ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАЗОВАНИЯ

(к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»)

В 4-х томах

Том II: «ЗЕЛЕНЫЕ» ПРОМЫШЛЕННО-ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Администрация Тамбовской области
Fondazione Romualdo Del Bianco (Italy, Florence)
University of Allikante (Spain)
University of Porto (Portugal)
Universita degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" (Italy)
Slovak University of Technology in Bratislava
DTI University (Slovak)
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет
Неправительственный экологический фонд имени В. И. Вернадского
Российская экологическая академия
Всероссийское общество охраны природы
Федеральный проект «Чистая страна»
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
ГБОУ ВО Московской области «Университет «Дубна»
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.»
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет»
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный педагогический университет»
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
ТОГБПОУ «Аграрно-технологический техникум»
ТОГБПОУ «Уваровский химико-технологический колледж»
ООО «НаноТехЦентр»
Ассоциация «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»

ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАЗОВАНИЯ
(к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»)

В 4-х томах

Том II: «ЗЕЛЕНЫЕ» ПРОМЫШЛЕННО-ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Материалы Международной научно-практической конференции
29 – 31 мая 2019 г.

Научное электронное издание

Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2020

УДК 504(0.034)
ББК Б1я43+с6я43+У28я43
И62

В. А. Грачев – президент и генеральный директор Неправительственного экологического фонда имени В. И. Вернадского, чл.-кор. РАН, д-р техн. наук, проф.; **М. Н. Краснянский** – ректор ФГБОУ ВО «ТГТУ», президент Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», д-р техн. наук, проф. РАН; **Н. В. Молоткова** – председатель Учебно-методического совета Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», первый проректор ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р пед. наук, проф.; **Д. Ю. Муромцев** – проректор по научно-инновационной деятельности ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.; **А. И. Завражнов** – председатель Научного совета Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», проф. кафедры технологических процессов и техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ», акад. РАН, д-р техн. наук, проф.; **Е. С. Мищенко** – проректор по международной деятельности ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р экон. наук, проф.; **М. А. Конаков –** начальник Управления по охране окружающей среды и природопользованию Тамбовской области, д-р экон. наук, проф.; **В. Ф. Калинин** – вице-президент Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», советник при ректорате ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.; **А. В. Козачек** – исполнительный директор Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», зав. кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. пед. наук, доц.; **Е. А. Сергеева** – доц. кафедры «Природопользование и защита окружающей среды» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.

И62 **Инженерные** технологии для устойчивого развития и интеграции науки, производства и образования (к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»). В 4 т. : матер. Междунар. науч.-практ. конф. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ», 29 – 31 мая 2019 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020.
ISBN 978-5-8265-2144-1

Том II: «Зеленые» промышленно-индустриальные технологии для устойчивого развития. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 8,02 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-8265-2149-6

Включены статьи участников Международной научно-практической конференции «Инженерные технологии для устойчивого развития и интеграции науки, производства и образования», посвященной 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского».

Предназначены для историков, политологов, социологов, экологов, специалистов органов государственного и муниципального управления, общественных деятелей, краеведов, студентов.

УДК 504(0.034)
ББК Б1я43+с6я43+У28я43

Материалы статей предоставлены в электронном виде и сохраняют авторскую редакцию.

Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком. Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.

ISBN 978-5-8265-2149-6 (т. II)
ISBN 978-5-8265-2144-1 (общ.)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2020
© Ассоциация «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

«ЗЕЛЕНЫЕ» СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Байкова Е. В., *Шулаев С. Ю.*

Формирование современного облика дворовых пространств 50-60-х годов XX века на примере города Саратова 8

Зимарин Д. А., *Ельчищева Т. Ф.*

Проектирование пассивного дома как фактор устойчивого развития региона 13

Попов М. А., *Аль-харети Аль-харет Яхья Мохсен*, *Ерофеев А. В.*

Влияние климатических факторов на истираемость гибкого камня на основе стеклоткани 19

Умнова О. В., *Корчагина О. А.*

«Зеленые» стандарты для экогородов России 23

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТОЙЧИВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Балабанов П. В., *Дивин А. Г.*, *Ивлев Н. Р.*, *Прилипухов В. В.*, *Суворов Н. А.*, *Шапошникова С. С.*

Программное обеспечение для распознавания дефектных клубней картофеля в инфракрасном диапазоне 27

Балашов А. В., *Зазуля А. Н.*, *Синельников А. А.*, *Стрыгин С. П.*

Инновационные технологии производства сои в Тамбовской области 31

Башко Д. Ю., *Подашевская Е. И.*

Применение современных сетевых технологий в сельском хозяйстве 35

Белько И. В., *Сапун О. Л.*, *Криштапович Е. А.*, *Подашевская Е. И.*

Особенности эконометрического анализа при прогнозировании урожайности зерновых 37

Волков С. П., *Дранников А. В.*

Метод проектирования шнеков экструдеров для комбикормов 41

Грибов А. В.

Трансформация сельского хозяйства Республики Беларусь в контексте построения цифровой экономики 44

Доровских В. И., *Рамазанов А. Г.*

Инновационные технологии производства молока 46

Ерохин Г. Н., *Коновский В. В.*

Об эффективности применения зерноуборочных комбайнов сторонних предприятий . . 49

Князева Л. Г., Дорохов А. В.

Возможности выбора консервационных материалов для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники 53

Корякин В. В., Абросимова А. В.

Перспективы создания автоматизированной системы выбора сорта для производства на основе отдельных элементов структуры урожая 58

Лукашова У. В., Бугаев Ю. В., Коробова Л. А.

Прогнозирование возможных потерь при хранении сельскохозяйственного сырья в зависимости от погодных условий 60

Мельникова Е. И., Станиславская Е. Б.

Применение подсырной сыворотки в силосовании кукурузы 65

Несмеянова М. А., Дедов А. В.

Этапы перехода к органическому земледелию 68

Никишин С. А.

Изготовление многофункционального фронтального погрузчика для сельскохозяйственного назначения 72

Основин В. Н., Романюк Н. Н., Агейчик В. А., Нукешев С. О.

Рыхлитель для мелиоративных работ 75

Петрашев А. И., Клепиков В. В.

Перспективы использования низковольтных генераторов в технологиях консервации сельхозмашин 78

Родионов Д. А., Лазарев С. И., Полушкин Д. Л.

Исследование коэффициентов диффузионной проницаемости ультрафильтрационных мембран в растворах молочной сыворотки 83

Романюк Н. Н., Нукешев С. О., Агейчик В. А., Сашко К. В.

К вопросу разработки машины для разбрасывания сыпучих минеральных удобрений . . 86

Сазонов С. Н.

Факторы, предопределяющие производительность машинно-тракторных агрегатов в фермерских хозяйствах 91

Сясин А. В., Завражнов А. И.

Ресурсосберегающая технология переработки отходов обрезки и раскорчевки плодовых деревьев 96

Тишанинов К. Н., Анашкин А. В.

Теоретическое обоснование конструктивных параметров делителя со стационарной стабилизирующей емкостью 100

Тишанинов Н. П., Анашкин А. В.

Результаты исследований коэффициента силы трения покоя зерновых материалов 105

Хайруллина С. Г., Капустин В. П., Стрыгин С. П., Синельников А. А.

Анализ существующих способов посева семян сои 110

Цыганова А. А., Ельчищева Т. Ф.

Виртуальное (BIM) проектирование сельскохозяйственного здания 114

Шило И. Н., Нукешев С. О., Романюк Н. Н., Агейчик В. А.

Оригинальное орудие для основной и поверхностной обработки почвы 125

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННО-ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Акулинин Е. И., Голубятников О. О., Дворецкий Д. С., Дворецкий С. И.

Аппаратурно-технологическое оформление циклических адсорбционных процессов разделения газовых смесей 130

Акулинин Е. И., Голубятников О. О., Дворецкий Д. С., Дворецкий С. И.

Системный анализ и оптимизация циклических адсорбционных процессов и установок разделения газовых смесей 136

Баламутова А. А., Филимонова О. С.

К проблеме рекультивации полигонов 141

Бернацкий П. Н., Зарапина И. В., Осетров А. Ю.

Применение отработанных моторных масел в качестве антикоррозионных консервационных составов для защиты металлов в серосодержащих атмосферах 143

Бочкарева Т. О., Мурашов П. М., Кушнаренко В. В.

Анализ акустоэлектрических преобразователей в составе вспомогательных технических средств и систем 148

Ведищев С. М., Завражнов А. И., Прохоров А. В., Кажияхметова А. А.

Энергрозатраты кормораздатчика со шнековыми дозаторами-смесителями при выдаче в индивидуальные кормушки 151

Глазырина И. А.

Методические аспекты оценки эффективности внедрения на объекте автоматизированной системы диспетчерского управления 155

Гумаров Г. С., Рахимов А. А., Рахимова Л. А., Амангельды Т. Н.

Подготовка горячей воды для закачки в пласт на месторождении Каратурун 158

Дмитриев О. С., Баронин Г. С., Попов В. А., Худяков В. В.

