается в том, что индуктивность каждой фазы изменяется от угла поворота ротора согласно линеаризованной базовой кривой, а зависимость индуктивности от фазного тока описывается набором кусочно-линейных кривых, полученных в результате кусочно-линейной аппроксимации кривых потокосцепления.

Ключевые слова: вентильно-индукторный электродвигатель, потокосцепление, угол поворота ротора, ток, электромагнитный момент.

Afonichev Dmitry N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Head of the Department of Electrical Engineering and Automation, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia, Voronezh,

e-mail: dmafonichev@yandex.ru

Pilyaev Sergey N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,

e-mail: pilyaevs@mail.ru

Pilyaev Victor S.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Agroengineering Faculty, student, Russia, Voronezh,

e-mail: plaksher@gmail.ru

Constructing a simulation model of a switched reluctance motor

Annotation. To build a dynamic model of a valve-inductor electric motor, a compromise approach was chosen, which consists in the fact that the inductance of each phase varies from the angle of rotation of the rotor according to a linearized base curve, and the dependence of the inductance on the phase current is described by a set of piecewise linear curves obtained as a result of piecewise linear approximation of flow coupling curves.

Keywords: valve-inductor electric motor, flow coupling, rotor rotation angle, current, electromagnetic torque.

В современных электроприводах мобильных транспортных средств все большее распространение получают вентильно-индукторные электродвигатели (англ. *switched reluctance machines*, SRM) [3, 5, 9, 10]. Преимущество данного типа электродвигателей заключается в простоте конструкции и невысокой стоимости изготовления, а также простоте и надежности коммутирующего устройства. Специфика исследования и проектирования транспортных средств с электрическим приводом требует построения компьютерных моделей, описывающих их динамические режимы. Поэтому целью настоящей работы является разработка динамической модели вентильно-индукторной машины (ВИМ) для последующего моделирования посредством отечественного программного комплекса мультифизического моделирования SimInTech [2, 7].

Существует достаточно много конструктивных схем ВИМ, но в качестве базовой рассмотрим самую простую, классическую конструкцию [3, 9], схема которой приведена на рисунке 1а.

Принцип действия ВИМ основан на свойстве ферромагнитных тел, помещенных в магнитное поле, занимать такое положение, когда магнитный поток в воздушном зазоре имеет наибольшую величину. На статоре и роторе ВИМ имеются явно выраженные полюсные выступы (зубцы), число которых определяется следующим образом:

$$Z_s = 2mp, \quad p = 1, 2, 3, \dots; \quad |Z_s - Z_r| = 2p, \quad (1)$$

где Z_s, Z_r – число полюсных выступов соответственно на статоре и роторе; m – число фаз обмотки статора; p – число пар полюсов двигателя.

На выступах статора находятся катушки с обмотками. Каждая фаза имеет две встречно включенные обмотки, например A и A' . Обмотки фаз двигателя включаются в цепь постоянного напряжения с помощью ключевых элементов, как это показано на рисунке 1б. Напряжение питания обмотки каждой фазы подается в виде импульсов. В качестве ключей схемы обычно используются IGBT-транзисторы. За один полный цикл коммутации всех фаз обмотки статора ротор поворачивается на угол равный его зубцовому делению $\tau_r = 2\pi / Z_r$. Поэтому двигатели такого типа называют двигателем с электромагнитной редукцией скорости. Углы зубцов статора и ротора β_s и β_r , как правило, почти равны друг другу, чтобы избежать зоны нулевого момента, хотя и могут отличаться.

При вращении ротора магнитная проводимость воздушного зазора меняется из-за наличия явно выраженных выступов (зубцов) статора и

ротора. Из-за этого, и несинусоидального характера распределения магнитодвижущей силы обмоток статора (сосредоточенная обмотка) к ВИМ не применима классическая теория построения динамических моделей электрических машин [1, 6, 8].

Магнитный поток (потокосцепление) обмотки каждой фазы Ψ_f ВИМ зависит как от угла поворота ротора относительно обмотки полюсного выступа этой фазы θ_r , так и тока в обмотке этой фазы i_f (рисунок 1в). На рисунке 1г показаны кривые изменения индуктивности фазы от угла поворота ротора и тока.

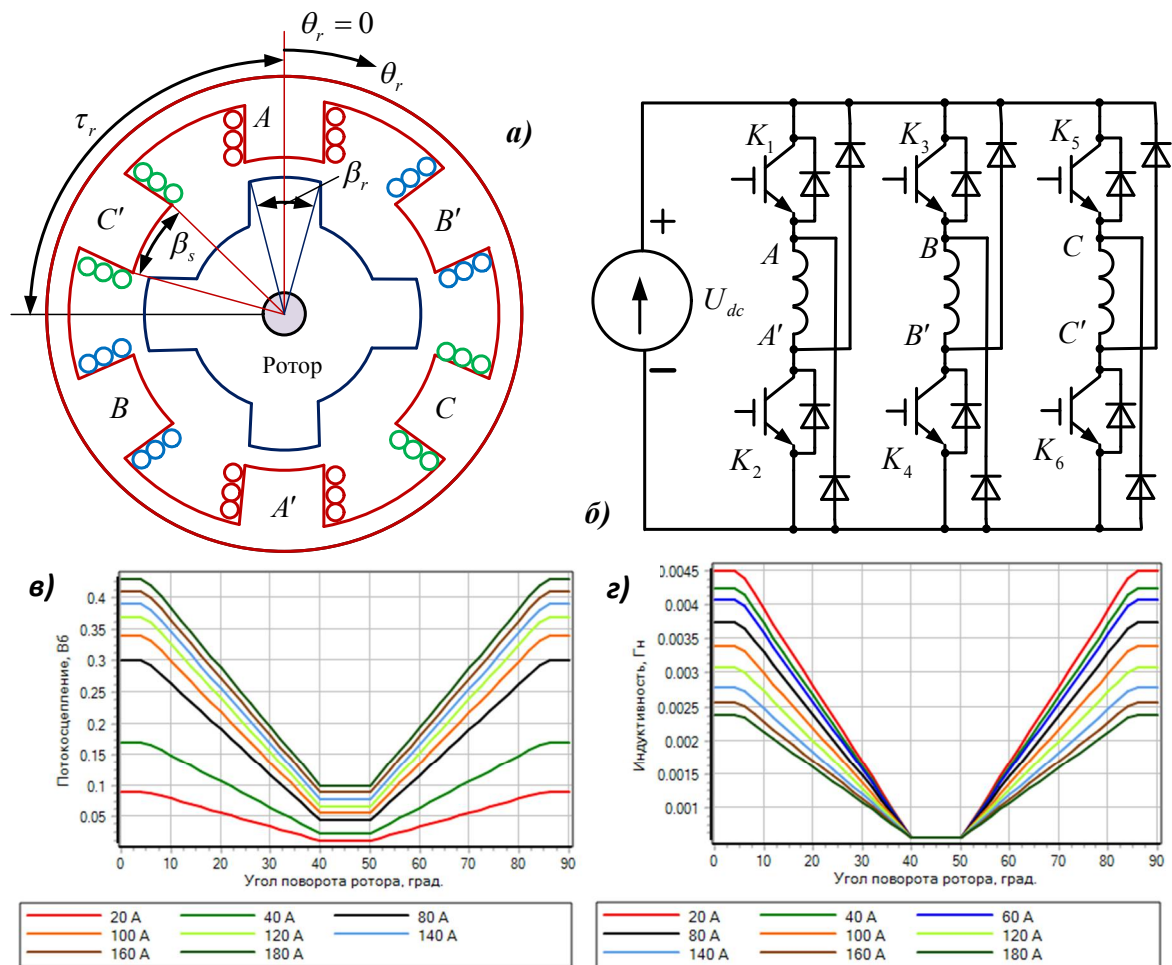


Рис. 1. ВИМ: конструктивная схема (а); схема подключения (б); зависимости потокосцепления обмотки статора (в) и ее индуктивности (г) от угла поворота ротора при различных токах

Уравнение равновесия напряжения для каждой фазы двигателя

$$U_f = Ri_f + \frac{d\Psi_f}{dt} = Ri_f + \frac{\partial\Psi_f}{\partial i_f} \cdot \frac{di_f}{dt} + \frac{\partial\Psi_f}{\partial \theta_r} \cdot \frac{d\theta_r}{dt}, \quad (2)$$

где U_f – фазное напряжение, В; R – активное сопротивление обмотки фазы, Ом.

В выражении (2) частную производную по фазному току i_f можно представить в виде некоторой переменной индуктивности, а третье слагаемое правой части как электродвижущую силу (ЭДС):

$$L = \frac{\partial \Psi_f}{\partial i_f}; E_f = \frac{\partial \Psi_f}{\partial \theta_r} \cdot \frac{d\theta_r}{dt}. \quad (3)$$

С учетом этого уравнение (2) примет вид

$$U_f = Ri_f + L \frac{di_f}{dt} + E_f. \quad (4)$$

Электромагнитный момент M_f , создаваемый каждой фазой обмотки статора, определяется через энергию, запасенную в магнитном поле [9]

$$M_f = \int \frac{\partial \Psi_f}{\partial \theta_r} dt = 0,5i_f^2 \frac{\partial L}{\partial \theta_r}. \quad (5)$$

Из выражений (3) – (5) следует, что для построения адекватной динамической модели ВИМ необходимо одновременно моделировать как его магнитную, так и его электрическую системы. Естественно, что подобный подход весьма громоздок и требует больших вычислительных ресурсов, но есть два упрощенных подхода к построения динамической модели ВИМ. Первый заключается в предварительном моделировании магнитной цепи ВИМ с помощью метода конечных элементов или схем замещения магнитной цепи, результаты которого представляются в виде двумерных массивов зависимости потокосцепления и момента от тока и угла поворота ротора [6, 9, 10]. Второй подход состоит в линеаризации кривых намагничивания, построении базовой линеаризованной кривой индуктивности, определении ее предельных значений и построении аппроксимирующих зависимостей для учета эффекта насыщения магнитной цепи [4, 6]. Каждый из этих подходов имеет свои достоинства и недостатки. Поэтому для построения динамической модели ВИМ выбираем компромиссный подход, который заключается в следующем. Примем, что индуктивность каждой фазы изменяется от угла поворота ротора согласно линеаризованной базовой кривой, изображенной на рисунке 2а. Зависимость индуктивности от фазного тока описывается набором кусочно-линейных кривых, полученных в результате кусочно-линейной аппроксимации кривых потокосцепления (рисунки 1в и 1г).

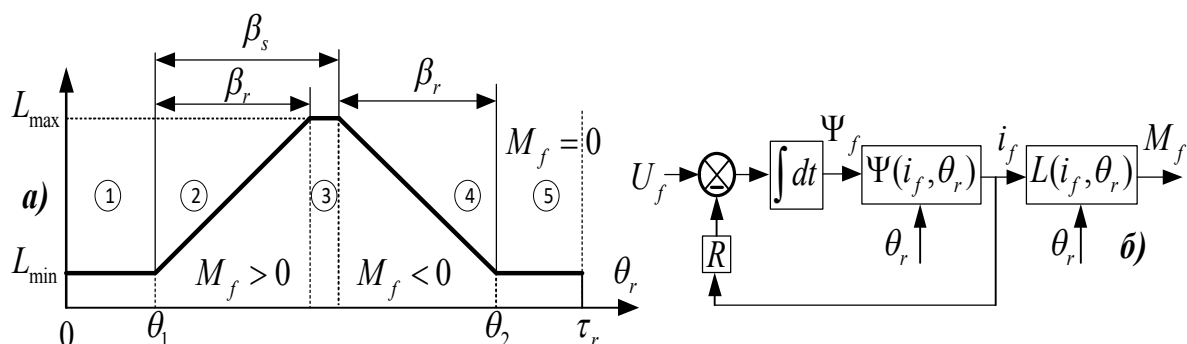


Рис. 2. Базовая кривая изменения индуктивности от угла поворота ротора (а) и алгоритмическая схема определения электромагнитного момента одной фазы (б)

На рисунке 2б приведена алгоритмическая схема определения мгновенного момента одной фазы двигателя. Потокосцепление обмотки вычисляется согласно уравнению (2)

$$\Psi_f = \int (U_f - Ri_f) dt. \quad (6)$$

По кривым рисунка 2а для текущего значения угла поворота ротора, определяемого соответствующим датчиком, вычисляется текущее значение тока i_f . При этом используются линейная (по углу) и сплайновая (по потокосцеплению) интерполяции табличных данных. Электромагнитный момент двигателя вычисляется по выражению (5) с учетом вида базовой

С учетом принятой формы кривой индуктивности ненулевое значение его производной существует только при значениях угла поворота ротора в диапазонах 2 и 4 (рисунок 2а), где создаются двигательный и тормозной моменты. Для компенсации тормозного момента может быть использована двухполярная схема коммутации обмоток [6, 9].

Список источников

1. Афоничев Д.Н. Информационные системы в электроэнергетике / Д.Н. Афоничев, С.Н. Пиляев. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – 233 с.
2. Афоничев Д.Н. Компьютерные технологии в научных исследованиях [Электронный ресурс] / Д.Н. Афоничев, В.В. Васильев, М.Ю. Еремин. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – 83 с. – URL: <http://catalog.vsau.ru/elib/books/b176235.pdf>.
3. Васильев Б.Ю. Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства. В 2-х т. Т. 2: Современный промышленный электропривод / Б.Ю. Васильев. – С-Пб.: Лань, 2022. – 392 с.
4. Красовский А.Б. Моделирование магнитных характеристик вентильно-индукторных машин / А.Б. Красовский, С.А. Кузнецов, Ю.В. Трунин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия Естественные науки, – 2007. – № 4(27). – С. 57–77.
5. Кузнецов В.А. Вентильно-индукторные двигатели / В.А. Кузнецов, В.А. Кузьмичев. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 70 с.