Моделирование процесса твердофазного формования фторполимерных нанокомпозитов 165

Дутикова Н. А., *Павлова Ю. Е.*, *Богуш В. И.*, *Юшина Е. А.*

Использование кавитационной акустической технологии для получения спиртового экстракта можжевеловой ягоды для улучшения вкусоароматической составляющей мясных рубленых полуфабрикатов 168

Зарапина И. В., *Осетров А. Ю.*, *Карташов Д. В.*, *Бернацкий П. Н.*

Исследование защиты от коррозии стали составами на базе отработавших нефтяных моторных масел 173

Золотухин П. И., *Карпайтис И. Д.*

Оптимальный раскрой прутков на мерные заготовки 178

Зюзина О. В., *Великанова А. С.*, *Машук В. В.*

Влияние метаболизма лактозы на изменение кислотности кисломолочного напитка смешанного брожения 183

Коберницкий А. А., *Попов А. Т.*

Системный подход при оптимизации взаимодействия промышленных предприятий и операторских компаний 189

Коберницкий А. А., *Попов А. Т.*

Взаимодействие промышленного предприятия и операторских компаний 191

Коврижных О. А., *Цуканов М. А.*

Использование мультиагентных технологий в повышении эффективности производственной программы сталеплавильного производства 193

Конькова К. А., *Козачек А. В.*, *Иванова Р. А.*

Повышение безопасности для персонала и окружающей среды производства N, N`-дитиодиморфолина (ДТДМ) на примере ОАО «НИИХИМПОЛИМЕР» 196

Лебедев С. В., *Неверов В. В.*, *Клевцов П. Н.*

Дефектоскопия сварных соединений как критерий оценки работоспособности паровых котлов высокого давления 200

Ли Р. И., *Быконя А. Н.*, *Мельников А. Ю.*

Обоснование выбора инфракрасных излучателей для нагрева корпусных деталей автотракторной техники при восстановлении полимерными материалами 203

Ли Р. И., *Малюгин В. А.*

Теплофизические свойства полимерных нанокомпозитов для восстановления посадок подшипников качения 208

Мартюгин А. В., *Володин И. М.*

Разработка, исследование и внедрение технологии изготовления поковок коленчатых валов с необрабатываемыми противовесами 211

Михайлов В. Н., *Володин И. М.*

Объемная штамповка поковок в открытом штампе с расширяющимся облойным мостиком 214

Осетров А. Ю., *Зарапина И. В.*, *Ананьев А. А.*

Сравнительный анализ защитной эффективности оксидных покрытий на стали и консервационных составов на базе отработавших нефтяных масел 219

Соловьева И. А., *Соловьев Д. С.*

Модификация электрического режима протекания технологического процесса нанесения гальванического покрытия в многоанодной ванне 224

Студеникина Л. Н., *Шелкунова М. В.*, *Кудина Т. Е.*, *Иушин В. О.*, *Домарева С. Ю.*

Оценка стойкости композитов «полиэтилен : полисахариды» к воздействию внешних факторов 226

Удовиченко А. М., *Богомолов В. Ю.*

Анализ эффективности очистки гальванических стоков на предприятиях тамбовской области 229

Чернышов Н. Г.

Алгоритмическое обеспечение процедур интеллектуального контроля и синтеза энергосберегающего управления многомерными технологическими объектами 234

Чернышов Н. Г.

Информационно-управляющая система энергоемкими объектами на множестве состояний функционирования 237

Чернышов Н. Г.

Когнитивный анализ задач диагностики и оптимального управления многомерными технологическими объектами 242

Чернышов Н. Г.

Особенности архитектуры информационно-измерительной и управляющей систем технологическими объектами на множестве состояний функционирования 245

Чернышов Н. Г., *Путятин Д. М.*, *Якушов О. С.*, *Боровкова Е. И.*

Промышленные контроллеры в системах управления энергосбережением 249

«ЗЕЛЕНЫЕ» СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е. В. Байкова, д-р культурологии, доц., проф. кафедры «Дизайн архитектурной среды»,
Институт урбанистики, архитектуры и строительства,
С. Ю. Шулаев, студент,
Институт урбанистики, архитектуры и строительства
(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.,
Саратов, Россия)

ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ОБЛИКА ДВОРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ 50 – 60-х ГОДОВ XX ВЕКА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА САРАТОВА

Аннотация. В статье рассматривается состояние дворовых пространств массовой застройки 50 – 60-х годов на примере города Саратова на момент строительства и исследования. На основании выявленных архитектурно-художественных проблем предлагаются мероприятия по благоустройству дворовых пространств архитектурно-дизайнерскими средствами на основе отечественного и зарубежного опыта.

Ключевые слова: пространство, среда, двор, благоустройство, дизайн.

Актуальность. Создание и гармонизация дворовых пространств является неотъемлемой частью комфортной жизни людей в современном городе. Дизайн (в том числе дизайн городской среды) развивается быстрыми темпами и является отражением духовного состояния общества в данный момент времени. Обновление облика дворовых пространств 50 – 60-х годов в Саратове неизбежно, так как дизайн прошлого не может отвечать требованиям современного образа жизни людей.

Изученность. Вопрос обновления среды рядовой застройки 50 – 60-х годов поднимало множество современных урбанистов, дизайнеров, архитекторов. Советское наследие остро нуждалось в обновлении после развала СССР. Во многих странах бывшего Союза привлекались западные специалисты, такие как Ян Гейл, Штефан Форстер, которые выработали ряд принципов организации открытых жилых пространств 50 – 60-х годов, являющихся универсальными для большинства городов России.

Цель. Провести комплексные исследования дворовых пространств 50 – 60-х годов с выявлением их проблематики, дать рекомендации по формированию современной, благоприятной дворовой среды, основываясь на отечественном и зарубежном опыте.

Задачи. Изучить предпосылки формирования дворовых пространств 50 – 60-х годов, выявить проблематику дворовых пространств на момент строительства, изучить актуальность дворовых пространств на момент исследования, выбрать объект для исследования, дать оценку нынешнего состояния жилой среды 50 – 60-х годов, рекомендации по формированию современного облика дворовых пространств на основе зарубежного и отечественного опыта.

В 50 – 60-е годы в Саратове, как и большинстве городов СССР, происходит бурное развитие промышленности. С деревень, поселков и пригородов продолжают съезжаться люди

для заработка на предприятиях различного назначения, располагавшихся преимущественно в черте города. Вследствие этого перед архитекторами встает острый вопрос обеспечения жильем в стремительно растущем городе. В быстрые сроки разрабатывается ряд типовых проектов, отвечающих требованиям того времени: быстро, дешево, функционально. Однако у данных проектов существовала масса негативных последствий: нерациональная градостроительная политика, неудобная микрорайонная застройка, использование типовых, дешевых строительных материалов и оборудования, игнорирование антропогенных факторов, непродуманный сценарий жизни человека в проектированном пространстве, игнорирование истории местности и особенностей ландшафта. Таким образом, дворовые пространства приобретают следующие характерные черты: непропорциональное, несомасштабные габариты дворов, дешевое и типовое предметное наполнение, отсутствие озеленения, мощения, доминант и акцентов, что приводило к безликости и однотипности пространств. До определенного времени дворы выполняли свою функцию, так как инфраструктура города не могла предложить альтернативных вариантов досуга и отдыха.

Сегодня Саратов – интенсивно развивающийся город. По федеральным программам благоустраивают крупные общегородские пространства (проспект Кирова, улица Рахова и т.д.), которые успешно выполняют ландшафтно-рекреационную функцию. Строятся многочисленные торгово-развлекательные центры. Подобные объекты являются центром притяжения городского населения со всех точек Саратова, что приводит к перегруженности и труднодоступности пространств из-за большой удаленности спальных районов. Как следствие, не все люди хотят и могут позволить себе такое времяпровождение. Как раз для этого и существуют дворовые пространства, которые, казалось бы, могли решить все эти проблемы. Однако с момента строительства дворы не получили никакого развития: одно типовое оборудование заменялось на другое, из-за стремительной автомобилизации города дворовые пространства превратили (и продолжают превращать) в парковки. Таким образом, дворовые пространства 50 – 60-х годов не удовлетворяют современным потребностям людей. Жилая среда нуждается в полном переосмыслении и продуманных программах развития территорий с перспективой на создание полноценных рекреационно-досуговых пространств локального (придомового) характера.

Для грамотного проекта организации дворовой среды важную роль играют всеобъемлющий анализ территории, изучение зарубежных и отечественных аналогов, проведение социологических опросов, популяризация архитектурного дизайна обществу. Каждая территория имеет уникальную историю, подчиняется требованиям определенных групп людей, наполняющих ее. Поэтому специалист-проектировщик к исследуемому пространству должен подводить тщательный предпроектный анализ для раскрытия положительных и отрицательных черт среды [1, 2].

Для выявления конкретных проблем дворов 50 – 60-х годов с рекомендациями по их устранению в статье рассматриваются дворы Саратова по улице Крымской.

Проведя комплексный анализ исследуемой территории, можно выявить сведущие проблемы и варианты мероприятий по их устранению:

1. *Игнорирование образа жизни людей*. Исследуемые дворы тяготеют к промышленным предприятиям, следовательно, среда должна иметь спокойный и лаконичный образ для смены эмоционального восприятия. Так, работник промышленного предприятия, возвраща-

ясь домой после долгого рабочего дня, в тяжелой, типовой обстановке должен ощутить чувство спокойствия, умиротворения. Другой пример – ребенок, который за день испытывает неоднократные эмоциональные всплески. Агрессивная, яркая или, напротив, угрюмая среда может вызвать эмоциональное перевозбуждение ребенка, что негативно сказывается на его здоровье.

Примерами комфортной среды являются жилые районы Ханзафиртель, Ганзейский квартал в Тиргартене (Германия). Градостроительный подход кардинально отличался идеологически. На востоке – дворцы, на западе – комфортное жилье для обычных людей, где среда крайне лаконична, дружелюбна и не имеет декоративных излишеств [5].

2. *Нерациональное функциональное зонирование*. Отсутствие четкого понимания границ придомовых участков – главная ошибка в планировании территории. Данная проблема вызвана микрорайнным типом застройки, когда одна функциональная зона незаметно перетекает в другую. Данная проблема дезориентирует человека, лишает ощущения интимности пространства. Важно понимать, что установка заборов не решит проблему. Зонирование должно происходить по средствам визуальных коммуникаций (типы мощения, арт-объекты, озеленение). Так, аллея из деревьев диктует прогулочную зону. Яркие, уникальные арт-объекты могут указать на зону активных игр.

Нерациональное функциональное наполнение самих дворов – проблема любого дворового пространства. Зоны спокойных и активных игр смешаны между собой и расположены вблизи дома, что негативно сказывается на социальных группах. Дворы 50 – 60-х годов не предусматривают зон для времяпровождения взрослых людей. Во многих европейских странах организуют зоны барбекю, беседки, библиотеки под открытым небом, что сближает людей разных возрастов. Отсутствие зон с теневыми навесами приводит к кратковременному использованию территории, так как в летнее время в нашем климате невозможно оставаться долгое время на открытых пространствах.

Исследуемая территория имеет все вышеперечисленные недостатки и нуждается в тщательной разработке проекта функционального зонирования территории для последующего предметного и природного наполнения.

3. *Хаотичное, неорганизованное озеленение*. Главным источником данной проблемы является экономический фактор. Ежегодная высадка цветов-однолетников, стрижка кустов, газонов и деревьев, иной уход за всем озеленением (удобрение, орошение, полив) – неподъемные затраты для жильцов прилегающих домов и городского управления. Вследствие этого уже существующие растения приобрели дикий, неухоженный вид, открытые пространства зарастают сорняком, появляются пылевые бури, что приводит к развитию аллергий и прочих заболеваний. Образующаяся грязь не дает человеку свободно передвигаться по территории, что существенно сокращает ее функциональное назначение.

В европейских странах нашли отличный выход из таких ситуаций. Вместо дорогостоящих цветов высаживаются неприхотливые злаковые культуры (данный метод ландшафтной организации популяризировал известный ландшафтный дизайнер Пит Удольф). В зонах свободных от озеленения не оставляют открытый грунт, а укладывают брусчатку или резиновые покрытия. В клумбах также не оставляют голую землю, а засыпают их различными наполнителями (щебень, древесная стружка и т.д.), тем самым препятствуя разносу грязи и удерживая влагу в земле. Вместо высоких, загромождающих вид аллергенных тополей высаживаются культурные деревья невысокого роста (клен, липа, яблони), благодаря чему про-

странство становится более открытым и ухоженным. Избегают искусственной системы полива. Систему водостоков и отливов организуют таким образом, чтобы дождевая влага естественным путем подпитывала почву [5].

4. *Типовое предметное наполнение*. Данная проблема вызвана монополией в сфере дворового оборудования и жесткими эргономическими требованиями. По всей России, в том числе и в исследуемом дворе, производится закупка игрового оборудования компании «КСИЛ», не обладающего эстетическими, экономическими и прочностными характеристиками. Каталог возможных вариантов оборудования крайне скуден. Оборудование имеет максимально яркие агрессивные цвета, смешные, нелепые формы, не сочетающиеся с архитектурной средой.

Оптимальный выход из сложившейся ситуации – послабление требований к детскому игровому оборудованию и привлечение на рынок новых производителей, привлечение общественности к изготовлению индивидуального оборудования из доступных материалов. Ярким примером могут быть те же жилые районы в Ханзафиртеле, где игровые площадки сделаны собственноручно из различных коряг, древесины, веревок и прочих естественных и безопасных материалов. Различное предметное наполнение выполняется из простых форм без лишних декоративных мотивов, благодаря чему оборудование не спорит со средой, а лишь дополняет ее [5].

В исследуемой территории так же можно привлечь местных жителей и художников, которые собственными усилиями способны соорудить игровые площадки, затратив на это минимальное количество ресурсов.

5. *Типовые, неорганизованные фасады*. В любой части города архитектура – главный пространственный ориентир. Из-за массовой типовой застройки объекты изначально не обладали индивидуальными художественными особенностями, вследствие чего среда теряла «дух места» и затрудняла ориентирование в пространстве. Из-за временных наслоений сегодня на фасадах 50 – 60-х годов появились разные оконные блоки, балконы, рекламные вывески. Все эти наслоения добавляют визуальный мусор, лишая среду целостности. Наиболее оптимальным решением является привлечение молодых дизайнеров и архитекторов, способных кардинально преобразить фасады, задав каждому из них индивидуальный образ.

Ярким примером таких реноваций является Германия. Первое, что предприняли архитекторы – нашли единое решение для балконов и оконных проемов, что избавило фасады от дробного восприятия. Фасады штукатурились и выкрашивались в цвет, гармонично сочетающийся с природной средой.

Помимо художественного переосмысления, некоторые архитекторы прибегали к понижению этажности застройки до 3–4 этажей, что благоприятно сказывается на психологическом восприятии человека (избавление от эффекта «колодца», усиление социальных контактов) [4].

Опыт немецких архитекторов является наиболее подходящим для исследуемой в статье территории, так как имеет схожую градостроительную, природную и климатологическую ситуацию. Из различных источников финансирования необходимо направлять средства не на косметический ремонт фасадов, а на их полную реконструкцию.

6 *Двор для людей, а не для машин*. Проектировщики 50 – 60-х годов не предполагали столь интенсивного роста автомобилизации городов в будущем. Сегодня, когда автомобилем владеет более 40% населения страны, вопрос паркинга стоит как никогда остро. В Саратове большинство автолюбителей предпочитают экономить на платных парковках и гаражах и паркуют их прямо у себя под окнами. Исследуемый в статье двор не является исключением.

Существует несколько способов решения данной проблемы. Первый наиболее радикальный – налоговое обложение. Штрафы или платные парковочные места приведут к естественному снижению уровня машин как во дворах, так и во всем городе. Данный способ активно используется в прибалтийских странах (Эстония, Латвия, Литва). Второй – организация многоуровневых (при возможности подземных) паркингов на определенные группы домов. Данный способ наиболее оптимален для современных российских городов, однако требует существенных затрат как со стороны инвесторов, так и со стороны пользователей. К тому же, данное решение не учитывает вероятность дальнейшей автомобилизации городов и последующую невозможность обеспечить город нужным количеством паркингов. Третий способ – экологическая организация парковочных мест. Экопарковка состоит из несущего щебневого слоя, специальных решеток, грунта и травы, удачным образом сочетает в себе достоинства прочного дорожного покрытия и нарядного газона. Она эстетична, долговечна, экологична и экономична [3]. Однако у данного способа есть существенный минус – полезная площадь двора по-прежнему будет принадлежать машинам. Данный способ активно используется во многих странах мира, в том числе и в России.

Для исследуемых дворовых территорий наиболее оптимальным решением в борьбе с машинами будет третий способ ввиду своей лояльности к автомобилистам и экономичности. Первый и второй способы на момент исследования не оптимальны ввиду социально-экономических факторов, однако имеют большую перспективу на будущее.

Заключение. Таким образом, среда дворовых пространств 50 – 60-х годов (на примере г. Саратова) к моменту исследования не претерпела положительных метаморфоз, противоречит современному образу жизни людей, деградирует в сторону захламления визуальным мусором. Важно не перестраивать сложившуюся архитектурную среду, а улучшать уже существующую. Любое пространство можно преобразить под современные требования людей, для этого необходимо не сколько финансирование, а сколько привлечение опытных специалистов, способных действовать без жестких рамок. Важна популяризация дизайна и архитектуры, развитие вкуса и чувства эстетики жителей города, так как именно они должны проявлять инициативу к переменам, поддерживать и в дальнейшем развивать жилую среду в соответствии с интенсивно развивающимися тенденциями дизайна.

Список литературы и источников

1. Шимко, В. Архитектурно-дизайнерское проектирование. Основы теории (средовой подход) [Текст] / В. Шимко – М. : Архитектура-С, 2009. – 408 с.

2. Шимко, В. Архитектурно-дизайнерское проектирование городской среды [Текст] / В. Шимко. – М. : Архитектура-С, 2006. – 384 с.

3. Экопарковка стоянка своими руками [Электронный ресурс]. – URL : https://rovnayadoroga.ru/dorogi/ekoparkovka-svoimi-rukami.html. – Заглавие с экрана. – (дата обращения: 30.03.2019).

4. Варламов, И. Что делают с пятиэтажками в Европе: реконструкция вместо реновации [Электронный ресурс]. – URL : https://varlamov.ru/2359727.html. – Заглавие с экрана. – (дата обращения: 30.03.2019).

5. Варламов, И. Что было бы с нашими дворами, если бы в России жили немцы? [Электронный ресурс]. – URL : https://varlamov.ru/1592678.html. – Заглавие с экрана. – (дата обращения: 30.03.2019).

Д. А. Зимарин, студент,
Т. Ф. Ельчищева, канд. техн. наук, доц. кафедры АиСЗ
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАССИВНОГО ДОМА КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Аннотация. В статье приведена краткая история и текущее состояние пассивного домостроения в России, рассмотрены основные принципы проектирования пассивного здания и разработан концептуальный проект пассивного здания для города Тамбова.

Ключевые слова: энергоэффективность, экология, строительство, пассивное здание.

Одним из главных аспектов экологической деятельности в контексте проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений является повышение энергоэффективности, что важно для обеспечения устойчивого развития. Необходимость отапливать, освещать и проветривать здания механическим способом несет за собой большие энергозатраты на всех стадиях переработки сырья и производства энергоресурсов, что не может не сказываться на экологии. Поэтому перед современными проектировщиками стоит задача создавать здания с минимальным потреблением энергии. Решение этой задачи было найдено в проектировании пассивных и активных с энергетической точки зрения зданий, разработка которых ведется с применением «зеленых» строительных технологий, инновационной энергетики, а также технологий энергосбережения.

В рамках этой статьи мы подробнее остановимся на пассивных зданиях, выясним принципы их проектирования и предложим проектное решение пассивного здания.

Пассивный дом – это дом, теплоснабжение которого в основном осуществляется за счет подогрева наружного воздуха путем утилизации внутреннего, а также использования солнечной радиации и внутренних тепловыделений от людей, животных и электроприборов.

Концепция пассивного дома предложена в 1987–1988 годах шведским ученым профессором Бо Адамсоном из Лундского университета (Швеция) и доктором Вольфгангом Файстом из Института жилищного строительства и охраны окружающей среды (Германия). Первое пассивное здание – трехэтажный жилой дом – было возведено в 1991 году в городе Дармштадт и эксплуатируется до сих пор. В 1996 году Вольфганг Файст основал в Дармштадте Институт пассивного здания [1].

Для расчета пассивного здания используется специальный программный комплекс – пакет проектирования пассивного дома (Passive House Planning Package, PHPP) [2]. Методика PHPP подробно учитывает все факторы теплопоступлений, точную долю остекления в каждом окне, ориентацию, угол наклона, характер затенения окон.