6. Сравнительный анализ методов управления вентильно-индукторной электрической машиной / Г.Л. Демидова, Я.Д. Дербилов, Ф.С. Петриков, Д.В. Лукичев, Р. Стжелецки, А.С. Анучин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2023. – Т. 23, № 2. – С. 390–402.

7. Среда динамического моделирования SimInTech [Электронный ресурс]. – URL: <http://simintech.ru>.

8. Chau K.T. Electric vehicle machines and drives. Design, analysis and application / K.T. Chau. – John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd, 2015. – 473 p.

9. Modelling and Control of Switched Reluctance Machines [Электронный ресурс] / Edited Rui Araújo and José Camacho. – URL: <https://www.intechopen.com/books/8899>.

10. Switched Reluctance Motor Drives. Fundamentals to Applications / Edited by Berker Bilgin, James Weisheng Jiang, Ali Emadi. – CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, 2019. – 824 p.

© Афоничев Д.Н., Пиляев С.Н., Пиляев В.С., 2024

УДК 629.3.027.2

Беляев Александр Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, заведующий кафедрой, доцент, доктор технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

Мухин Алексей Максимович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, студент, Россия, Воронеж,
e-mail: alex.fly2002@mail.ru

Оценка эффективности рулевой трапеции трактора Беларус-80.1

Аннотация. В статье приведены особенности конструкции рычажного механизма шестизвенной рулевой трапеции, представлены результаты моделирования правильного поворота и поворота, реализуемого шестизвенной рулевой трапецией на примере трактора Беларус-80.1, даны их сравнение и анализ.

Ключевые слова: трактор, рулевая трапеция, правильный поворот, фактический поворот, радиус поворота, графическое моделирование.

Belyaev Alexander N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Applied Mechanics, Head of the Department, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

Mukhin Alexey M.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, student, Russia, Voronezh,
e-mail: alex.fly2002@mail.ru

Evaluation of the effectiveness of the steering trapeze of the tractor Belarus-80.1

Abstract. The article presents the design features of the lever mechanism of the six-way steering trapeze, presents the results of modeling the correct rotation and rotation realized by the six-way steering trapeze on the example of the tractor Belarus-80.1, their comparison and analysis are given.

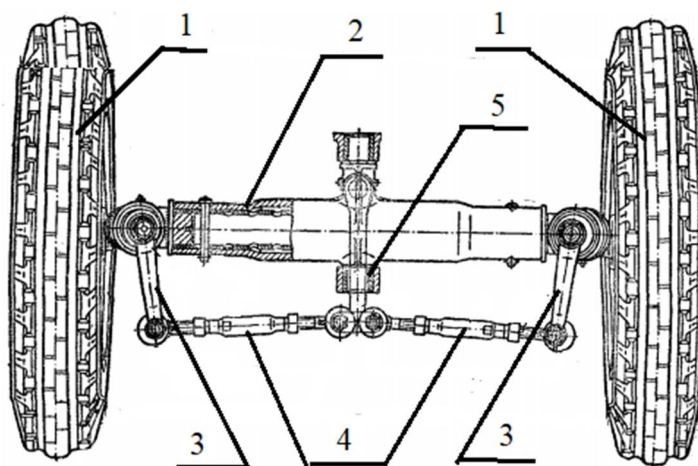
Keywords: tractor, steering trapeze, correct turn, actual turn, turning radius, graphical simulation.

Для выполнения поворота транспортного средства за счет изменения положения управляемых колес относительно остова в конструкциях большинства современных колесных машин, в том числе тракторов, в основном используется рычажный механизм рулевой трапеции (рулевая трапеция) [1, 2, 4, 8].

В зависимости от типа системы рулевого управления в тракторах марки Беларусь используются две конструкции рулевых трапеций: 1) с разрезной поперечной рулевой тягой, в основу которой положен шестизвенный шарнирно-рычажный механизм (система рулевого управления с гидроусилителем – ГУР); 2) с неразрезной поперечной рулевой тягой в виде четырехзвенного шарнирно-рычажного механизма (гидрообъемная система рулевого управления – ГОРУ).

Анализ результатов исследований геометрии четырехзвенной рулевой трапеции трактора Беларусь-80.1 и кинематики реализуемого ею поворота достаточно подробно проведен авторами [3, 7].

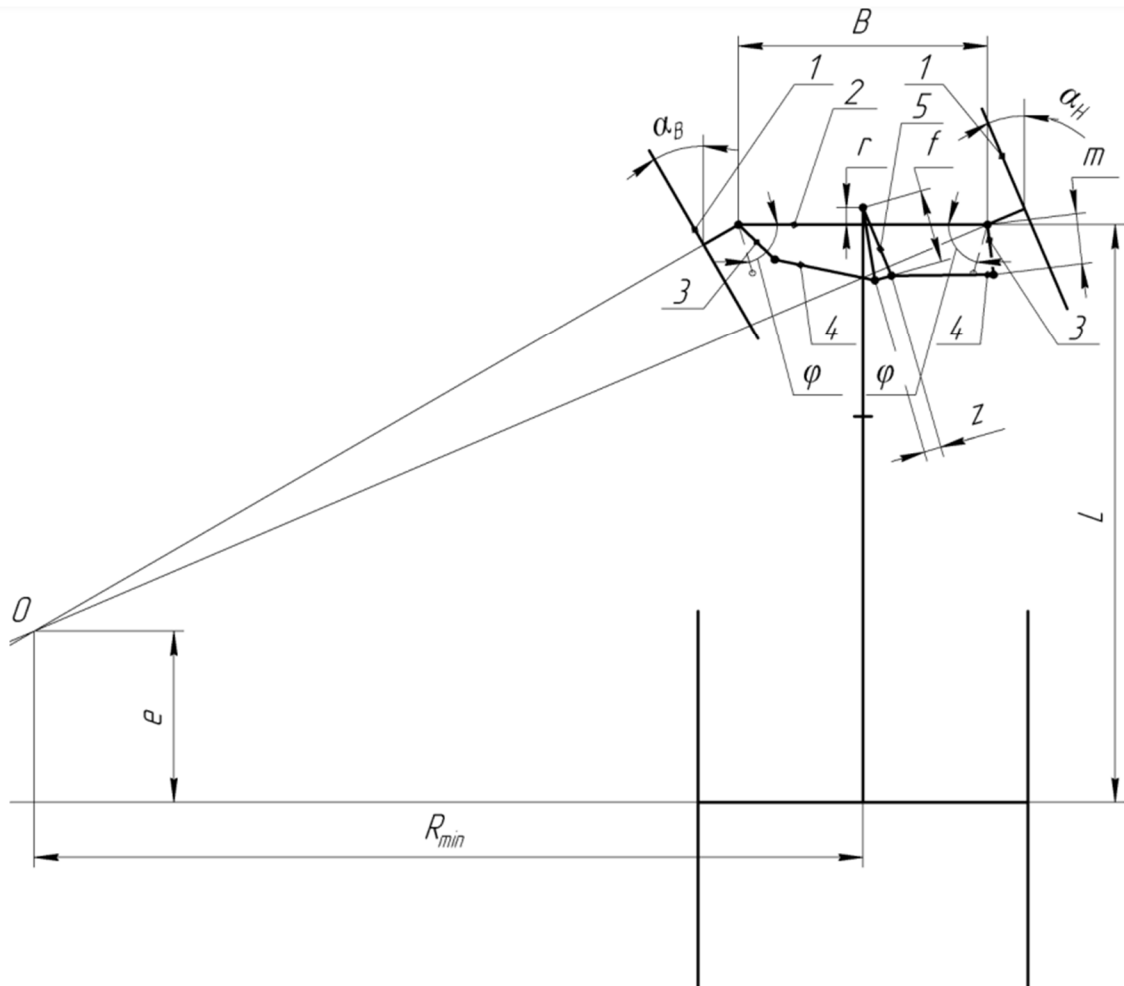
Целью настоящей работы является оценка кинематических характеристик поворота, реализуемого шестизвенной разрезной рулевой трапецией трактора Беларусь-80.1 (рис. 1).



1 – поворотные колеса; 2 – передняя ось; 3 – боковые рулевые рычаги;
4 – поперечные рулевые тяги; 5 – рулевая сошка

Рис. 1. Управляемый мост трактора Беларусь-80.1

Для чего была проведена графическая имитация фактического поворота, реализуемого данной рулевой трапецией трактора Беларус-80.1, с помощью системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D (рис. 2) [6].



1 – поворотные колеса; 2 – передняя ось; 3 – боковые рулевые рычаги;
4 – поперечные рулевые тяги; 5 – рулевая сошка

Рис. 2. Масштабная кинематическая схема поворота трактора Беларус-80.1

Согласно техническим характеристикам и натурным обмерам получены следующие исходные геометрические параметры, необходимые для моделирования: продольная база – $L = 2,37$ м; длины боковых поворотных рычагов – $m = 0,2066$ м; угол наклона боковых поворотных рычагов к продольной оси – $\varphi = 73,83^\circ$; длина рулевой сошки – $f = 0,3$ м; предельный угол поворота внутреннего колеса – $\alpha_B = 40^\circ$; расстояние от шарнира крепления рулевой сошки до оси переднего моста – $r = 0,07$ м; межосевое расстояние между отверстиями для крепления рулевых поперечных тяг к рулевой сошке – $z = 0,07$ м; шкворневая колея $B = 1,02$ м [5].

В таблицах 1 и 2 приведены, соответственно, результаты графического моделирования реального поворота трактора Беларус-80.1 посредством шестизвенной рулевой трапеции (рис. 2) [6] и численного моделирования правильного (идеального) поворота исследуемого трактора, позаимствованные в работе авторов [3].

Таблица 1. Кинематические параметры фактического поворота

№ п.п.	α_B , град	α_H , град	R_{min} , м	e , м
1	1	0,992	120,881	0,241
2	5	4,798	24,664	0,256
3	10	9,214	12,233	0,302
5	20	16,937	5,735	0,468
7	30	23,101	3,395	0,704
9	40	27,448	2,167	0,979

Таблица 2. Кинематические параметры идеального поворота

№ п.п.	α_B , град	α_H , град	R_{min} , м
1	1	0,993	136,287
2	5	4,819	27,599
3	10	9,3074	13,951
5	20	17,468	7,0215
7	30	24,818	4,615
9	40	31,653	3,335

Сравнение значений минимального радиуса поворота R_{min} рассматриваемых вариантов показало, что рулевая трапеция позволяет выполнить поворот с более меньшими его значениями: например, – на 10,63...35,022% при варьировании углом поворота внутреннего поворотного колеса от $\alpha_B=5^\circ$ до $\alpha_B=40^\circ$.

Таким образом, при шкворневой колее $B=1,02$ м шестизвенная рулевая трапеция выполняет поворот трактора Беларус-80.1 с заметно меньшим радиусом, чем при идеальном повороте, что указывает на его лучшую маневренность. Но при этом мгновенный центр поворота располагается внутри колесной базы трактора. Причем, с уменьшением R_{min} отклонение мгновенного центра поворота e от продолжения задней оси трактора, где он должен лежать, увеличивается: например, при $\alpha_B=5^\circ$ – $e=0,256$ м, а при $\alpha_B=40^\circ$ – $e=0,979$ м. Это указывает на то, что с ростом α_B интенсивнее нарушаются условия правильного поворота, предусматривающие чистое, без бокового проскальзывания, качение всех колес. Невыполнение указанных условий также увеличивает износ шин, динамические нагрузки на детали и узлы трансмиссии трактора.

Следовательно, необходимо проведение дополнительных исследований по совершенствованию конструкции шестизвенной

рулевой трапеции трактора Беларус-80.1 с целью устранения явного противоречия между сохранением им маневренности и осуществления его устойчивого и управляемого движения.

Список источников

1. Автомобили: конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть: учебное пособие / А.И. Гришкевич. – Мн.: Вышэйшая школа, 1987. – 200 с.
2. Бухарин Н.А. Автомобили. Конструкция, нагрузочные режимы, рабочие процессы, прочность агрегатов автомобиля: учебное пособие / Н.А. Бухарин, В.С. Прозоров, М.М. Щукин. – Л.: Машиностроение, 1973. – 504 с.
3. Определение положения мгновенного центра поворота и радиуса поворота при изменении ширины колеи колёсного трактора / А.Н. Беляев [и др.]. – Наука в Центральной России. – 2024. – № 3(69). – С. 73-84
4. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление / Й.Раймпель // Пер. с нем. В.Н. Пальянова; под ред. А.А. Гальбрейха. – М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
5. Руководство по эксплуатации тракторов «Беларус-80.1/82.1/820» // ООО «Минский тракторный завод», 2015. – 381 с.
6. Система трехмерного моделирования КОМПАС-3D. – Режим доступа – URL: <https://kompas.ru/> (дата обращения: 12.11.2024).
7. Согласование геометрических характеристик фактического поворота колёсной машины / А.Н. Беляев [и др.]. – Наука в Центральной России. – № 5 (71), 2024. – С. 105-112.
- 8.. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет / И.П. Ксенович. – М.: Машиностроение, 1991. – 544 с.

© Беляев А.Н., Мухин А.М., 2024

УДК 631.3.06

Мешкова Светлана Сергеевна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, старший преподаватель, кандидат технических наук, Россия, Воронеж, e-mail: sveta_meshkova_55@mail.ru

Астанин Владимир Константинович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, профессор, доктор технических наук Россия, Воронеж, e-mail: astanin_vk@mail.ru

Барыкин Константин Вадимович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, ассистент, Россия, Воронеж, e-mail: taviansky@yandex.ru

Определение оптимальной точки перегрузки сельскохозяйственного груза на границе поля сложной конфигурации

Аннотация. В статье предложена схема для определения оптимальной точки сельскохозяйственного груза на границе поля сложной конфигурации. Разработана формула для определения среднего пути перегрузчика согласно предложенной схеме.

Ключевые слова: точка перегрузки, поле сложной конфигурации, сельскохозяйственный груз, граница поля.