В Российской Федерации нет сертифицированных пассивных зданий, несмотря на основание в 2008 году в России Института пассивного дома [3], проводимое обучение специалистов архитектурно-строительного профиля по международной программе «Сертифицированный проектировщик пассивного дома» и консультации, организуемые Институтом. Тем не менее есть несколько энергоэффективных объектов, приближающихся по своим свойствам к пассивным. К ним относятся, например, здание «Академия Сен-Гобен» в Москве с

удельным расходом энергии за отопительный период 43 кВт·ч/(м^2·год) и жилой дом в поселке Трехречье с потреблением 33 кВт·ч/(м^2·год) [4].

Современная задача для развития и продвижения технологии энергопассивного строительства в России – это адаптация прогрессивных европейских практик и наработок в этой области к российским условиям, перевод, написание и распространение соответствующей технической литературы, формирование стандартов строительства [5].

Для обеспечения необходимых параметров пассивного здания следует руководствоваться следующими общими принципами проектирования:

– грамотная ориентация по сторонам света. Здание и окна располагаются так, что основной объем солнечной энергии поступает с южной стороны (в северном полушарии). Количество окон на западном и восточном фасадах минимизируется, чтобы избежать перегрева и необходимости кондиционирования;

– компактная форма здания. Площадь наружных ограждающих конструкций также делается минимальной для снижения теплопотерь;

– ликвидация «тепловых мостов». В здании создается непрерывная герметичная оболочка из утеплителя, чтобы максимально снизить трансмиссионные потери тепла [6];

– использование вентиляционных установок с рекуперацией. Эти системы применяются для обеспечения необходимой кратности воздухообмена в герметичном пространстве и подогрева поступающего с улицы воздуха за счет утилизируемого [7].

Также важным аспектом является применение энергоэффективных окон [8]. Это позволит существенно снизить теплопотери и исключить конвекционное движение воздуха, что повысит комфорт микроклимата в помещениях.

При достаточной интенсивности солнечной радиации целесообразно применять дополнительно активные и пассивные солнечные системы теплоснабжения [9]. В пассивных системах солнечного теплоснабжения используется естественная циркуляция нагретого воздуха. В активных применяются также дополнительные источники энергии (например, электроэнергия), используются солнечные коллекторы и насосы.

Для наиболее эффективного использования энергии следует применять системы автоматизированного управления инженерным оборудованием здания. Подобные системы способны гибко реагировать на изменение параметров микроклимата и принимать необходимые решения для повышения комфорта помещений. Системы автоматизированного управления способны обеспечить учет и экономию энергии, провести диагностику и своевременно выявить неполадки оборудования [10].

Целью разработанного архитектурного проекта стало создание энергоэффективного жилого дома для типовой блокированной застройки в городе Тамбове (рис. 1). Объект предполагается разместить в центральной части города, где современная застройка контрастирует с заброшенными и полуразрушенными домами частного сектора.

Площадь, приходящаяся на каждый блокированный дом, минимизирована. Зданию придана компактная форма, оптимальная для энергоэффективных домов.

В целях знакомства и продвижения прогрессивных технологий в строительстве и проектировании в проект вовлечено максимальное количество альтернативных источников энергии и энергосберегающих конструкций.

Рис. 1. Планы, разрезы и 3D-разрез блокированного дома

Каждая секция блокированного дома рассчитана на комфортное проживание семьи из 3–4 человек.

На первом этаже располагаются гараж и хозяйственное помещение. В прихожей у входа предусмотрено местоположение ниши для хранения сезонной одежды и обуви.

На втором этаже размещена кухня-столовая, гостиная и санузел.

На третьем этаже находится санузел, две спальни и зона, предназначенная для совместного отдыха членов семьи.

В подвал помещаются инженерные системы и зона хранения.

На южном фасаде спроектировано большое количество остекления в целях получения максимума солнечной энергии и создания комфорта в помещениях. На северном фасаде, напротив, количество и размеры остекления сокращаются. Предусматривается размещение отражающих теплоизолирующих рафштор – особого вида внешних солнцезащитных систем, снижающих загрязнение от ночного освещения, в жаркое время года защищающих от солнца, а в холодное – препятствующих уходу тепла. Рафшторы монтируются снаружи перед оконным проемом или перед наружным стеклом, в то время как обычные жалюзи расположены внутри помещения. Рафшторы функциональны и эргономичны, имеют большую жесткость и современный внешний вид.

Подбор строительных материалов для проектирования здания проводился с учетом максимальной экологичности и энергоэффективности. Смежные жилые блоки разделяются несущими стенами из керамического кирпича – безопасного и огнеупорного материала. Стены крайних блоков имеют дополнительное утепление. Фасады выполнены из деревянных щитов с двутавровыми легкими балками с утеплителем и отделаны древесно-полимерным композитом, защищающим от внешних воздействий. Перекрытие первого этажа и фундамент сделаны из бетона с применением композитных кладочных сеток, экологичных и обладающих крайне низкой теплопроводностью, исключающей «мосты холода». Кровля, перекрытия второго и третьего этажей выполняются из древесины. Для теплоизоляции стен и кровли выбрана каменная вата из базальтового волокна, служащая также шумоизоляцией, а для фундамента – пеностекло, устойчивое к влаге.

Расчет толщины теплоизоляции проводился в программе LIT Thermo Engineer / Ограждающие конструкции, версия: 1.2.5 [11], разработанной совместно с НИИ Строительной физики (г. Москва) и имеющей соответствующие сертификаты. Это программное обеспечение, находящееся в свободном доступе, предназначено для выполнения теплотехнических расчетов ограждающих конструкций при проектировании зданий и сооружений согласно правилам и ГОСТу [12 – 15]. Расчет сопротивления теплопередаче был выполнен исходя из текущих нормативов. Рассчитанная толщина теплоизоляции составила: для стен – 15 см, кровли – 20 см, фундамента – 15 см. При проектировании пассивного дома необходим также расчет расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, а его значение, согласно работе [1], должно быть равно 15 кВт·ч/(м^2·год).

Светопрозрачные конструкции имеют тройное остекление с заполнением инертным газом аргоном с сопротивлением теплопередаче R_g = 1,56 Вт/(м^2·°С).

Дом спроектирован согласно принципам пассивного дома, имеет непрерывную теплоизоляцию, воздухонепроницаемую оболочку и систему рекуперации тепла с грунтовым теплообменником. В доме присутствует климатическая система, регулирующая расход энергии и поддерживающая оптимальный микроклимат. В нее входят электрический теплый пол и децентрализованная система вентиляции.

В доме предполагается использование системы водоподготовки для пищевых и санитарных нужд, водоэффективных сенсорных смесителей, а также предусмотрена емкость для сбора и накопления дождевой воды для технических целей.

В качестве кровли используется инновационное покрытие Solar Roof (Tesla, США), сочетающее в себе эстетическую привлекательность, прочность и способность преобразовывать солнечную энергию в электричество. В целях защиты от снега используется подогрев крыши, а полученная вода через внутренний водосток попадает в накопитель.

Предполагается использование безлопастных ветрогенераторов Vortex (Vortex Bladeless, Испания), отличающихся своей бесшумностью, сравнительной дешевизной и низким углеродным следом. Накопленная энергия хранится в аккумуляторе Powerwall (Tesla, США) и может быть использована для подогрева воды, отопления, рекуперации и подзарядки автомобиля с электродвигателем.

Пассивное домостроение является перспективным направлением в строительстве и проектировании, призванным снизить воздействие хозяйственной деятельности человека на окружающую среду и обеспечить устойчивое развитие регионов за счет эколого-экономической составляющей. Строительство пассивных зданий требует высококвалифицированных кадров, так как без тщательного расчета, качественного проекта и грамотно и точно выполненных узлов невозможно обеспечить их функционирование.

На данном этапе исследования были изучены принципы проектирования пассивного дома и создан его эскизный проект. В дальнейшем предполагается провести расчет расхода тепловой энергии и оценить экономическую эффективность строительства пассивного дома в условиях города Тамбова. Выдвинутое проектное решение позволит не только повысить энергоэффективность и энергосбережение, снизить влияние негативных факторов на экологию, но и повысить престиж региона за счет образования площадки по внедрению прогрессивных «зеленых» технологий в архитектуру и строительство.

Список литературы и источников

1. Вольфганг, Ф. Основные положения по проектированию пассивных домов / Ф. Вольфганг. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов. – 144 с.

2. Passive House Planning Package, PHPP [Электронный ресурс]. – URL : https://passivehouse.com/04_phpp/04_phpp.htm (дата обращения: 14.05.2019).

3. Институт пассивного дома [Электронный ресурс]. – URL : http://www.passiv-rus.ru (дата обращения: 14.05.2019).

4. Елохов, А. Е. Энергопассивное домостроение в России [Электронный ресурс] / А. Е. Елохов // СтройПРОФИль, 2013. – № 2(105). – С. 24–25. — URL : http://www.passiv-rus.ru/images/stati/3.StroyProfil.pdf (дата обращения: 14.05.2019).

5. Пассивный дом: роскошь в экономии. Идеи вашего дома [Электронный ресурс]. – 2012. – URL : http://www.passiv-rus.ru/images/stati/Expert.pdf (дата обращения: 14.05.2019).

6. Олендарев, Д. В. Влияние воздухопроницаемости наружной оболочки и тепловых мостов на теплопотери здания [Электронный ресурс] / Д. В. Олендарева, А. О. Пилипенко // СтройПРОФИль, 2014. – № 3. – С. 32 – 34. – URL : http://stroy-profi.info/files/pdf/19/stroyprofi-19-32.pdf (дата обращения: 14.05.2019).

7. Шилкин, Н. В. «Пассивные» здания: возможности современного строительства [Электронный ресурс] / Н. В. Шилкин // Энергосбережение. – 2011. – № 4. – С. 34 – 40. – URL : https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4944 (дата обращения: 14.05.2019).

8. Елохов, А. Е. Окна для пассивного дома как важнейший аспект повышения энергоэффективности зданий [Электронный ресурс] / А. Е. Елохов // ОКНА ДВЕРИ ФАСАДЫ. – 2014. – № 1(51). – С. 2 – 7. – URL : http://www.passiv-rus.ru/images/stati/1.Itogovaya_versia_ODF_Passiv_3.pdf (дата обращения: 14.05.2019).

9. Шелгинский, А. Я. Пассивные солнечные системы теплоснабжения. Опыт Китайской Народной Республики. Энергосбережение [Электронный ресурс] / А. Я. Шелгинский, Ч. Цзиньлин. – 2009. – № 2 – URL : https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4275 (дата обращения: 14.05.2019).

10. Табунщиков, Ю. А. Энергоэффективные здания / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.

11. Расчетная программа LIT THERMO ENGINEER [Электронный ресурс]. – URL : https://zavodlit.ru/support/lte.html (дата обращения: 14.05.2019).

12. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003. Утв. Приказом Минрегон России от 30.06.2012 № 265. Введ. в действие с 01.01.2012. – М. : ФАУ «ФЦС», 2012. – 100 с.

13. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01–99*. – М. : ФАУ «ФЦС», 2015. – 109 с.

14. СП 23-101–2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 140 с.

15. ГОСТ Р 56734–2015. Здания и сооружения. Расчет показателя теплозащиты ограждающих конструкций с отражательной теплоизоляцией. – М. : Стандартинформ, 2016. – 12 с.

М. А. Попов, студент,
Аль-харети Аль-харет Яхья Мохсен, магистрант,
А. В. Ерофеев, канд. техн. наук, доц. кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИСТИРАЕМОСТЬ ГИБКОГО КАМНЯ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОТКАНИ

Аннотация. Рассмотрена истираемость гибкого камня на основе стеклоткани и ее динамика изменения в процессе эксплуатации под действием климатических факторов. Климатические факторы (атмосферные воздействия) моделировались циклами замораживания-оттаивания, тепловым и УФ-старением.

Ключевые слова: гибкий камень, истираемость, климатические воздействия, стеклоткань.

Гибкий камень представляет собой натуральный отделочный материал, изготовленный на основе песчаника. Благодаря своим высоким эксплуатационным и техническим характеристикам материал может использоваться при внутренней и внешней отделке фасадов, перекрытий и прочих поверхностей, облицовке лестниц, ограждений, каминов, фонтанов, а также при декорировании интерьеров и в ландшафтном дизайне [1].

Одной из физико-механических характеристик гибкого камня является истираемость, под которой понимается уменьшение материала в массе под действием истирающих усилий. Под влиянием климатических факторов, которые, как правило, проявляют себя как неблагоприятные, происходит изменение этого показателя. Для определения влияния климатических факторов на истираемость были изготовлены лабораторные образцы [2].

В качестве основы была выбрана стеклоткань марки Т-23-П-76, в качестве связующего – полиэфирная смола марки Polimal 125.

Истираемость образцов гибкого камня определялась с помощью специальной машины на истирание МИ-2, общий вид которой представлен на рис. 1.

Непосредственно истираемость материала осуществляется специальным диском, который насажен на полый вращающийся вал. Этот вал вращается посредством редуктора с помощью электродвигателя. Диск вращается в вертикальной плоскости со скоростью 40 ± 5 об/мин. Образцы в рамках зажимаются на рычаге винтами. Точно посередине, между образцами на

Рис. 1. Машина для проведения испытаний на истирание МИ-2

рычаге укреплен грузовой стержень, который проходит через полый вал и служит для прижима рычага с образцами к диску. Прижим осуществляется постоянным грузом, подвешенным к стержню с помощью троса, перекинутого через ролик. Испытание образцов на истирание проводится за определенное число оборотов диска (200, 250 и т.д.). Необходимое число оборотов диска заранее устанавливается на счетчике оборотов, который через коническую пару шестерен соединен с полым валом [3].

Для испытаний на истирание использовались образцы гибкого камня с квадратным основанием размером 10×10 мм. С учетом того, что толщина образцов гибкого камня не позволяла зажать их в специальных устройствах, испытуемый образец приклеивался на деревянные бруски. Стоит отметить, что для точности определения массы образца гибкого камня после истирающих воздействий первоначально по отдельности взвешивался образец гибкого камня и деревянный брусок, затем образец, приклеенный на брусок, также взвешивался. Точность взвешивания на электронных весах составляла 0,001 г. Продолжительность испытания одной пары образцов составляла 10 мин. После чего образцы вновь взвешивались, и определялась потеря массы. Для получения одной точки испытывалось по шесть образцов. Истираемость определялась по формуле

$$I = \frac{\Delta m}{S},$$

где Δm, мг – потеря массы за время испытания t, ч [4].

В качестве неблагоприятных воздействий в работе рассматриваются цикличный переход температур в осенне-весенний период через 0 °С, повышенные температуры, ультрафиолетовое облучение и агрессивные среды.

Цикличный переход температур в осенне-весенний период через 0 °С моделировался циклами попеременного замораживания-оттаивания. Один цикл замораживания-оттаивания включает в себя замораживание образцов в морозильной камере при температуре не ниже –20 °С в течение не менее 2 ч и оттаивание образцов при комнатной температуре в течение не менее 4 ч. Стоит отметить, что замораживанию подвергались образцы, предварительно находящиеся в условиях эксплуатации повышенной влажности (на образцы и рядом с ними распылялась вода). Таким образом, циклы имели ангармонический вид, т.е. время действия факторов в циклах было различно.

Действие повышенных температур моделировалось в специальной термокамере, в которой поддерживалась с помощью электрических нагревательных элементов температура в диапазоне от 40 до 80 °С.

Ультрафиолетовое облучение моделировалось в камере УФ-облучения, принцип работы которой основан на действии ультрафиолетового излучения лампы ДРТ-1000 с номинальным чистым потоком 128 Вт и предельным лучистым потоком 110 Вт. Изменение характеристик фиксировалось с периодичностью 25 ч действия повышенных температур и ультрафиолетового облучения.

Истираемость образцов гибкого камня определялась как разница массы материала до и после испытания на единицу площади при стандартном времени испытания. Количество образцов, испытанных в одинаковых условиях, для получения одной точки составляло 6 шт.

Истираемость образцов, не подверженных атмосферным воздействиям, составляет 0,043 г/см^2. Однако уже после одного цикла замораживания-оттаивания она повышается

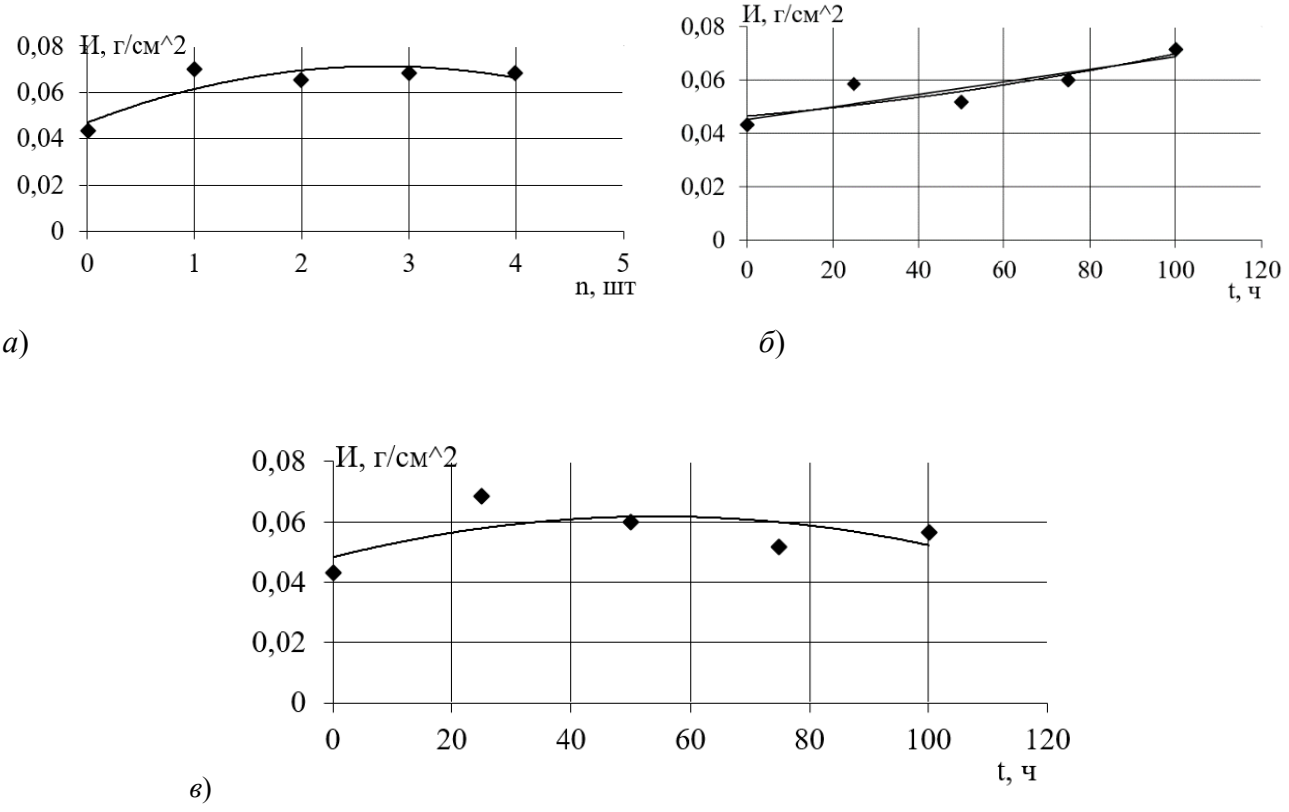
практически на 60%. Дальнейшее увеличение количества циклов замораживания-оттаивания практически не влияет на истираемость гибкого камня на основе стеклоткани.

Истираемость образцов гибкого камня от количества циклов замораживания-оттаивания описывается зависимостью И = $-0{,}0032t^2 + 0{,}0177t + 0{,}0469$. Коэффициент корреляции в данном случае составляет 0,762, что говорит о достаточной сходимости результатов.

С увеличением продолжительности действия повышенных температур на гибкий камень его истираемость увеличивается с начальных 0,043 до 0,072 г/см^2 после 100 ч воздействия, т.е. почти на 70%. Однако стоит отметить, что увеличение не носит, как в случае с попеременным замораживанием-оттаиванием, скачкообразный характер, а подчиняется зависимости, близкой к линейной.