Meshkova Svetlana S.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Operation of Transport and Technological Machines, Senior Lecturer, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh, e-mail: sveta_meshkova_55@mail.ru

Astanin Vladimir K.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Operation of Transport and Technological Machines, Professor, Doctor of Technical Sciences Russia, Voronezh, e-mail: astanin_vk@mail.ru

Barykin Konstantin V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Operation of Transport and Technological Machines, assistant, Russia, Voronezh, e-mail: taviansky@yandex.ru

Determining the optimal point of transshipment of agricultural cargo at the border of a field of complex configuration

Abstract. The article proposes a scheme for determining the optimal point of agricultural cargo at the boundary of a field of complex configuration. A formula has been developed to determine the average path of the reloader according to the proposed scheme.

Keywords: overload point, field of complex configuration, agricultural cargo, field boundary.

При выполнении таких сельскохозяйственных операций как внесение удобрений и уборка урожая используется перегрузочная технология [1, 2]. При внесении удобрений самосвалы подвозят удобрения к полю и перегружают их в разбрасыватель. На уборке, например, зерновых культур накопитель забирает зерно от комбайнов, доставляет его на край поля и там перегружает в автомобили.

Для полей, имеющих сложную конфигурацию, возникает проблема: где на границе поля должна располагаться точка перегрузки сельскохозяйственного продукта из бункера-перегрузчика, собирающего сельскохозяйственный груз от комбайнов на поле, в транспортирующие автомобили. Для определения расположения оптимальной точки перегрузки на границе поля предлагается следующий метод.

Распределить равномерно множество точек внутри поля (в качестве примера взято случайно выбранное поле на сервисе Яндекс.Карты) представленного на рисунке 1.

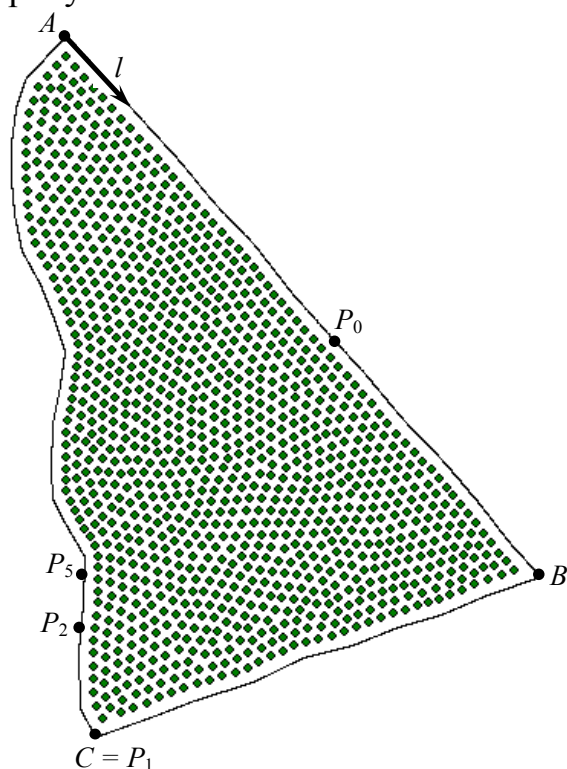


Рис. 1. Пример поля для определения оптимальной точки перегрузки

На выбранном поле получилось 1100 точек. Каждая точка условно представляет собой точку, в которой бункер-перегрузчик окажется полностью заполнен, и ему необходимо будет двигаться к границе поля, чтобы выгрузить сельскохозяйственный продукт в транспортирующие автомобили.

Если точки распределены относительно равномерно, то вероятность бункеру-перегрузчику оказаться заполненным в данной точке

приблизительно одинакова. Тогда оптимальной точкой P_0 , в которой целесообразно располагать автомобили, ожидающие бункер-перегрузчик, будет такая точка, для которой будет минимальным среднее расстояние L_c от которой до множества точек равновероятного заполнения бункера-перегрузчика:

$$L_c(x_0, y_0) = \frac{1}{N_T} \sum_{i=1}^{N_T} \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где x_0, y_0 – координаты точки P_0 на границе поля; N_T, x_i, y_i – количество и координаты точек равновероятного наступления события заполнения бункера-перегрузчика.

Для генерации множества равномерно распределенных точек внутри поля можно использовать следующий алгоритм:

1. Случайное равномерное распределение точек на плоскости с помощью генератора случайных чисел;
2. Проверка каждой точки на её нахождение внутри поля.

В случае полей сложной конфигурации, границы которых вводятся в программу пользователем путем указания порядка 100 точек манипулятором «мышь», часто очень сложно задать условия нахождения произвольной точки внутри поля. Поэтому более предпочтительны следующие два алгоритма:

1. Алгоритм движущихся взаимодействующих точек (рис. 1). Заданное количество точек располагается в центре поля. В условиях псевдо-физического приближения каждая точка обладает некоторой массой и может двигаться по законам классической динамики [3]. На точку действуют силы отталкивания со стороны остальных точек, со стороны точек границ поля, а также силы вязкого трения, обеспечивающие плавность движения точек. Для имитации движения точек производится численное интегрирование уравнений движения методом Рунге-Кутты второго порядка [4]. В результате согласованного движения точек формируется случайная плотная упаковка точек, в которой точки распределены с высоким уровнем равномерности;

2. Алгоритм распространения («заливки»). Задача решается на сетке (квадратной матрице точек) размерами ориентировочно 100x100 узлов, совмещаемой с полем. Линия границы поля преобразуется в заполненные узлы сетки, которые образуют замкнутую линию на исследуемой матрице. После этого в центре поля заполняется узел и от него начинается распространение («заливка»): на каждой из порядка 100 итераций рядом с заполненными узлами заполняются соседние узлы, если они еще не заполнены. Постепенно заполненными оказываются все узлы, ограниченные контуром поля. Эти заполненные точки и представляют собой равномерно распределенные точки равновероятного наступления события «заполнен бункер-перегрузчик».

В зависимости от расположения (координата l вдоль границы поля, начиная с точки A) точки перегрузки P_0 среднее расстояние движения бункера-перегрузчика L_c может быть существенно различным: для анализируемого поля от 0,39 до 0,75 км. Дальше всего бункеру-перегрузчику двигаться до вершин треугольника A, B, C : каждой вершине соответствует максимум на зависимости $L_c(l)$ расстояние L_c соответствует вершинам треугольника. Локальные минимумы соответствуют приблизительно серединам сторон треугольного поля. Минимальное значение функции $L_c(l) = 0,39$ км соответствуют точке, расположенной приблизительно в середине стороны AB треугольного поля (рис. 1, точка P_0).

График зависимости среднего расстояния от точки начала движения до оптимальной точки перегрузки показан на рисунке 2.

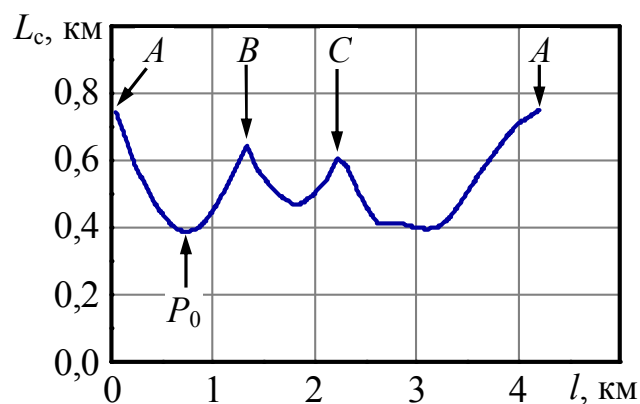


Рис. 2. Зависимость среднего расстояния L_c от точки l на границе поля до произвольной точки поля

Поскольку предложенная методика расчета требует значительного количества вычислений, для обоснования места расположения точки перегрузки сельскохозяйственного груза необходима разработка компьютерной программы.

Список источников

1. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства: учебно-методическое пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – 103 с.
2. Ряднов А.И. Эксплуатация машинно-тракторного парка: лабораторный практикум/ А.И. Ряднов, Р.В. Шарипов, С.В. Тронеv. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. – 140 с.
3. Воищев В.С. Физика. Физические основы механики, молекулярной физики и термодинамики: учебное пособие / В.С. Воищев, А.Н. Ларионов. – ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – 131 с.
4. Высшая математика в агроинженерии / В. П. Шацкий, П. В. Москалев, И. В. Гриднева, Л. И. Федулова. – ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – 308 с.

УДК 621.311.24

Пиляев Сергей Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
доцент кафедры электротехники и автоматики, кандидат технических наук, Россия,
Воронеж,
e-mail: pilyaevs@mail.ru

Пиляев Виктор Сергеевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
агроинженерный факультет, обучающийся, Россия, Воронеж,
e-mail: plaksher@gmail.ru

**Комбинированный регулятор скорости вращения ротора
электропривода электрического колесного трактора**

Аннотация. Для регулирования частоты вращения ротора электродвигателя предложен комбинированный регулятор, включающий в себя пропорционально-интегральный-дифференциальный регулятор, коэффициенты которого устанавливаются в режиме реального времени с помощью FUZZY регулятора. Результаты моделирования системы управления электропривода электрического колесного трактора показали, что комбинированный регулятор обеспечивает более высокое качество регулирования, чем классический пропорционально-интегральный-дифференциальный регулятор.

Ключевые слова: регулятор, компьютерное моделирование, электродвигатель, угловая скорость вращения ротора, электрический колесный трактор.

Pilyaev Sergey N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: pilyaevs@mail.ru

Pilyaev Victor S.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Agroengineering
Faculty, student, Russia, Voronezh,
e-mail: plaksher@gmail.ru

Combined rotor speed regulator of electric drive of electric wheeled tractor

Annotation. To regulate the rotation speed of the electric motor rotor, a combined regulator is proposed, including a proportional-integral-differential regulator, the coefficients of which are set in real time using a FUZZY controller. The results of modeling the control system of the electric drive of an electric wheeled tractor showed that the combined regulator provides a higher quality of regulation than the classic proportional-integral-differential regulator.

Keywords: controller, computer simulation, electric motor, angular rotation speed of the rotor, electric wheeled tractor.

Тенденция использования тягового электрического электропривода в тракторах и мобильной сельскохозяйственной технике получает все большее распространение в нашей стране в последнее время [2, 3]. Достаточно часто в качестве тягового электродвигателя в таких

электроприводах выбираются бесконтактные двигатели постоянного тока (БДПТ) [2, 5, 7]. Это обусловлено их высокой энергетической эффективностью, возможностью управления в широком диапазоне моментом и частотой вращения ротора также, как и коллекторным двигателем постоянного тока [5], но без снижающих надежность элементов, таких как коллектор и щетки. Управляющим воздействием на БДПТ, как и для коллекторного двигателя, является величина тока в обмотке статора, которая формируется соответствующим фазным напряжением с помощью инвертора [5, 7].

Функциональная схема электропривода имеет вид, представленный на рисунке 1а. Здесь используется каскад из двух последовательно включенных систем регулирования: частоты (скорости) вращения ротора, регулятор которой вырабатывает требуемое значение фазного тока, и системы регулирования задаваемого тока.

В качестве регулятора скорости вращения ротора БДПТ обычно используется классический пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор, который функционирует по следующему закону [1, 4]

$$I_{ref} = \Omega_{ref} + k_p \Delta\Omega + k_i \int \Delta\Omega dt + k_d \frac{d\Delta\Omega}{dt}; \Delta\Omega = \Omega_{ref} - \Omega_r, \quad (1)$$

где I_{ref} – установка для регулятора тока, А; Ω_{ref} – задаваемое значение скорости вращения ротора двигателя, c^{-1} ; k_p, k_i, k_d – коэффициенты настройки пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих регулятора; Ω_r – текущее значение скорости вращения ротора двигателя, c^{-1} .

Если $k_d = 0$, то регулятор становится пропорционально-интегральным (ПИ). При всех своих достоинствах ПИ и ПИД регуляторы обладают одним недостатком: качество регулирования определяется правильностью задания их коэффициентов настройки [4]. Обычно коэффициенты настройки регулятора выбираются для одного определенного режима работы объекта управления. В тоже время, БДПТ, как и большинство объектов управления, являются нелинейными и им свойственна изменчивость параметров в процессе работы. Настройка параметров ПИД-регулирования таких систем очень сложна, плохо поддается проверке, поэтому трудно добиться оптимальной работы регулятора в натуральных условиях на реальном объекте.

Регуляторы, основанные на нечеткой логике (FUZZY регуляторы), позволяют обеспечить более простой и эффективный закон регулирования для различных сложных нелинейных систем, чем просто ПИД регуляторы

[1, 6, 8, 9]. Однако, несмотря на то, что применение регуляторов этого типа было успешным по сравнению с классическими контроллерами, задание эвристических правил управления, положенных в их основу, определяется, прежде всего, знаниями и опытом проектировщика или оператора. Для того чтобы избежать влияния опыта проектировщика и повысить качество регулирования целесообразно использование комбинации классического ПИД и FUZZY регуляторов [9]. Известно много различных структур FUZZY регуляторов [6, 8, 9]. Все это многообразие регуляторов можно классифицировать на три основные группы в зависимости от способа их построения.

Первая группа характеризуется тем, что типичный FUZZY регулятор строится как набор эвристических правил управления, а управляющий сигнал выводится непосредственно из базы знаний и нечетких выводов. Поскольку здесь нечеткий регулятор непосредственно управляет процессом, то регуляторы этой структуры называются FUZZY регуляторами прямого действия. Ко второй группе относятся системы управления комбинированного типа, где коэффициенты усиления обычного ПИД регулятора настраиваются в режиме реального времени на основе базы знаний и нечетких выводов FUZZY регулятора, а управляющий сигнал вырабатывает обычный ПИД регулятор. К третьей группе относятся так называемые гибридные регуляторы, в которых одновременно работают как FUZZY регулятор, так и ПИД регулятор.

Рассмотрим пример использования регулятора комбинированного типа в системе управления скоростью вращения БДПТ. Функциональная схема регулятора показана на рисунке 1б.

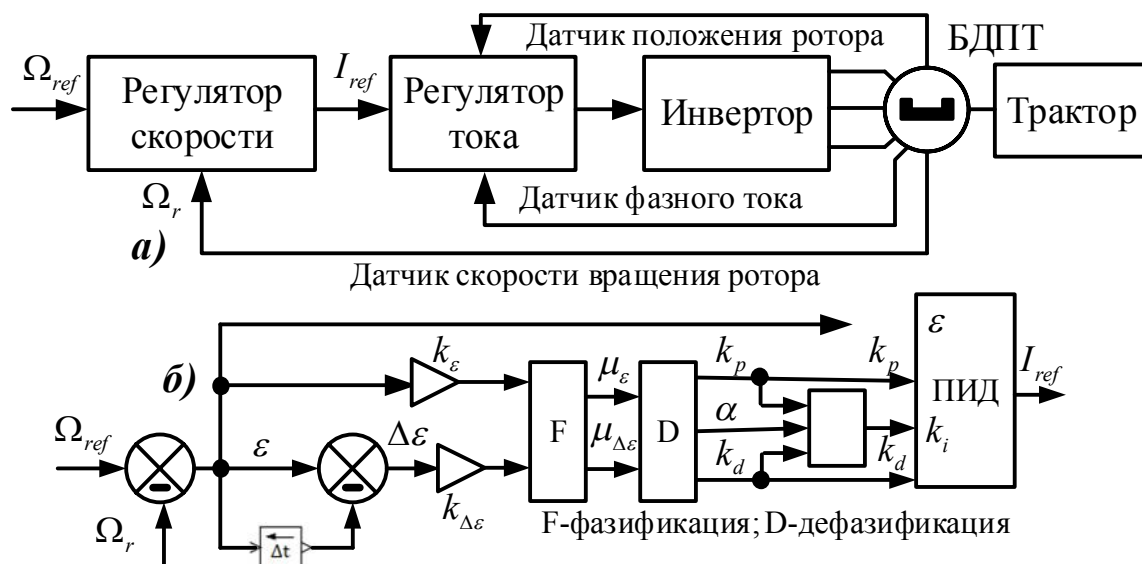


Рис. 1. Функциональная схема тягового электропривода с БДПТ (а) и схема комбинированного регулятора скорости (б)

Поскольку регулятор реализуется на контроллере с дискретной частотой вычисления, то для определения скорости изменения отклонения от заданного значения частоты вращения ε используется разность между его значениями на текущем и предыдущем такте вычисления. Полученные текущие значения ε и $\Delta\varepsilon$ нормализуются с помощью коэффициентов k_ε и $k_{\Delta\varepsilon}$ исходя из номинального значения частоты вращения электродвигателя. Далее происходит фазификация этих лингвистических параметров согласно функциям принадлежности, показанным на рисунке 2а. Обозначение функций принадлежности стандартное [6, 8]. Дефазификация и определение коэффициентов ПИД регулятора k_p и k_d происходит согласно функциям принадлежности, представленным на рисунке 2б, и таблицы правил нечеткого вывода (таблица 1).

Коэффициент интегральной составляющей ПИД регулятора вычисляется согласно рекомендациям [8]

$$k_i = \frac{k_p^2}{\alpha k_d}, \quad (2)$$

где α – лингвистическая переменная, определяемая по правилам таблицы 2 и функциям принадлежности, представленным на рисунке 2в.

Таблица 1. Правила нечеткого вывода для коэффициентов k_p и k_d

ε	$\Delta\varepsilon$													
	k_p							k_d						
	NB	NM	NS	ZR	PS	PM	PB	NB	NM	NS	ZR	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PB	PB	PB	PB	PB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB
NM	NB	PB	PB	PB	PB	PB	NB	PB	PB	NB	NB	NB	PB	PB
NS	NB	NB	PB	PB	PB	NB	NB	PB	PB	PB	NB	PB	PB	PB
ZR	NB	NB	NB	PB	NB	NB	NB	PB	PB	PB	PB	PB	PB	PB
PS	NB	NB	PB	PB	PB	NB	NB	PB	PB	PB	NB	PB	PB	PB
PM	NB	PB	PB	PB	PB	PB	NB	PB	PB	NB	NB	NB	PB	PB
PB	PB	PB	PB	PB	PB	PB	PB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB

Далее, согласно схеме рисунка 1а, в программном комплексе SimInTech [5] была построена компьютерная модель электропривода трактора. Сравнивая результаты моделирования управления скоростью вращения ротора БДПТ с посредством обычного ПИД регулятора и ПИД регулятора с нечеткой настройкой можно заметить, что последний обладает лучшими динамическими характеристиками и обеспечивает

более лучшее качество регулирования, чем обычный ПИД регулятор. На рисунках 2г и 2д показаны соответственно кривые изменения частоты вращения двигателя с обычным ПИД регулятором и комбинированным регулятором.

Таблица 2. Правила нечеткого вывода для коэффициента α

ε	$\Delta\varepsilon$						
	NB	NM	NS	ZR	PS	PM	PB
NB	2	2	2	2	2	2	2
NM	3	3	2	2	2	3	3
NS	4	3	3	2	3	3	4
ZR	5	4	3	3	3	4	5
PS	4	3	3	2	3	3	4
PM	3	3	2	2	2	3	3
PB	2	2	2	2	2	2	2

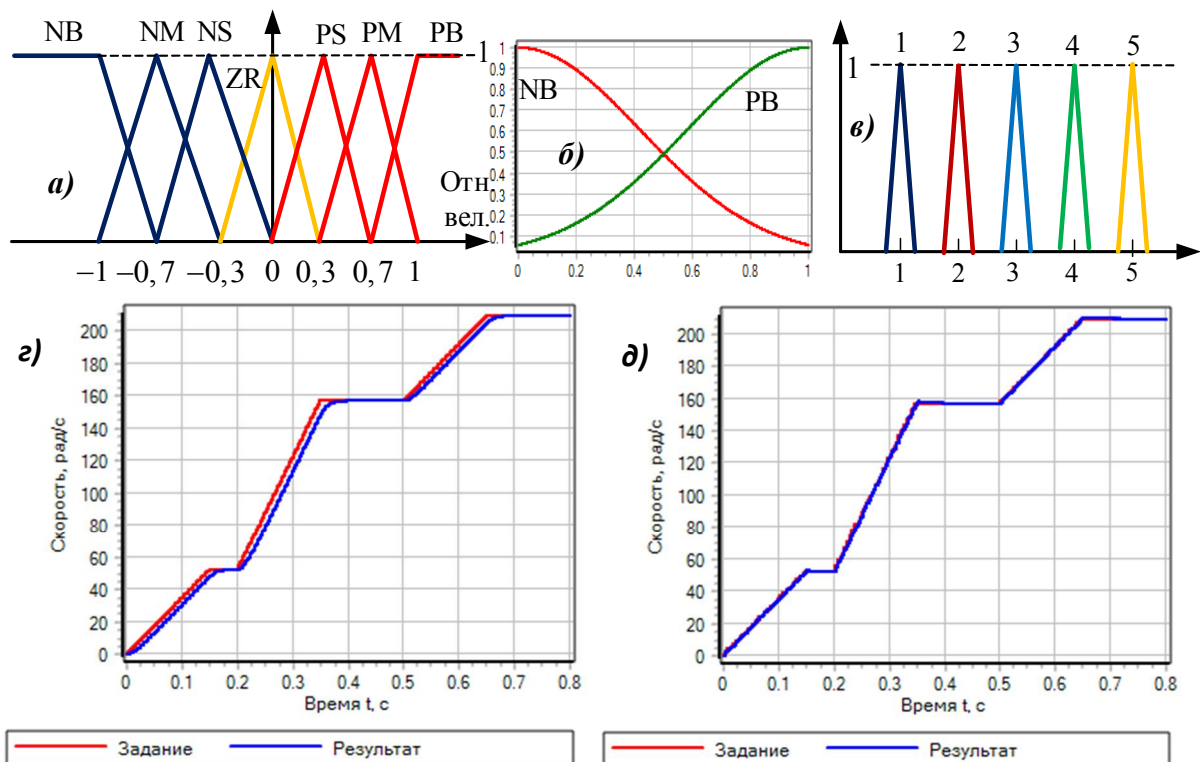


Рис. 2. Функции принадлежности фазификации k_ε и $k_{\Delta\varepsilon}$ (а); дефазификации и определения коэффициентов ПИД регулятора k_p и k_d (б); лингвистической переменной α (в); кривые изменения частоты вращения ротора БДПТ при использовании ПИД регулятора (г) и комбинированного FUZZY-ПИД регулятора (д)

Таким образом, результаты компьютерного моделирования показывают, что добавление регулятора на основе нечеткой логики устраняет недостатки обычного ПИД регулятора.

Список источников

1. Автоматика / Д.Н. Афоничев, С.Н. Пиляев, М.Ю. Еремин, И.И. Аксенов, Р.М. Панов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – 231 с.
2. Афоничев Д.Н. Выбор типа электродвигателя для электрического трактора / Д.Н. Афоничев, В.С. Пиляев, С.Н. Пиляев // Проблемы ресурсобеспеченности и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – С. 233–239.
3. Афоничев Д.Н. Концепция разработки сельскохозяйственного гибридного колесного трактора / Д.Н. Афоничев, В.С. Пиляев, С.Н. Пиляев // Проблемы ресурсобеспеченности и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – С. 114–119.
4. Пиляев С.Н. Основы теории автоматического управления / С.Н. Пиляев, П.О. Гуков, Р.М. Панов. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2012. – 215 с.
5. Пиляев С.Н. SimInTech: автоматизированный электропривод на основе машин переменного тока / С.Н. Пиляев. – М.: ДМК Пресс, 2024. – 200 с.
6. Нечеткое моделирование и управление в технических системах / Ю.И. Кудинов, Ф.Ф. Пашенко, И.Ю. Кудинов, А.Ф. Пашенко. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 208 с.
7. Kwang Hee. AC Motor Control and Electrical Vehicle Applications Second Edition / Hee Kwang. – USA, Broken: CRC Press. Taylor & Francis Group, 2019. – 575 p.
8. Mahmoud Magdi S. Fuzzy Control, Estimation and Diagnosis. Single and Interconnected Systems / Magdi S. Mahmoud. – Switzerland: Springer International Publishing AG, 2018. – 704 p.
9. Zdenko Kovacic, Stjepan Bogdan. FUZZY Controller design. Theory and Applications / Zdenko Kovacic, Stjepan Bogdan. – Broken: Taylor & Francis Group international, 2006. – 405 p.

© Пиляев С.Н., Пиляев В.С., 2024

УДК 621.311.24

Пиляев Сергей Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
доцент кафедры электротехники и автоматики, кандидат технических наук, Россия,
Воронеж,
e-mail: pilyaevs@mail.ru

Аксенов Игорь Игоревич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
доцент кафедры электротехники и автоматики, кандидат технических наук, Россия,
Воронеж,
e-mail: i@igoraksenov.ru

Филонов Сергей Александрович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
доцент кафедры электротехники и автоматики, кандидат технических наук, Россия,
Воронеж,
e-mail: filonovser@yandex.ru

**Модельное прогнозирующее управление синхронным
электродвигателем с постоянными магнитами**

Аннотация. Рассмотрена возможность использования для управления синхронными электродвигателями с постоянными магнитами модельного прогнозного управления, которое позволяет заранее определить возможные изменения параметров объекта управления при различных управляющих воздействиях, и может принимать решение о наилучшем управляющем воздействии на объект управления для достижения оптимального значения некоторой целевой функции.

Ключевые слова: синхронный электродвигатель с постоянными магнитами, прогнозное управление, ток статора, угловая скорость вращения ротора, оптимизация.

Pilyaev Sergey N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: pilyaevs@mail.ru

Axenov Igor Igorevich

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: i@igoraksenov.ru

Filonov Sergey Alexandrovich

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: filonovser@yandex.ru

Model predictive control of permanent magnet synchronous electric motor

Abstract. The possibility of using model predictive control for controlling synchronous electric motors with permanent magnets is considered, which allows you to determine in advance possible changes in the parameters of the control object under various control

actions, and can decide on the best control action on the control object to achieve the optimal value of some objective function.

Keywords: synchronous electric motor with permanent magnets, predictive control, stator current, angular rotation speed of the rotor, optimization.

Предиктивное (*англ.* Predictive Control), или прогнозное управление является одной из методик теории оптимального управления [4, 6]. Модельное прогнозирующее управление (МПУ) – ветвь предиктивного управления находит в настоящее время применение в электроприводах и силовой электронике [6, 7]. Применение этого метода управления позволяет решить две задачи:

1) заранее определить возможные изменения параметров объекта управления при различных управляющих воздействиях;

2) система управления может принимать решение о наилучшем управляющем воздействии на объект управления для достижения оптимального значения некоторой целевой функции.

При управлении частотой вращения электродвигателя МПУ позволяет выбирать такие значения питающего напряжения, чтобы удерживать, например, потребляемый ток, в пределах заданного диапазона изменения или заставить его изменяться по желаемой траектории [3, 5]. В более общем смысле этот метод управления выбирает управляющее воздействие для оптимизации заданной целевой функции и в тоже время позволяет находить компромисс между различными целями. В общем случае МПУ основано на использовании дискретной модели объекта управления в пространстве состояния в следующем общем классическом виде [4]:

$$[x(k+1)] = [A][x(k)] + [B][u(k)]; [y(k)] = [C][x(k)] + [D][u(k)], \quad (1)$$

где $[x(k)], [x(k+1)]$ – векторы состояния системы в текущий и следующий моменты времени дискретизации соответственно; $[u(k)], [y(k)]$ – векторы входа (управляющее воздействие) и выхода (управляемый параметр) модели объекта управления в текущий момент времени; $[A]$ – матрица состояния объекта; $[B]$ – матрица входа; $[C]$ – матрица выхода; $[D]$ – матрица возмущений.