Таким образом, при сохранении зависимости дальнейшее увеличение продолжительности воздействия повышенных температур будет только увеличивать истираемость материала. Эстетичность будет теряться.

Зависимости истираемости гибкого камня от количества циклов замораживания-оттаивания, продолжительности действия повышенных температур и от продолжительности действия ультрафиолетового облучения представлены на рис. 2.



а) *б*)

в)

Рис. 2. Зависимость истираемости образцов гибкого камня:

а – от количества циклов замораживания-оттаивания; *б* – от продолжительности действия повышенных температур; *в* – от продолжительности действия ультрафиолетового облучения

С увеличением продолжительности действия ультрафиолетового облучения на гибкий камень на основе стеклоткани его истираемость увеличивается. Однако стоит отметить, что это увеличение не представляется возможным корректно описать математической зависимостью. Так, уже после 25 ч ультрафиолетового воздействия истираемость повышается до

0,068 г/см^2 (начальная 0,043 г/см^2), а в дальнейшем она начинает снижаться и после 50 ч составляет 0,06 г/см^2. Дальнейшее увеличение продолжительности воздействия также приводит к снижению истираемости.

Полученные экспериментальные данные позволяют оценивать истираемость материала в реальных климатических условиях.

Список литературы и источников

1. Ерофеев, А. В. Эксплуатационные характеристики декоративно-защитных плит покрытия зданий и сооружений / А. В. Ерофеев // Academia. Архитектура и строительство. – 2011. – № 3. – С. 112–113.

2. Ерофеев, А. В. Влияние атмосферных воздействий на прочность декоративных плит / А. В. Ерофеев, В. П. Ярцев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – Тамбов. – 2014. – № 1(50). – С. 114 – 118.

3. Производство гибкого камня: технология и оборудование. – URL : http:// startbusinessidea.ru/proizvodstvo/proizvodstvogibkogokamnya.html

4. Разработка отделочного материала типа гибкий камень и технологии производства / Ю. О. Петрова, В. А. Михайлов, Р. Н. Дранников, А. В. Ерофеев // В сборнике: Современные проблемы строительной науки : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 219 – 225.

О. В. Умнова, канд. техн. наук, доц. кафедры «Конструкции зданий и сооружений»,
О. А. Корчагина, канд. хим. наук, доц. кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

«ЗЕЛЕНЫЕ» СТАНДАРТЫ ДЛЯ ЭКОГОРОДОВ РОССИИ

Аннотация. Рассмотрены пути использования «зеленых» стандартов при проектировании и строительстве зданий с применением энергоэффективных материалов и технологий.

Ключевые слова: «зеленые» стандарты и технологии, энергоэффективное строительство.

Строительство экогородов предусматривает строительство по «зеленым» стандартам, переход от традиционных к возобновляемым источникам энергии, развитие экологических видов транспорта, применение эффективных технологий переработки отходов, создание экологической инфраструктуры города с учетом энергосберегающих технологий.

Практика внедрения стандартов экологического строительства (буквально «зеленое» строительство при переводе с английского на русский язык – от англоязычного понятия «green building») в России насчитывает уже более 20 лет и в общей сложности охватывает все ее ключевые регионы с развитыми урбанистическими центрами. Количество сертифицируемых проектов и зданий, или претендующих на инновационность с точки зрения энергоэффективности и ресурсоэффективности, превысило уже 1000 объектов либо проектов.

Среди таких объектов и проектов недвижимости ярко представлена вся типология зданий и объектов: офисные центры, многофункциональные комплексы, школы, университеты, частные домовладения, жилые комплексы, вокзалы, производства, логистические центры, депо и др.

Эффективность применения экологических стандартов успешно апробирована на ряде крупных государственных проектов, в числе которых объекты «Сочи 2014», ИЦ «Сколково», стадионы Чемпионата мира по футболу FIFA 2018, проект «Умный город» и др.

Если говорить о сертификации зданий, то более 90% объектов на конец 2018 года сертифицируются по иностранным международным стандартам (британский BREEAM и американский LEED). Существуют также малочисленные примеры готовых зданий, сертифицированных по стандартам «Активный дом», «Пассивный дом», DGNB. В России присутствуют такие отдельные феномены инновационного бизнеса, как, например, FREEDOM – проектно-строительная марка малоэтажного строительства.

Безусловно, на рынке национальных разработок создано множество различных промежуточных продуктов. Некоторые из них получили опыт применения на практике. К ним относятся: ГОСТ Р в области экологического строительства, отдельные нормативы и стандарты НП «Авок» и НП «НОСТРОЙ», дополнительные экологические требования ГК «Олимпстрой» по программе строительства олимпийских объектов «Сочи 2014», зеленые стандарты НП «ЦЭС-ЗС».

Принимая во внимание общую национальную политику развития экономики России и заданных приоритетов, создаются национальные системы экологической сертификации объектов недвижимости с целью – занять определенные промежуточные ниши строительно-

го сектора в силу своей престижности, продуманности и развитости управляющих ими институтов [1].

Национальные стандарты создаются сразу же несколькими консорциумами и пока что являются базовыми разработками, но в будущем они либо начнут конкурировать за рынок между собой, либо каждый из них займет определенную нишу девелоперского рынка. Со всей очевидностью при этом можно сказать, что любой из них не конкурирует с международными признанными стандартами.

Потенциальный рынок экологического строительства России с учетом текущих реализуемых проектов и планируемых, а также с учетом освоения территории Крыма и активации торгово-промышленных отношений в рамках таможенного союза составляет не менее 1 триллиона рублей на ближайшие 5 лет. Доля потенциальной сертификации в этом сегменте – около 5…10%.

Применение международных стандартов экологического строительства и общий тренд на внедрение инноваций и ресурсоэффективности становятся важными форсайт-направлениями на ключевых стройках России. Первые проекты и готовые здания, сертифицированные по BREEAM и LEED, появляются и в странах ближнего зарубежья: Азербайджан, Казахстан, Армения, Украина, Грузия, Литва. Хотя в Белоруссии и не применяются какие-то отдельные международные признанные стандарты строительства, качество строительства и природоохранные меры активно внедряют и включают «зеленые» принципы строительства в проекты [2].

Целью внедрения «зеленых» стандартов становится возможность стимулировать местную строительную индустрию, ускорить разработку и трансфер передовых технологий в новом строительстве экогородов и при реконструкции старых зданий с учетом принципов «зеленого строительства» [3].

При разработке проекта здания принимаются во внимание перспективы дальнейшего развития, фундаментальные принципы учета экологического воздействия и охраны окружающей среды. Здание должно отличаться высокими показателями энергоэффективности, комфортными внутренними пространствами помещений. Каждый компонент здания или материал должен выбираться исходя из их низких показателей энергозатрат при производстве материала и высокого показателя энергоэффективности при эксплуатации. Экономия на энергоресурсах при эксплуатации экозданий при использовании экотехнологий, может составить до 40%.

Ресурсы, потребляемые объектами социальной сферы, а также их воздействие на окружающую среду значительны. Так, например, в Великобритании только образовательные учреждения ежегодно способствуют образованию до 15 миллионов тонн углеродных выбросов, что составляет до 15% всех выбросов муниципального сектора. В принципе, такая же ситуация наблюдается и в России. Преимущества экологического строительства, как правило, носят долгосрочный характер – ведь средний срок службы зданий – 60 лет, а объекты социальной сферы зачастую эксплуатируют и более долгий промежуток времени.

Образовательные учреждения не только могут повлиять на отношение и культуру молодого поколения, обучающегося в них, но и на их ближайшее социальное окружение – родственников и друзей. Школы, колледжи и университеты сами по себе становятся центрами культурной жизни общества, предоставляя возможности для спорта и социального общения, могут стимулировать и просвещать местное население в области устойчивого развития (осо-

бенно в тех случаях, когда имеются очевидные признаки «зеленности» – контейнеры для раздельного сбора отходов, альтернативные источники энергии и т.п.).

Одним из самых распространенных типов недвижимости, для которых активно применяются экологические стандарты, является муниципальная недвижимость – объекты социальной сферы, спортивные объекты и административные здания. Преимущество внедрения программ экологического строительства для объектов социальной сферы – это снижение воздействия на окружающую среду [4].

Применение экологических стандартов для муниципальной недвижимости обусловлено двумя факторами: популистско-просветительским (преобразования к лучшему государство должно начинать с себя) и экономией масштабов (экономия ресурсов ощутимее на большом количестве объектов, имеющих одного постоянного собственника).

Конечно, для возведения зданий по «зеленым» стандартам необходимо развивать производство инновационных стройматериалов. Это касается в первую очередь бетона, а также современных теплоизолирующих материалов, стальных конструкций, вторичной переработки использованных материалов и промышленных отходов. Строительство зданий с учетом минимальных энергозатрат при выборе наиболее энергоэффективных материалов, использования альтернативных источников энергии приводит к сокращению затрат на эксплуатацию зданий.

Оценка на этапе проектирования и промежуточный сертификат помогает понять показатели здания на этапе проекта, т.е. до начала строительных работ на участке. Тем не менее сертификация на этом этапе не отражает эксплуатационные показатели здания.

Разработка новых стандартов позволяет внедрять новые технологии в ускоренном темпе, так как нет необходимости подтверждения возможности применения этих технологий от соответствующих комитетов и органов по стандартизации. Стандарты побуждают людей думать креативно и находить новые решения проблем, развивают дух предпринимательства, т.е. внедрять инновации, что в свою очередь ведет к росту экономики [5].