Целевая функция оптимизации управления состояниями входов системы

$$J = F(x(k), u(k), x(k+1), u(k+1), \dots, x(k+N), u(k+N)), \quad (2)$$

где N – положительное число, известное как горизонт прогнозирования и представляющее собой количество будущих шагов дискретизации, по которым система управления может предсказать функциональность объекта управления.

Вектор $u(k+N)$ – это управляющее воздействие на шаге $k+N$. Последовательность входов, предшествующих $u(k+N)$, также включается в вычисление целевой функции (2), как это показано на рисунке 1а. На каждом k -ом временном шаге управляющий контроллер получает или оценивает текущее состояние объекта управления (рис. 1б). Далее он рассчитывает последовательность управляющих воздействий, которая минимизирует целевую функцию J на горизонте прогнозирования, решая задачу оптимизации с ограничениями на основании модели объекта управления (1).

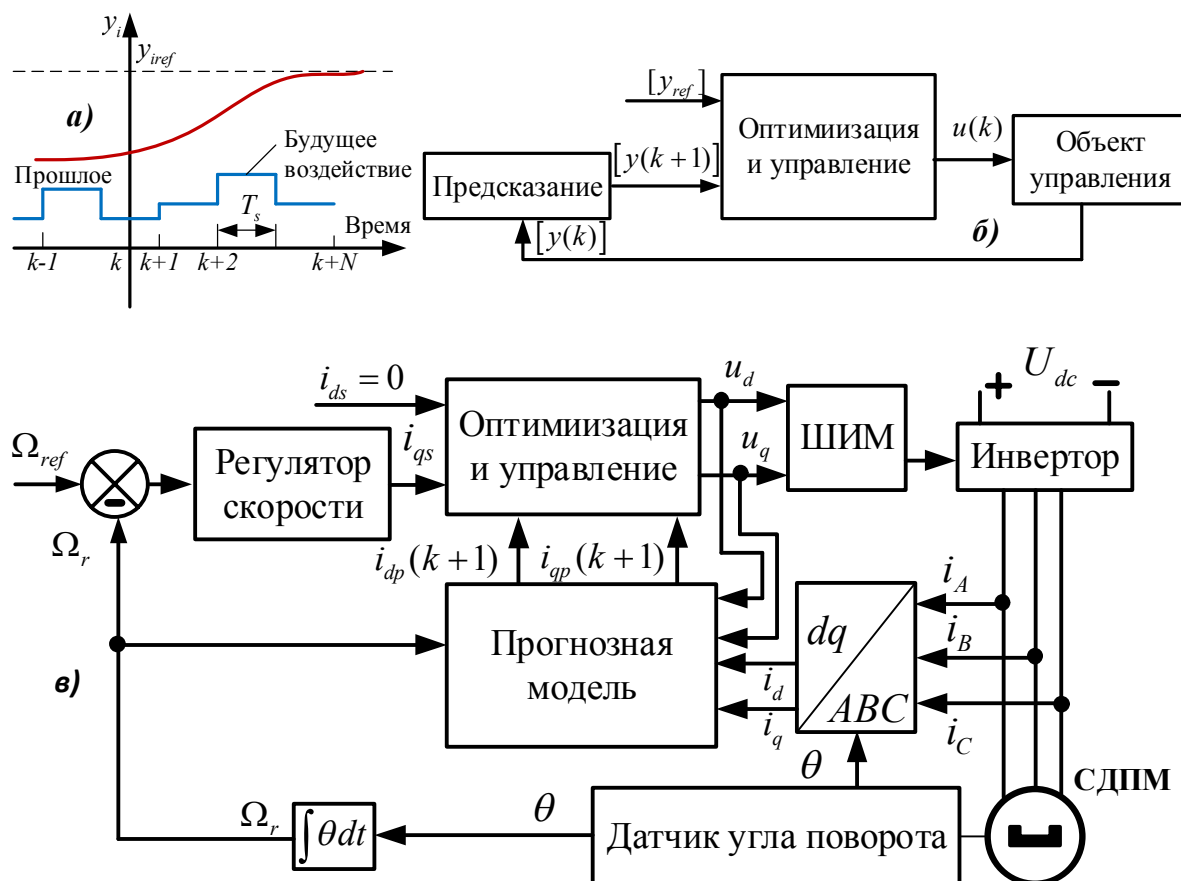


Рис. 1. Принцип модельного прогнозирующего управления (а), его функциональная схема (б) и структурная схема модельного прогнозирующего управления СДПМ (в)

Затем контроллером реализуется только первое, вычисленное на горизонте прогнозирования управляющее воздействие, игнорируя последующие. Обычно в целевую функцию управления включается задача минимизации отклонения управляемых параметров от вектора заданных

значений $[y_{ref}]$, таким образом, исключается из контура управления пропорционально-интегральный регулятор. На следующем временном шаге процесс повторяется. На рисунке 1б показана функциональная схема такого прогнозного управления. Она включает в себя два модуля: прогнозирования и оптимизации.

Модуль прогнозирования представляет собой модель объекта управления, с помощью которой реализуется предсказание поведения управляемых параметров для всех возможных управляющих воздействий в горизонте прогнозирования. С помощью модуля оптимизации формируется целевая функция J и определяется наилучшее значение управляющего воздействия, минимизирующее значение целевой функции. Тем самым уменьшается ошибка между прогнозируемыми и заданными управляемыми переменными, что является частью целевой функции, как упоминалось ранее, в дополнение к возможным другим желаемым условиям для оптимизации работы системы управления.

На рисунке 1в представлена структурная схема модельного прогнозирующего управления частотой вращения ротора синхронного электродвигателя с постоянными магнитами (СДПМ) с помощью управления магнитным потоком [3, 5].

Для неявнополюсного СДПМ уравнения для определения токов i_d и i_q выглядят так [5]

$$\begin{aligned} \frac{di_d}{dt} &= \frac{1}{L_s} (u_d - R_s i_d + \omega_r L_s i_q); \\ \frac{di_q}{dt} &= \frac{1}{L_s} (u_q - R_s i_q - \omega_r L_s i_d - \omega_r \Psi_m), \end{aligned} \quad (3)$$

где t – время, с; L_s – индуктивность обмотки статора, Гн; u_d, u_q – напряжение питания по осям модели d и q , В; R_s – активное сопротивление обмотки статора, Ом; $\omega_r = p\Omega_r$ – электрическая частота вращения ротора, с⁻¹; p – число пар полюсов обмотки статора; Ω_r – механическая частота вращения ротора, с⁻¹; Ψ_m – магнитный поток постоянного магнита, Вб.

При дискретном управлении с достаточно малым периодом дискретизации T_s производные токов могут быть представлены в следующем виде [1, 6]

$$\frac{di}{dt} \approx \frac{i(k+1) - i(k)}{T_s}, \quad (4)$$

где $i(k), i(k+1)$ – ток на текущем и последующем шагах дискретизации, А.

С учетом (4) уравнения (3) запишутся так

$$\begin{aligned} i_{dp}(k+1) &= \left(1 - \frac{R_s T_s}{L_s}\right) i_d(k) + T_s \omega_r i_q(k) + \frac{T_s}{L_s} u_d; \\ i_{qp}(k+1) &= \left(1 - \frac{R_s T_s}{L_s}\right) i_q(k) - T_s \omega_r i_d(k) - T_s \omega_r \Psi_m + \frac{T_s}{L_s} u_q. \end{aligned} \quad (5)$$

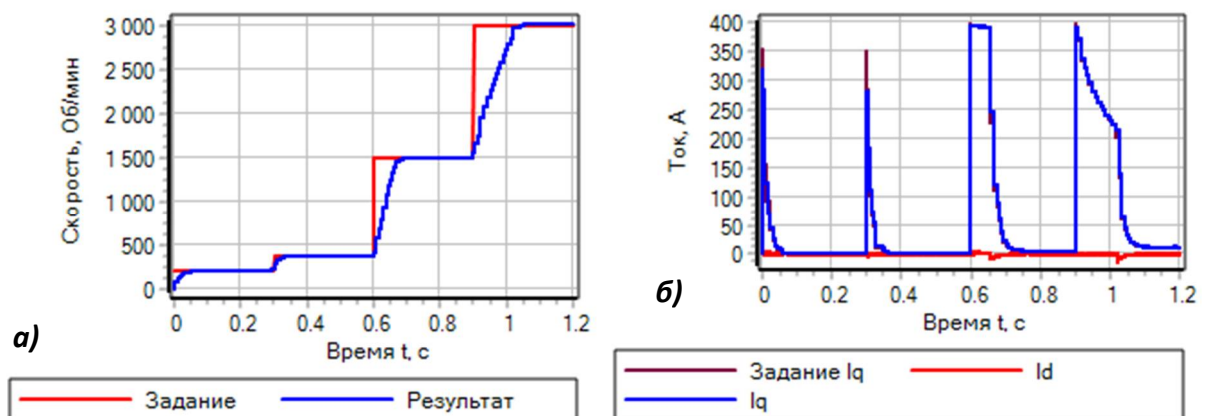
Весовая функция оптимизационного процесса в простейшем виде с учетом только основных требований токового управления ($i_d = 0, i_q = i_{qs}$) [5] и ограничения по максимальному току статора может быть представлена в следующем виде

$$J = (i_{qs} - i_{qp}(k+1))^2 + (i_{dp}(k+1))^2 + F(i_{dp}(k+1), i_{qp}(k+1)), \quad (6)$$

где $F(i_{dp}(k+1), i_{qp}(k+1))$ – штрафная функция на превышение тока от максимально допустимого значения.

$$\begin{aligned} F(i_{dp}(k+1), i_{qp}(k+1)) &= \infty, \text{ при } i_{dp} > i_{\max} \text{ или } i_{qp} > i_{\max}; \\ F(i_{dp}(k+1), i_{qp}(k+1)) &= 0, \text{ при } i_{dp} \leq i_{\max} \text{ и } i_{qp} \leq i_{\max}. \end{aligned} \quad (7)$$

Полученный алгоритм управления СДПМ с постоянными магнитами был реализован в программном комплексе SimInTech [1, 2, 5], результаты представлены на рисунке 2.



а – частота вращения ротора; б – ток статора
Рис. 2. Результаты компьютерного моделирования системы прогнозного управления частотой вращения ротора СДПМ

Таким образом, предложенный алгоритм управления может быть успешно использован в реальных системах управления электроприводами на основе СДПМ.

Список источников

1. Афоничев Д.Н. Компьютерные технологии в научных исследованиях [Электронный ресурс] / Д.Н. Афоничев, В.В. Васильев, М.Ю. Еремин. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – 83 с. – URL: <http://catalog.vsau.ru/elib/books/b176235.pdf>.
2. Афоничев Д.Н. Моделирование пространственно-векторного управления матричным преобразователем напряжения в программном комплексе SimInTech / Д.Н. Афоничев, С.Н. Пиляев, С.А. Врагов // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – Ч. IV. – С. 17–21.
3. Васильев Б.Ю. Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства. Том 1. Основы электропривода и преобразовательной техники / Б.Ю. Васильев. – С-Пб.: Изд-во «Лань», 2022. – 356 с.
4. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т.5. Методы современной теории автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784 с.
5. Пиляев С.Н. SimInTech: автоматизированный электропривод на основе машин переменного тока / С.Н. Пиляев. – М.: ДМК Пресс, 2024. – 200 с.
6. Jose Rodriguez. Predictive control of power converters and electrical drives / Jose Rodriguez and Patricio Cortes. – United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd, 2012. – 231 p.
7. Sadegh Vaez-Zadeh. Control of Permanent Magnet Synchronous Motors / Vaez-Zadeh Sadegh. – USA, New York: Oxford University Press, 2018. – 358 p.

© Пиляев С.Н., Аксенов И.И., Филонов С.А., 2024

УДК 631.347+004.942

Химченко Аркадий Васильевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, доцент кафедры прикладной механики, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж,
e-mail: himch.arkady@yandex.ru

Мищенко Николай Иванович

Автомобильно-дорожный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, кафедра автомобильного транспорта, заведующий кафедрой профессор, доктор технических наук, Горловка,
e-mail: mim2802@mail.ru

Заболотная Алла Александровна

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра прикладной механики, старший преподаватель, Воронеж,
e-mail: allavolod@yandex.ru

Петров Александр Игоревич

Автомобильно-дорожный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, кафедра автомобильного транспорта, аспирант, Горловка,
e-mail: alex.petrov1995@hotmail.com

**Прочностной анализ конструкции сборочной единицы при
ограниченных вычислительных ресурсах**

Аннотация. В работе рассмотрен метод моделирования рабочих процессов гидравлической системы опрыскивателя с индивидуальным управлением группами форсунок электромагнитными клапанами с широтно-импульсной модуляцией управляющего сигнала. Полученная имитационная модель позволяет исследовать работу системы на различных режимах производить разработку и отладку систем управления работой опрыскивателя. Приведены примеры результатов моделирования.

Ключевые слова: точное земледелие, опрыскиватель, гидравлическая система, индивидуальное управление форсунками, имитационное моделирование.

Khimchenko Arkady V.

Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great, Department of Agricultural Machines, Tractors and Automobiles, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Voronezh,
e-mail: himch.arkady@yandex.ru

Mishchenko Nikolay I.

Automobile and Road Institute (branch) of the Donetsk National Technical University in Gorlovka, Department of Automobile Transport, Head of Department Professor, Doctor of Technical Sciences, Gorlovka,
e-mail: mim2802@mail.ru

Zabolotnaya Alla A.

Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great, Department of Applied Mechanics, Senior Lecturer, Voronezh,
e-mail: allavolod@yandex.ru

Petrov Alexander I.

Automobile and Road Institute (branch) of the Donetsk National Technical University in Gorlovka, Department of Automobile Transport, postgraduate, Gorlovka,
e-mail: alex.petrov1995@hotmail.com

Modeling of a hydraulic system of a sprayer with individual control of groups of nozzles

Abstract. The paper considers a method for modeling the working processes of a hydraulic system of a sprayer with individual control of groups of nozzles by electromagnetic valves with pulse-width modulation of the control signal. The resulting simulation model allows one to study the operation of the system in various modes and to develop and debug control systems for the operation of the sprayer. Examples of the modeling results are given.

Keywords: precision farming, sprayer, hydraulic system, individual nozzle control, simulation modeling.

Современные средства моделирования значительно упростили разработку принципиально новых конструкций различных технических средств. Программные средства, реализующие метод конечных элементов для прочностного анализа, позволяют уже на этапе проектирования оценить проблемные места в конструкции или провести топологическую оптимизацию [4], для получения деталей равной прочности. Поэтому данная технология широко применяется при анализе конструкций [1, 3, 5]. При ограниченных вычислительных возможностях достаточно важно правильно выбрать параметры расчётной сетки. Увеличение размеров тетраэдров может привести в дальнейшем к снижению точности конечного результата. Уменьшение размеров приводит к потребности в большом количестве оперативной памяти. Кроме того, существенно возрастают затраты времени на выполнение расчётов.

Как показывает опыт выполнения подобных расчётов, в первую очередь проблемы с точностью появляются в местах концентрации напряжения. Иногда точки максимального напряжения можно увидеть на поверхности с разряжённой сеткой. В таких случаях уменьшение размеров тетраэдра приводит к уточнению фактических значений, напряжений или коэффициента запаса, но место появления максимального значения напряжения, как правило, остаётся тем же.

Развитие вычислительной техники привело к появлению возможности у многих инженеров выполнять анализ не отдельных деталей, а сборочной единицы в целом. Такой анализ имеет некоторое преимущества. Возможно оценить взаимодействие деталей между собой, а также зачастую проще определить нагрузки и точки закрепления сборки. С другой стороны, это приводит к необходимости более тщательной проработке сборки перед прочностным анализом. Отдельно вновь появляется проблема выбора размеров расчётной сетки.

Для решения вопроса о том, как выбор размеров расчётной сетки оказывает влияние на результаты прочностного анализа сборочной единицы методом конечных элементов была проведена серия расчётов кривошипно-кулисного механизма бесшатунного двигателя, разрабатываемого совместно Донецким национальным техническим университетом и Воронежским ГАУ [2].

Для создания более жёстких условий расчёта, соединения между деталями механизма были заданы как неподвижные. Расчёт проводился в Компас 3D с помощью расчётного модуля АРМ FEM. Нагрузки и закрепления выбирались близкие к реальным (рис. 1, а). В некоторых деталях материал задавался по умолчанию, так как принципиального значения цифры не имели, а результаты имеют сравнительный характер.

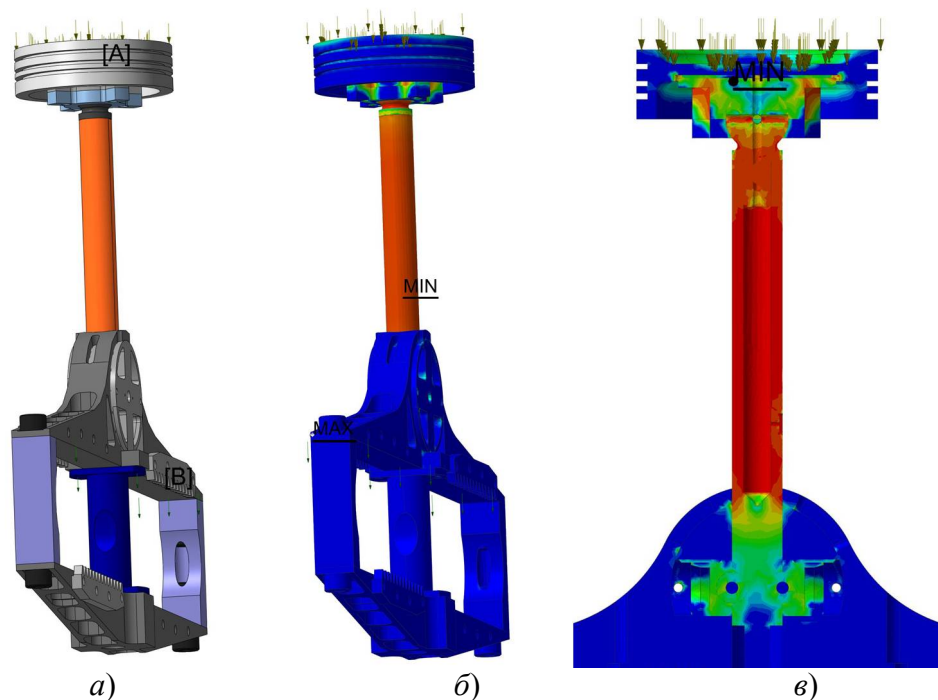


Рис. 1. Нагрузки и некоторые результаты расчетов в графическом виде

Для расчёта кулисы в сборе, имеющей 26 основных деталей, изначально выбиралась конечно-элементная сетка (КЭС) по умолчанию с максимальной стороной 10-ти узлового тетраэдра размером 5 мм. Минимальная длина стороны, установленная по умолчанию 1 мм. В различных расчётах максимальный размер изменялся в пределах от 1 до 10 мм. Пропорционально изменялись и минимальные значения размеров сетки. Расчёты повторялись несколько раз с повторным разбиением на конечные элементы.

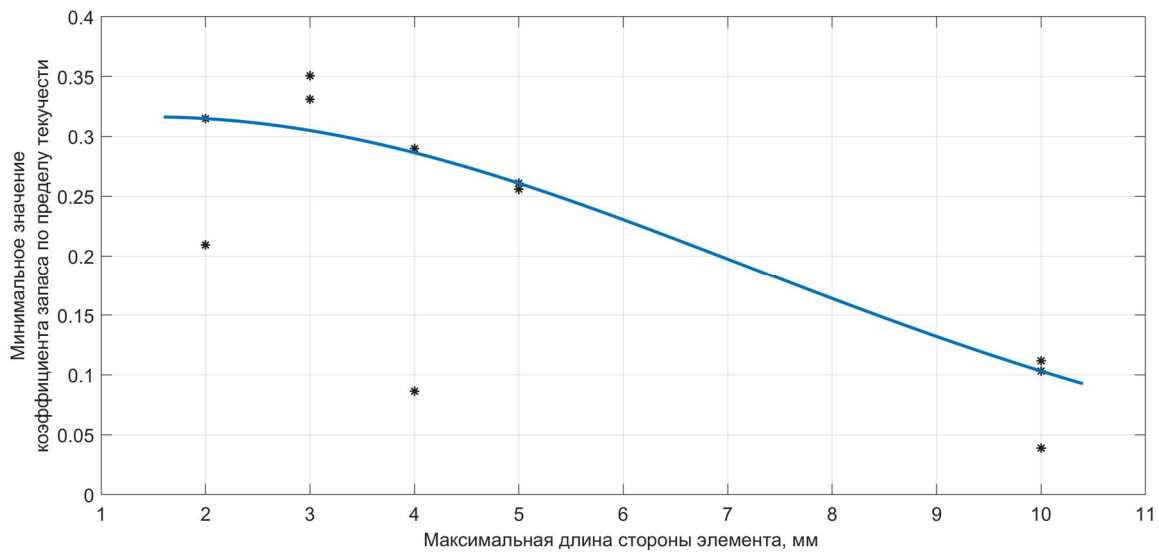
Приведем анализ результатов расчета коэффициента запаса по пределу текучести. Численные значения коэффициента приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета коэффициента запаса по текучести

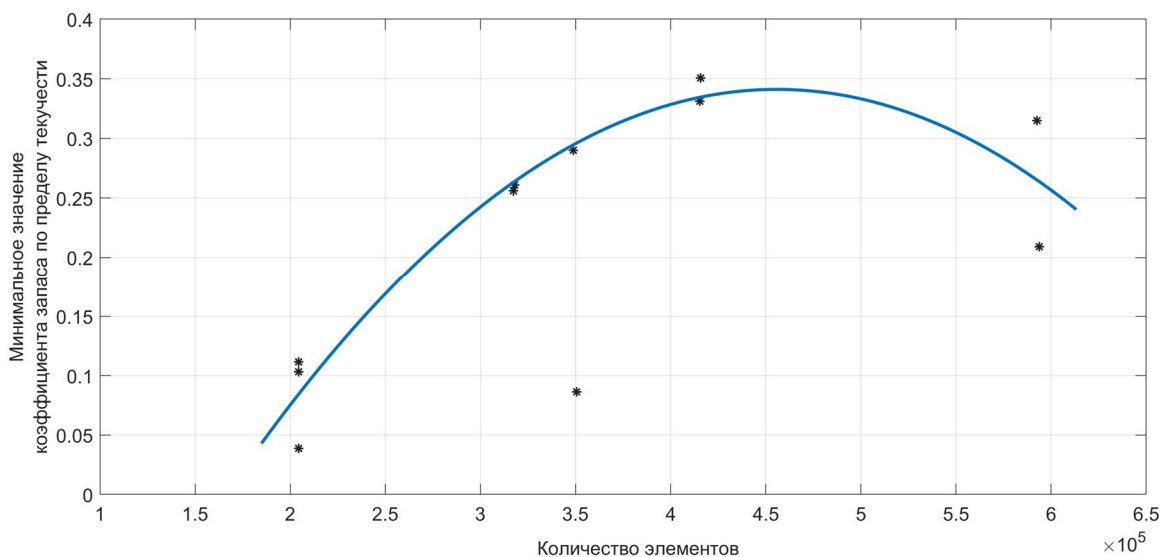
Параметры и результаты разбиения на 10-узловые тетраэдры			Минимальное значение коэффициента запаса по пределу текучести
Максимальная длина стороны элемента, мм	Минимальная длина стороны элемента, мм	Количество конечных элементов	
10	2	204358	0.038822
10	2	204367	0.11168
10	2	204367	0.103172
5	1	317981	0.260875
5	1	317284	0.256078
4	0,8	350518	0.086272
4	0,8	348871	0.28997
3	0,6	415821	0.350582
3	0,6	415271	0.331085
2	0,4	593738	0.209361
2	0,4	592647	0.314881

Анализ полученных результатов показал, что попытка прямой связи минимальных значений коэффициента запаса по пределу текучести, по пределу прочности или максимальных напряжений с параметрами разбиения может не дать желаемого результата. Как видно из рисунка 2 и таблицы, результаты расчёта при одних и тех же параметрах сетки даже при отсутствии повторного разбиения могут дать различные результаты. В целом эти результаты находятся в пределах допустимых погрешностей, если точка с минимальным запасом или максимальным напряжением оказалась примерно в одном месте. Но зачастую это не так. Как видно из рисунков 1, б и в, представляющего визуализацию двух расчётов с максимальной стороной элемента 4 мм, минимальные значения коэффициента запаса по пределу текучести сильно отличаются и находятся в разных местах сборочной единицы. В одном случае это середина штока, а в другом – место соединения поршня с элементами крепления.

В большинстве случаев максимальное напряжение находились на поверхности деталей в местах их соединения и наличие концентраторов. Зачастую такими элементами можно пренебречь. Тем более, что такие элементы появляются как случайные в зонах, где коэффициент запаса может быть на несколько порядков выше. На рисунке 1 в минимальная значение коэффициента обнаруживается в точке, окружение которой имеет коэффициент запаса выше примерно в 100 раз. В целом тенденция снижения максимального значения напряжения или повышение коэффициентов запаса при увеличении количества элементов в расчетной сетке подтверждается, но возможен значительный разброс результатов расчётов из-за неудачного разбиения сборки в местах сопряжения деталей.



a)



b)

Рис. 2. Зависимость минимального значения коэффициента запаса по пределу текучести от максимальной длины стороны тетраэдра (a) и от количества конечных элементов (b)

Анализ других конструктивных элементов и зон концентрации напряжений показал, что с увеличением количества элементов в КЭС расчёт в зоне наличие концентрации напряжения становится более устойчив. Однако при этом надо исключить из анализа такие случайные места концентрации, которые обусловлены геометрией конечных элементов. Практически это означает необходимость сужения при анализе диапазона результатов, которое не даёт видимого исчезновения элементов. При этом следует не забывать, что уменьшение размеров элементов в два раза может потребовать увеличения количество выделенной памяти для

выполнения расчёта.

Список источников

1. Раенко М.И. Применение конечно-элементной модели нелинейной сплошной среды для анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкций / М. И. Раенко, Н. Д. Чайнов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018. – № 5(698). – С. 28-35. – DOI 10.18698/0536-1044-2018-5-28-35. – EDN XQCNUT.

2. Химченко А.В. Анализ динамики катка как источника колебаний в двигателе с кривошипно-кулисным механизмом / А.В. Химченко, Н.И. Мищенко, А.И. Петров // Двигателестроение. – 2024. – № 1(295). – С. 3-13. – EDN BMTGRY.

3. Чайнов Н.Д. Конечно-элементная модель анализа напряженно-деформированного состояния деталей, образующих газовый стык среднеоборотного дизеля, от монтажных нагрузок / Н.Д. Чайнов, А.Н. Краснокутский, А.В. Капшуков // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2015. – № 11. – С. 72-91. – DOI 10.7463/1115.0825549. – EDN VDRGZR.

4. Чирский С.П. Результаты проверки адекватности метода топологической оптимизации деталей поршневых двигателей / С.П. Чирский, Л.Л. Мягков // 8-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса: сборник трудов Международной научно-технической конференции, Москва, 31 января 2019 года. – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2019. – С. 445-454. – EDN VUVVPK.

5. Okolnikova G.E. Comparison of finite element method and force method in analysis of frame elements / G.E. Okolnikova, S. Soumyadeep, F. Sh. Akoev // Системные технологии. – 2023. – No. 3(48). – P. 24-33. – DOI 10.55287/22275398_2023_3_24. – EDN YEJRBW.