«Зеленые» стандарты разрешают использование новых и нетрадиционных методов и технологий в том случае, когда использование оправдано целями стандартов. Это расширяет потенциальные рынки и не ограничивает их поставщиками определенных материалов и оборудования из определенных стран. Стандарты обеспечивают прозрачность, четко устанавливают цели и обоснование достижения определенных критериев. Конечный результат не является частью системы предписывающих стандартов. Очень часто предписывающее требование не дает четкого описания функций, которые планируются к достижению. Разработка и поддержка «зеленого» стандарта не требуют такого большого количества усилий по сравнению с предписывающими стандартами, что увеличивает эффективность проектирования. Первоначально разработать целевые показатели представляется достаточно сложной задачей, тем не менее в процессе поддержания технической достоверности и современности стандарта его обслуживание будет значительно легче. Например, для стандарта, описывающего свойства приемлемых материалов для строительства, гораздо проще регулярно обновлять лист свойств, чем лист приемлемых материалов.

Эффективность стандарта будет связана с возможностью эффективно определить то, насколько конечный продукт соответствует заданным характеристикам, что дает возможность применять разные подходы. В некоторых случаях доказательство соответствия продукта пользовательским характеристикам может быть затратным и сложным (например, по-

требуется сложное тестирование или испытания). В таких случаях предпочтительнее использовать предписывающие стандарты [6].

В Тамбовском государственном техническом университете ведется большая работа по проектированию зданий с учетом стандартов по энергоэффективности и «зеленому» строительству. Студенты разрабатывают проекты энергоэффективных зданий с учетом строительства в регионах с различными климатическими условиями, то есть успешно разрабатывают проекты города будущего (экогорода).

Список литературы

1. ГОСТ Р 54694–2012. Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости.
2. Сотникова, К. Н. Экспертная система принятия решений для реконструкции зданий с учетом принципов «зеленого строительства» / К. Н. Сотникова, Н. В. Колосова, А. П. Толмачев // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – № 1. – С. 98 – 105.
3. Сотникова, К. Н. Экспертная система принятия решений для реконструкции зданий с учетом принципов «зеленого строительства» / К. Н. Сотникова, Н. В. Колосова, А. П. Толмачев // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – № 1. – С. 98 – 105.
4. Примак, Л. В. «Зеленый» кодекс для новой России / Л. В. Примак // Механизация строительства. – 2010. – № 7. – С. 2 – 4.
5. Гусева, Т. В. Зеленые стандарты: современные методы экологического менеджмента в строительстве / Т. В. Гусева, Г. В. Панкина, Е. Р. Петросян // Компетентность. – 2012. – № 8. – С. 22 – 28.
6. Бенуж, А. А. Анализ концепции зеленого строительства как механизма по обеспечению экологической безопасности строительной деятельности / А. А. Бенуж, М. А. Колчигин // Вестник МГСУ. – 2012. – № 12. – С. 161 – 165.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТОЙЧИВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

П. В. Балабанов, д-р техн. наук, доц., доц. кафедры МиТИ,
А. Г. Дивин, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой МиТИ
Н. Р. Ивлев, В. В. Прилипухов, Н. А. Суворов, С. С. Шапошникова, студенты
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТНЫХ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ

Аннотация. В статье описано программное обеспечение, предназначенное для распознавания дефектов на поверхности клубней картофеля. Контролируемые клубни картофеля нагревают от источников ИК-излучения в течение 1…2 с, после чего получают изображения в ИК-диапазоне спектра. С использованием разработанной программы обрабатывают изображения и получают информацию о наличии или отсутствии дефекта.

Ключевые слова: техническое зрение, программа, сортировка, распознавание дефектов, картофель.

Одной из важнейших операций послеуборочной обработки картофеля является его сортировка по качеству. Дефекты клубней, такие как сухая гниль, снижают их товарное качество и уменьшают срок хранения. В настоящее время сортировка картофеля по дефектам различного вида в большинстве сельскохозяйственных предприятий РФ осуществляется вручную. В связи с увеличением объема производства картофеля необходимо автоматизировать процесс его сортировки.

Из литературных источников известны методы автоматической сортировки, предусматривающие распознавание таких показателей качества, как зрелость томатов, яблок, цитрусовых по цвету [1]. Это обусловлено тем, что цвет плодов однозначно определяет распознаваемый показатель качества. Известные устройства для реализации методов основаны на принципах построения интегральных оптико-электронных приборов в одном или нескольких спектральных диапазонах оптического излучения [2] – ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном.

Результаты проведенных предварительных экспериментов [2] показывают, что дефекты картофеля, такие как сухая гниль, могут быть эффективно обнаружены только в инфракрасном диапазоне спектра. Поэтому в рамках данной статьи рассмотрено решение задачи разработки программы для распознавания дефектов клубней картофеля по изображениям, полученным в ИК-диапазоне.

Для получения изображений в ИК-диапазоне был разработан макет установки, представленный на рис. 1. По конвейеру *1* транспортируются клубни картофеля *5*. Для нагрева клубней используется инфракрасная лампа *3*. В процессе перемещения клубней картофеля по конвейеру они вращаются благодаря использованию роликов. Это позволяет равномерно на 0,5…1,0 °С нагревать всю поверхность клубня и получать его изображение с помощью инфракрасной камеры *4*. Основная проблема при сортировке состоит в анализе полученных изображений и автоматическом распознавании дефектов, поскольку они имеют разную форму и разную контрастность на ИК-изображении.

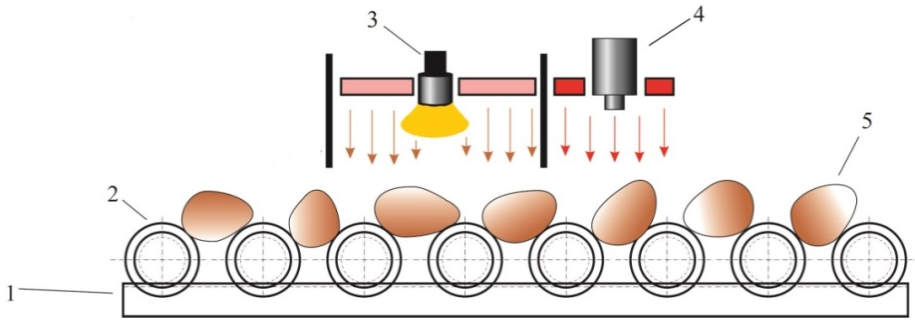


Рис. 1. Схема установки для определения дефектов клубней картофеля

Для анализа изображения, полученного в ИК-диапазоне, могут использоваться гистограммы, диаграммы интенсивности и другие методы. В частности, методы цветового пространства используются для разделения фона и объекта анализа [3]. Методы классификации используются для распознавания дефектов объекта в режиме реального времени [3]. На сегодняшний день разработано множество алгоритмов классификации. Типовой алгоритм классификации предполагает: сохранение выходных значений вблизи выделенного значения для запросов определенных пикселей в векторе; вычисление среднего арифметического значения; возврат вектора в качестве входного значения для сценария запроса пикселя. Известен также метод дискриминантного анализа, который применяется для классификации объектов во взаимоисключающие группы (классы). Он базируется на ряде измеримых функций объектов и фокусируется на максимизации соотношения дисперсии между разными группами и внутри одной группы [3]. С учетом проведенного анализа методов обработки изображений был выбран пакет NIVision [4], содержащий необходимые инструменты.

С использованием пакета NIVision в среде LabView было разработано программное обеспечение, предназначенное для распознавания дефектов клубней картофеля по изображениям, полученным в ИК-диапазоне (рис. 2).

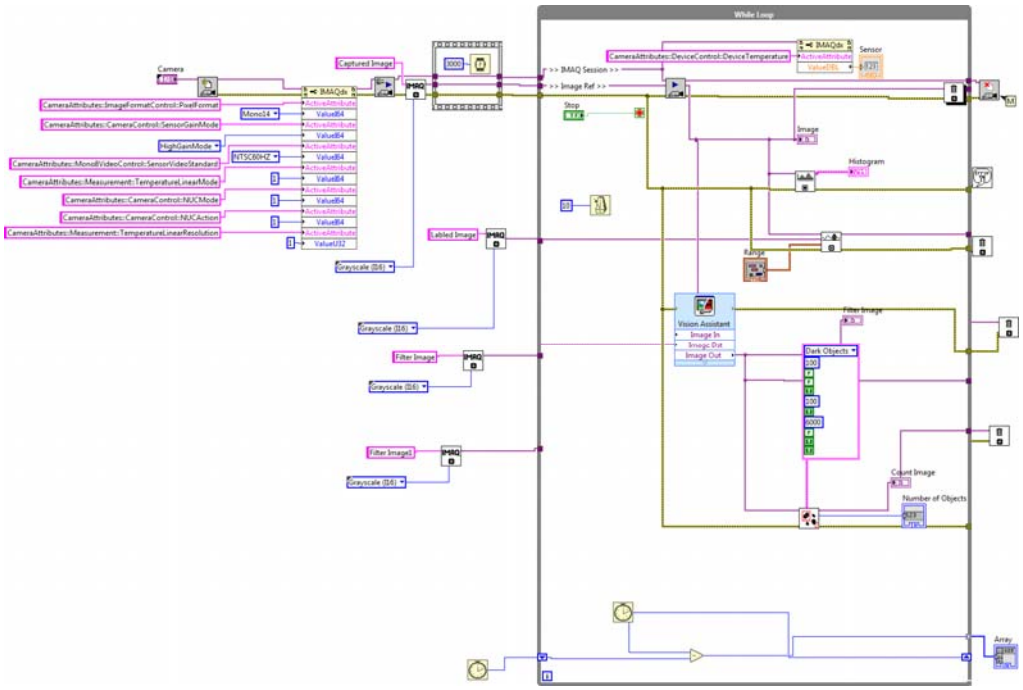


Рис. 2. Программное обеспечение для распознавания дефектов

Разработанная программа позволяет получать изображения с камеры Flir и обрабатывать его по следующему алгоритму. Полученное изображение (рис. 3) конвертируется в 8-битное (рис. 4). Для улучшения видимости дефекта увеличивается контрастность и яркость изображения (рис. 5), после чего проводится его бинаризация (рис. 6). Затем применяется фильтр Собела для определения контура клубня и контуров дефектов внутри него (рис. 7). На последнем этапе подсчитывается количество контуров с площадью в диапазоне 50… 300 пикселей, что соответствует диапазону размеров определяемых дефектов. В результате выполнения программы получают количество и выводится на экран местоположение дефектов на клубне картофеля (рис. 8).