© Химченко А.В., Мищенко Н.И., Заболотная А.А., Петров А.И., 2024

УДК 629.077:631.372

Поливаев Олег Иванович

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, профессор, доктор технических наук, Россия, Воронеж
e-mail: polivaevoi@icloud.com

Химченко Аркадий Васильевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, доцент, кандидат технических наук, Россия, Воронеж
e-mail: himch.arkady@yandex.ru

Ведринский Олег Сергеевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, Россия, Воронеж
e-mail: vos74@mail.ru

Рациональная аппроксимация кривых буксования ведущих колес трактора

Аннотация. В статье представлена аппроксимация методом Падэ зависимостей коэффициента сцепления от коэффициента буксования ведущих колес трактора для определения момента сцепления ведущих колес с опорной поверхностью при разгоне трактора при движении по бетону, грунтовой дороге и стерне.

Ключевые слова: трактор, тракторно-транспортный агрегат, разгон, буксование, коэффициент сцепления.

Polivaev Oleg I.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Professor, Doctor of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: polivaevoi@icloud.com

Himchenko Arkady V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: himch.arkady@yandex.ru

Vedrinskii Oleg S.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Department of Agricultural Machinery, Tractors and Automobiles, senior lecturer, Russia, Voronezh,
e-mail: vos74@mail.ru

Rational approximation of the slip curves of the tractor driving wheels

Abstract. The article presents an approximation by the Pade method of the dependence of the coefficient of adhesion on the coefficient of slipping of the driving wheels of the tractor to determine the moment of adhesion of the driving wheels to the support surface during acceleration of the tractor when driving on concrete, dirt road and stubble.

Keywords: tractor, tractor-transport unit, acceleration, slipping, coefficient of adhesion.

Для анализа разгонных свойств тракторно-транспортного агрегата (ТТА) предлагается применять эквивалентную динамическую модель, состоящую из четырех масс, связанных между собой упругодемпфирующими элементами и двух фрикционных элементов, учитывающих буксование ведомого диска сцепления и ведущих колес трактора [1].

Предлагаемая модель описывается системой из четырех дифференциальных уравнений второго порядка. В математической модели буксование ведущих колес трактора учитывается при определении момента сцепления ведущих колес с опорной поверхностью [2].

Из литературы [2] известны зависимости коэффициента сцепления $\varphi_{\text{сц}}$ от коэффициента буксования δ для почвенных фонов: бетон, грунтовая дорога и стерня.

Известно, что максимальный коэффициент сцепления ($\varphi_{\text{сц,max}}$) достигается не при 100 % буксовании, а при определенных его значениях [3].

Поэтому данные зависимости предлагалось аппроксимировать в диапазоне от 0 до $\varphi_{\text{сц,max}}$ по логарифмической зависимости, а от $\varphi_{\text{сц,max}}$ до 1 по линейной [4]. В результате получается кусочно-заданная функция и при ее определении важно, чтобы первая и вторая производные отдельных участков совпадали.

Поэтому для более удобного в операциональном аспекте описания зависимостей нами предлагается произвести их рациональную аппроксимацию, известную так же как аппроксимацию Паде, т.е. в виде отношения двух полином:

$$\varphi_{\text{сц}} = \frac{p_1\delta^2 + p_2\delta}{\delta^2 + q_1\delta + q_2}, \quad (1)$$

где δ – коэффициент буксования ведущих колес трактора;

p_1, p_2, q_1, q_2 – коэффициенты полином.

Для подбора коэффициентов аппроксимации было использовано приложение Curve Fitting Toolbox из пакетов Matlab. Подбор осуществлялся методом нелинейных наименьших квадратов, с доверительным интервалом 95%.

После проведения расчета были получены следующие коэффициенты:

- для бетона:

$$p_1 = 0,6451; p_2 = 0,01755; q_1 = -0,007379; q_2 = 0,003309;$$

коэффициент детерминации $R^2 = 0,9996$;

- для грунтовой дороги:

$$p_1 = 0,3939; p_2 = 0,4866; q_1 = 0,4904; q_2 = 0,07031; R^2 = 0,9981;$$

- для залежи:

$$p_1 = -0,3629; p_2 = 2,659; q_1 = 2,525; q_2 = 0,5478; R^2 = 0,99999.$$

По полученным уравнениям были построены графики зависимости коэффициента сцепления ($\phi_{\text{сц}}$) от буксования (δ) ведущих колес (рис. 1-3).

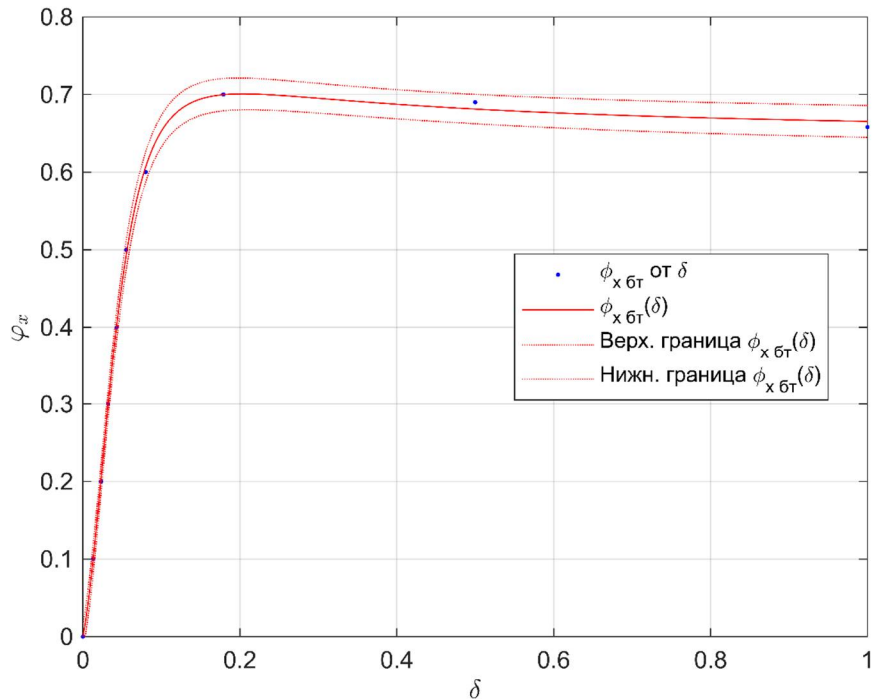


Рис. 1. Зависимость коэффициента сцепления от коэффициента буксования при движении по бетону

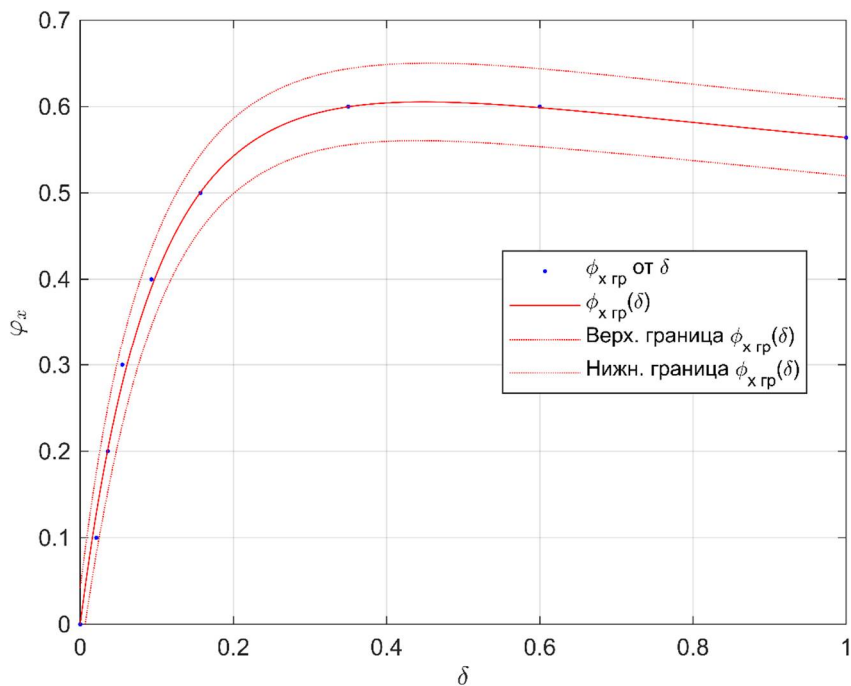


Рис. 2. Зависимость коэффициента сцепления от коэффициента буксования при движении по грунтовой дороге

Выбранный метод аппроксимации позволил получить однотипные зависимости и избежать кусочно-заданных функций. Применение при моделировании функций непрерывных на участке определенном для исследования упрощает процесс дифференцирования, что важно при исследовании динамических процессов.

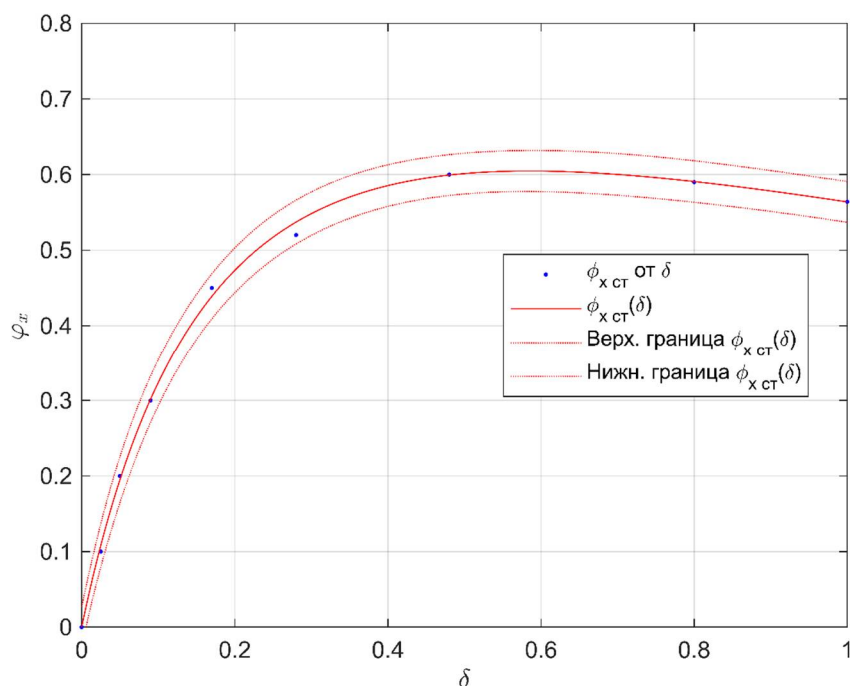


Рис. 3. Зависимость коэффициента сцепления от коэффициента буксования при движении по стерне

Список источников

1. Поливаев О.И. Экспериментальное исследование влияния упруго-демпфирующего привода ведущих колес трактора на разгон МТА / О.И. Поливаев, О.С. Ведринский // Современные тенденции развития технологий и технических средств для АПК: материалы научной конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – С. 35-38.
2. Поливаев О.И. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства: учебник / О.И. Поливаев, В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин; под общ. ред. О. И. Поливаева. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – 319 с.
3. Гуськов В.В. Тракторы: Теория: учебник / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; под общ. ред. В. В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
4. Ведринский О.С. Определения момента сцепления ведущих колес с опорной поверхностью при разгоне трактора / О С. Ведринский, Д.С. Литашин // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023.– С. 111-116.

УДК 621.311.24

Пиляев Сергей Николаевич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
доцент кафедры электротехники и автоматики, кандидат технических наук,
Россия, Воронеж,
e-mail: pilyaevs@mail.ru

**Особенности моделирования конечных автоматов в программном
комплексе SimInTech**

Аннотация. Рассмотрены возможности применения программного комплекса SimInTech для разработки дискретных систем автоматического управления. На примере задачи управления двумя связанными транспортерами в SimInTech построена модель конечного автомата, которая может быть преобразована в программу для управляющего контроллера.

Ключевые слова: конечный автомат, система управления, электродвигатель, модельно-ориентированное проектирование, компьютерное моделирование.

Pilyaev Sergey N.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automation,
Candidate of Technical Sciences, Russia, Voronezh,
e-mail: pilyaevs@mail.ru

**Features of finite state machine modeling in the SimInTech software
package**

Abstract. The possibilities of using the SimInTech software package for the development of discrete automatic control systems are considered. Using the example of the task of controlling two connected transporters, SimInTech has built a model of a finite state machine, which can be converted into a program for a control controller.

Keywords: finite state machine, control system, electric motor, model-oriented design, computer modeling.

В настоящее время модельно-ориентированный подход стал фактически основным инструментом проектирования систем автоматического управления разнообразными технологическими устройствами [4, 5, 8]. Компьютерные модели системы управления и объекта управления, построенные с помощью программных средств мультифизического моделирования, позволяют разработать систему управления, наиболее полно отвечающую технологическим требованиям к данному объекту управления, и самое главное, на основании ее модели автоматически получить программу для контроллера управления [5, 8]. Для большинства технологических установок сельского хозяйства и перерабатывающей отрасли система управления сводится к построению соответствующего конечного автомата [1, 7]. В каждом программном комплексе для модельно-ориентированного подхода механизм конечного автомата реализован по-своему, со своими особенностями. Рассмотрим

особенности построения конечного автомата в программном комплексе SimInTech [2, 3, 7, 8] на примере задачи управления двумя транспортерами [7].

На рисунке 1а показана технологическая схема объекта управления. Каждое из устройств приводится в действие соответствующим трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором: M1 и M2. Общее включение и отключение всей системы производится кнопками «ПУСК» и «СТОП». Для обеспечения нормальной работы транспортера необходимо, чтобы он включался раньше бункера-дозатора и сбрасывал весь оставшийся на нем материал. Аналогично, для предотвращения завалов необходимо, чтобы после выключения привода бункера-дозатора M2 транспортер отработал еще некоторое время для сброса материала. Работоспособность электродвигателей отображается соответствующими логическими сигналами. На рисунке 1б представлена диаграмма состояний системы управления, построенная согласно технологическим требованиям по стандарту языка UML [6]. Управляющий автомат имеет три состояния и шесть переходов между ними: четыре перехода для нормальной работы и два перехода при возникновении аварийных ситуаций при отказе двигателей M1 или M2.

Компьютерная модель системы управления в программе SimInTech, реализующая диаграмму состояний (рисунок 1б), приведена на рисунке 2а. Здесь присутствует блок «Конечный автомат» библиотеки SimInTech и управление логическими переменными, имитирующими сигналы кнопок «Пуск» и «Стоп», а также сигналов работоспособности двигателей M1 и M2 (сигналы TM1 и TM2 соответственно). Логическая единица – нормальная работа, логический ноль – аварийный режим.

На рисунке 2б показана внутренняя структура блока «Конечный автомат». Блок выбора состояния автомата «State selector» является служебным и автоматически устанавливается в каждом блоке «Конечный автомат». Цифры на линиях переходов между состояниями автомата соответствуют номерам переходов на рисунке 1б. Номера блоков «Состояние» и выполняемые в них действия также соответствуют рисунку 1б, только для упрощения алгоритмов управления внутри блока «Состояние 2» введено дополнительное состояние автомата (блок «State 4»), он полностью идентичен блоку «State 2» и используется при совершении переходов 3 и 5.

Характерной особенностью механизма реализации конечных автоматов в SimInTech является использование блоков переменных «Селектор данных состояния» [8]. Этот блок позволяет изменить значение сохраняемой в нем переменной внутри любого блока состояния и передать его значение внутри блока «Конечный автомат». В модели на рисунке 1б используются три таких переменных: «M1», «M2» – состояния активности

соответствующих двигателей (0 или 1), и служебная переменная «num_active_st», которая отражает номер активного в данный промежуток времени состояния автомата.

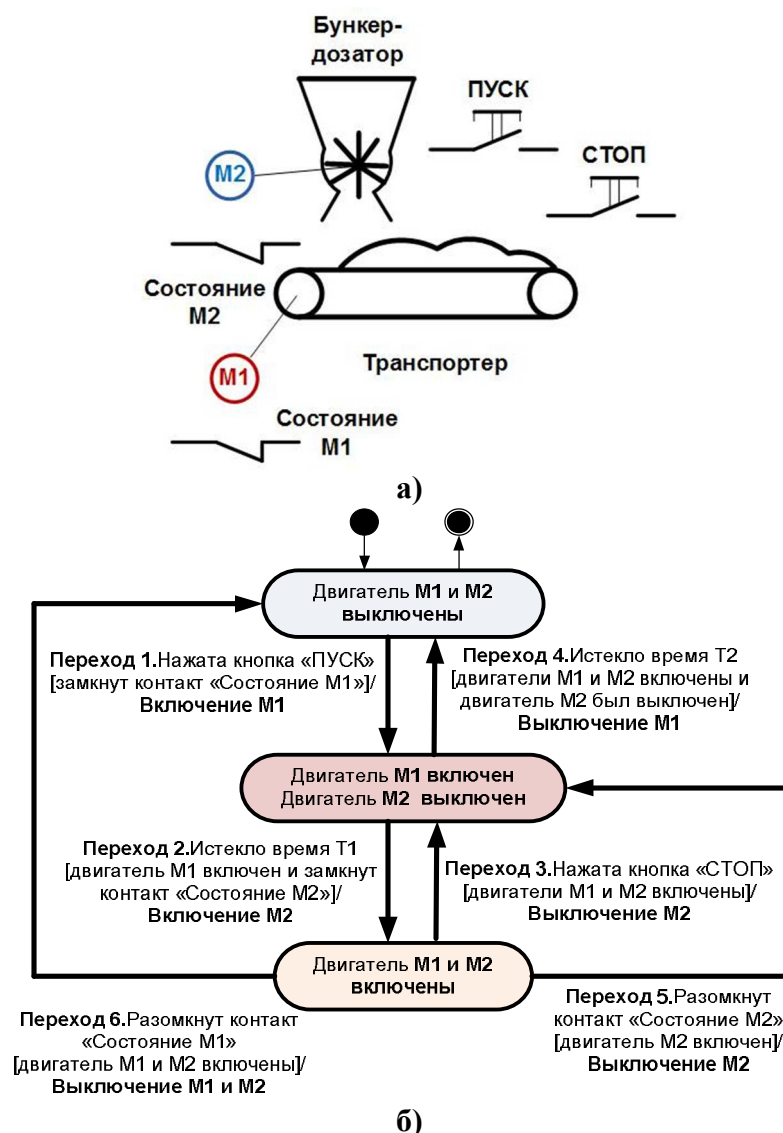


Рис. 1. Технологическая схема объекта управления (а) и диаграмма состояний его системы управления (б)

На рисунке 2в представлена структура блока состояния автомата «State 1». Каждый блок состояния включает в себя как служебные, включаемые по умолчанию компоненты, так создаваемые разработчиками блоки реализации требуемого алгоритма при активации этого состояния. К служебным компонентам данного блока относятся условие перехода в это состояние и по одному экземпляру входа и выхода из него. Дополнительные входы и выходы задаются вручную.

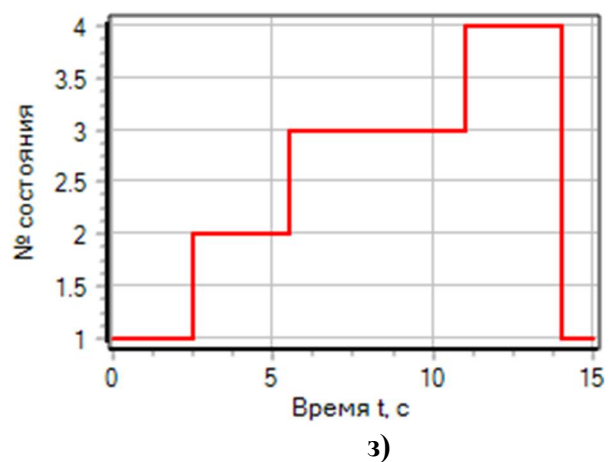
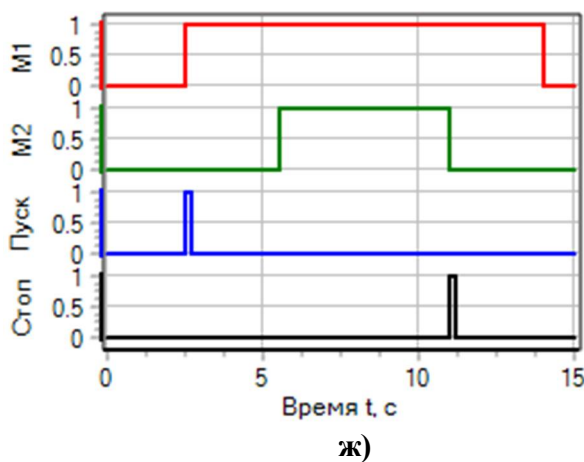
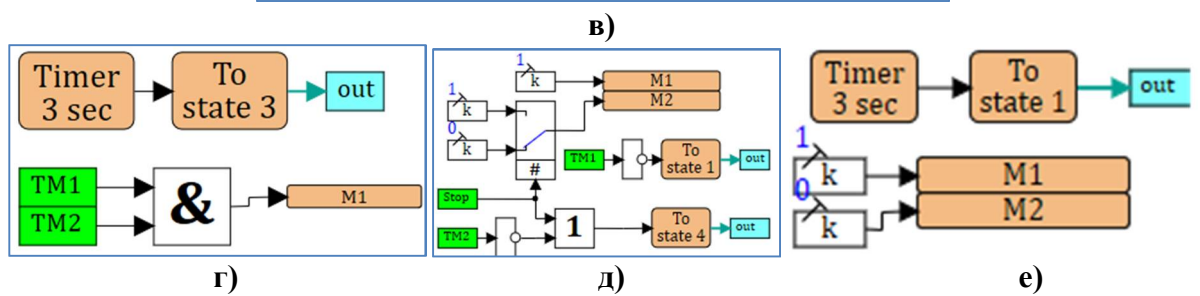
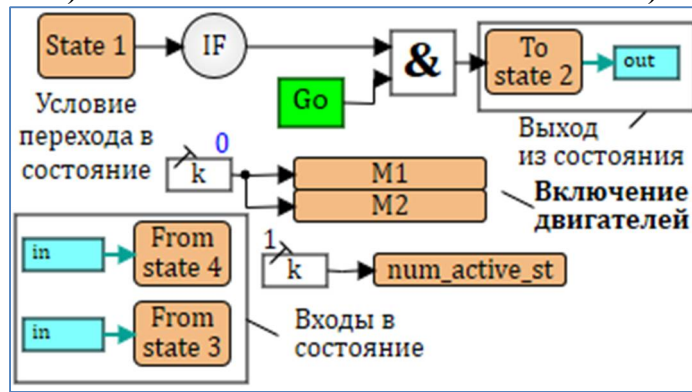
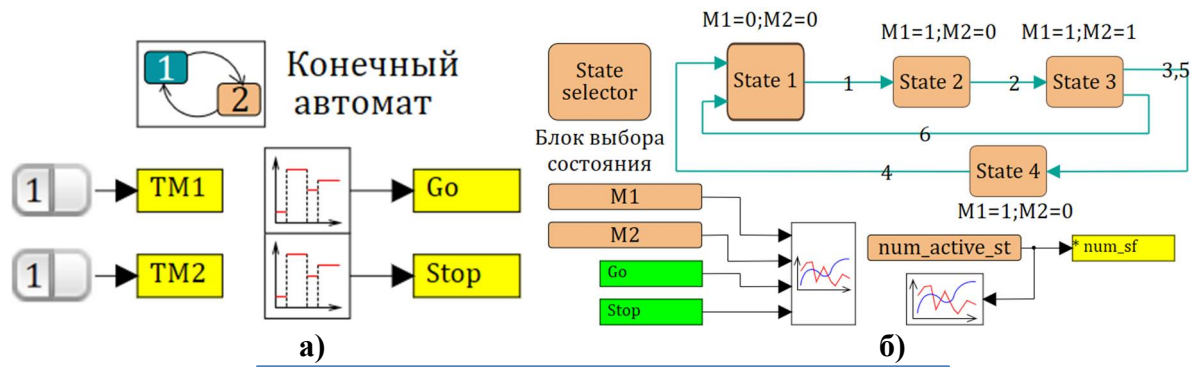


Рис. 2. Компьютерная модель системы управления транспортерами (а); структура блока конечного автомата (б); структура блока «State 1» (в); алгоритмы состояний «State 2» (г), «State 3» (д), «State 4» (е); кривые логических переменных активности двигателей (ж) и состояний конечного автомата (з)

Как видно из рисунка 2в, при активации состояния «State 1» происходит выключение двигателей М1 и М2 путем установки их логических переменных в логический ноль. При нажатии на кнопку «Пуск» сигнал «Go» (рисунок 2а) получает значение логической единицы и активируется передача активности в состояние «State 2», то есть осуществляется переход 1.

В блоке «State 2» (рисунок 2г), при условии работоспособности двигателей М1 и М2 ($EM1=TM2=1$), происходит включение двигателя М1, и после заданного промежутка времени осуществляется переход в состояние «State 3» (переход 2 на диаграмме 1б).

В третьем состоянии (блок «State 3» на рисунке 2д) сохраняются включенными двигатели М1 и М2 до тех пор пока не поступит логическая единица с кнопки «Стоп» и сработает защита двигателя М2. В этом случае осуществляется переход 3 (рисунок 1б) и активируется четвертый блок состояний. При отказе двигателя М1 ($TM1=0$) активируется первый блок состояний, то есть осуществляется переход 6.

Алгоритм состояния конечного автомата «State 4» показан на рисунке 2е. После заданной выдержки работы двигателя М1 осуществляется переход 4 к первому состоянию и двигатели выключаются. Система управления готова к следующему циклу работы.

На рисунке 2ж представлены кривые изменения логических переменных управления двигателями в процессе моделирования, а на рисунке 2з – порядок переключения состояний конечного автомата.

Средствами SimInTech генерируется программа для выбранной марки управляющего контроллера [8]. Таким образом, процесс создания конечного автомата в программном комплексе SimInTech является простой задачей и может быть рекомендован для широкого использования в практике разработки систем управления.

Список источников

1. Автоматика / Д.Н. Афоничев, С.Н. Пиляев, М.Ю. Еремин, И.И. Аксенов, Р.М. Панов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – 231 с.
2. Афоничев Д.Н. Использование программного комплекса SimInTech для проектирования мехатронных систем / Д.Н. Афоничев, С.Н. Пиляев, С.В. Кузьменко // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: матер. нац. научно-прак. конф. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 335–338.
3. Афоничев Д.Н. Компьютерные технологии в научных исследованиях [Электронный ресурс] / Д.Н. Афоничев, В.В. Васильев, М.Ю. Еремин. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – 83 с. – URL: <http://catalog.vsau.ru/elib/books/b176235.pdf>.
4. Афоничев Д.Н. Основы научных исследований в электроэнергетике / Д.Н. Афоничев. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 204 с.

5. Бартенев В.Г. Модельно-ориентированное проектирование программируемых радиотехнических устройств. – М.: Горячая линия – Телеком, 2024. – 116 с.
6. Кудрявцев В.Б. Теория автоматов / В.Б. Кудрявцев, С.В. Алешин, А.С. Подколзин. – М.: Юрайт, 2017. – 320 с.
7. Пиляев С.Н. Автоматизация технологических процессов / С.Н. Пиляев, Д.Н. Афоничев, В.А. Черников. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 240 с.
8. Среда динамического моделирования SimInTech [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://simintech.ru>.

© Пиляев С.Н., 2024

Научное издание

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ
НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ:
ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АПК

Материалы международной
научно-практической конференции
(Россия, Воронеж, 29 ноября 2024 г.)



Издается в авторской редакции.

Подписано в печать 25.11.2024 г. Формат 60x84¹/₁₆

Бумага кн.-журн. П.л. 19,06. Гарнитура Таймс.

Тираж 36 экз. Заказ № 26599.

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»

Типография ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1



ISBN 978-5-7267-1429-5