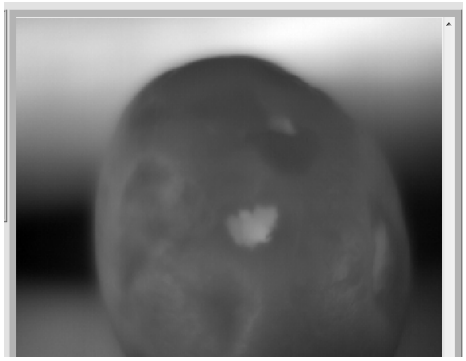


Рис. 3. Изображение клубня картофеля в ИК-диапазоне

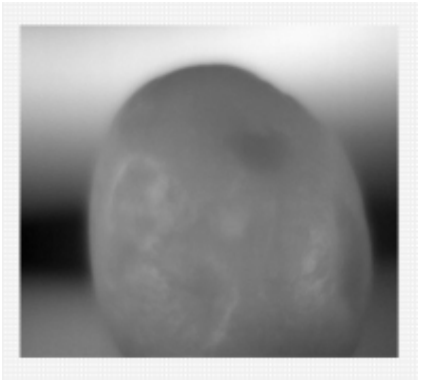


Рис. 4. Конвертированное изображение клубня

Рис. 5. Изображение клубня картофеля с увеличенной контрастностью

Рис. 6. Бинаризованное изображение клубня картофеля

Рис. 7. Изображение контура клубня

Рис. 8. Полученный дефект

Таким образом, разработанное ПО позволило выявлять дефекты клубней картофеля. При этом остается не до конца решенным вопрос о вероятности выявления дефектов, поскольку велико влияние контрастности ИК-изображения объекта контроля. С учетом этого будет продолжена доработка разработанного ПО и методик получения ИК-изображений.

Список литературы

1. Башилов, А. М. Идентификация дефектов агропродукции и выбор оптико-электронных систем сепарации / А. М. Башилов, Ю. И. Кириенко // Вестник ВИЭСХ. – 2015. – № 4. – С. 51 – 56.
2. Дивин, А. Г. Макет роботизированного комплекса для сортировки сельскохозяйственной продукции / А. Г. Дивин, П. В. Балабанов, Г. В. Шишкина, Г. В. Мозгова // Вестник Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 601 – 608.
3. Анисимов, Б. В. Распознавание и цифровая обработка изображений : учеб. пособие для студентов вузов / Б. В. Анисимов, В. Д. Курганов. – М. : Высш. шк., 1983. – 295 с.
4. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision / Ю. В. Визильтер и др. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 464 с.

А. В. Балашов, канд. техн. наук, доц., вед. науч. сотр.
Лаборатории использования машинно-тракторных агрегатов,
А. Н. Зазуля, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр.
Лаборатории использования машинно-тракторных агрегатов,
А. А. Синельников, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
Лаборатории использования машинно-тракторных агрегатов,
С. П. Стрыгин, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
Лаборатории использования машинно-тракторных агрегатов
(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов, Россия)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СОИ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье представлены технология производства сои в Тамбовской области, а также динамика роста посевных площадей и урожайность за 2010 – 2019 гг.

Ключевые слова: технология, соя, обработка почвы, посев.

В растениеводстве инновационные процессы должны быть направлены на: увеличение объемов производимой продукции на основе повышения плодородия почвы, роста урожайности культур и улучшение качества продукции; экологизацию производства; снижение расхода энергоресурсов и уменьшение зависимости урожайности от природных факторов; экономию трудовых и материальных затрат; сохранение и улучшение экологии окружающей среды [1].

Инновационное развитие производства сои подразумевает увеличение валового сбора зерна при снижении затрат на возделывание, которое может быть достигнуто за счет применения высокопродуктивных сортов и внедрения прогрессивных технологий производства. Использование новых комплексов машин и высокоэффективных энергетических средств приведет к снижению затрат на производство сои. Но использование дорогостоящей зарубежной техники при возделывании и уборке сои приводит к росту расходов за счет увеличенной амортизации и дорогого технического сервиса.

Производственно-технологическое направление инноваций, которое включает внедрение новых технологий возделывания и уборки сои, с применением районированных сортов, эффективных и экологически безопасных удобрений и средств защиты растений, а также использование новой техники является перспективным направлением восполнения дефицита растительного белка.

Высокое (до 45…48%) содержание в сое полноценного по аминокислотному составу, растворимости и усвояемости белка и высококачественного по жирно-кислотному составу масла (до 25%) предопределяет ее широкое распространение [2]. Кроме того, благодаря способности усваивать атмосферный азот посредством симбиоза с клубеньковыми бактериями-азотфиксаторами соя является одним из лучших предшественников для зерновых и других сельскохозяйственных культур, способствуя увеличению их урожайности.

Площадь посевов сои в Тамбовской области в 2010 году составляла 2,7 тыс. га, в 2018 году – более 114 тыс. га [3], а в 2019 году соя будет размещена на площади 130 тыс. га, рис. 1.

Рис. 1. Динамика роста посевных площадей и урожайности сои в Тамбовской области

Урожайность сои за рассматриваемый период в зависимости от природно-климатических условий, применения нерайонированных сортов и неэффективных технологий колебалась в широких пределах. Так, из-за засушливого лета 2018 года средняя урожайность сои по сравнению с 2017 годом снизилась до 16,2 ц/га.

Реализация инновационных технологий производства сои предусматривает выполнение ряда мероприятий, включающих:

– разработку региональных и муниципальных инновационных программ производства сои;

– технологическое и техническое переоснащение хозяйств;

– внедрение ресурсосберегающих технологий производства сои.

Внедрение ресурсосберегающих технологий позволяет более производительно использовать технику, значительно сократить расход топливо-смазочных материалов, оптимизировать использование минеральных удобрений, повысить производительность труда [4].

Технология возделывания и уборки сои предусматривает выполнение ряда последовательных агротехнических приемов: основная и предпосевная обработка почвы, посев, обработка посевов, уборка. При этом требуется выполнить точно, качественно и своевременно все технологические операции с соблюдением агротехнических требований.

Одним из направлений ресурсосбережения является применение гладкой вспашки, исключающей выполнение технологических операций основной обработки почвы, включающих разравнивание свальных гребней и развальных борозд после вспашки классическими плугами.

Для гладкой вспашки используются оборотные плуги, на которых установлены на разных стойках плужные корпуса, что увеличивает материалоемкость в сравнении с классическими плугами, а на поворотном плуге корпуса со сдвоенными лемехами и отвалами установлены на поворотном брусе с возможностью поворота вокруг оси стойки [5].

Для предпосевной обработки почвы используются комбинированные агрегаты, которые позволяют выровнять поверхность поля, разрыхлить почву на глубине заделки семян, 90…99% семян сои равномерно распределить на заданной глубине, что способствует получению равномерных и дружных всходов.

На основании анализа современных технологий возделывания сои в различных регионах для условий Тамбовской области предлагается широкорядный гнездовой способ посева. При этом способе семена, обработанные инокулянтом, равномерно размещают в гнездах по несколько штук с равным интервалом и заданным расстоянием между гнездами в рядке. При гнездовом посеве повышается полевая всхожесть семян, создаются благоприятные условия для роста и развития растений, что в конечном итоге положительно влияет на урожайность сои.

Для посева сои по предложенному способу разработана сеялка, которая укомплектована высевающими аппаратами с запатентованным диском. Полевыми исследованиями установлено, что при высеве сои с заданной нормой (18 шт./м) сеялка обеспечивает равномерное распределение семян в гнездах по длине рядка в соответствии с агротехническими требованиями при скорости движения посевного агрегата до 2 м/с [6].

Контроль качественных показателей работы посевных агрегатов осуществлялся запатентованной системой контроля высева семян, установленной на сеялку. Система включает датчики высева семян, монтируемых в сошниках каждого высевающего аппарата сеялки, датчик пути, кабельную разводку и контроллер. Эта система во время работы посевного агрегата контролирует установленные в заданных пределах норму высева семян и скорость движения, а также информирует механизатора о возникающих технологических и технических отказах и местах их появления. На контроллере, устанавливаемом в кабине трактора, накапливается и сохраняется информация о норме высева по каждому высевающему аппарату, на определенных участках поля установленной длины, наработки посевного агрегата. Система контроля высева семян позволяет использовать посевной агрегат ночью, так как механизатор постоянно информирован о процессе посева, а также возникающих технологических и технических отказах сеялки [7].

Использование сеялки в составе комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата на базе интегрального трактора позволит совместить предпосевную обработку почвы и посев, сэкономить топливо и сократить время проведения полевых работ.

Совмещение в одном агрегате выполнения предпосевной обработки почвы и точный высев семян сои способствуют уменьшению доли, уплотняемой колесами, площади поля с 27 до 6% и исключению разрыва во времени их проведения, что положительно влияет на полевую всхожесть семян на 4…10% и увеличивает урожайность сои. При этом уменьшается удельный расход топлива в сравнении с однооперационными агрегатами.

Существенное влияние на урожайность сои оказывает своевременная и качественная обработка посевов как механическим, так и химическим способами, в результате которой уничтожаются сорняки и создаются благоприятные условия для развития растений. Обработку посевов сои предлагается проводить комбинированным агрегатом, оснащенным аппликаторами для внесения рабочих растворов жидких удобрений и гербицидов. Совместное применение жидких удобрений и гербицидов для уничтожения сорняков и междурядной обработки приводит к снижению засоренности посевов на 3…15% и повышению урожайности

сои. К обработке посевов следует отнести и десикацию сои, проводимую перед уборкой в зависимости от состояния растений и природно-климатических условий.

Использование на уборке сои зерноуборочных комбайнов, оборудованных соевой жаткой низкого среза (типа FloatStream 700), настроенных и отрегулированных на оптимальные режимы работы, исходя из складывающихся условий позволит значительно сократить потери урожая и травмирование зерна.

Поэтому применение инновационных технологий производства сои позволит увеличить объемы получаемой отечественной продукции в виде высокобелкового зерна; провести технологическую и техническую модернизацию; решить экологические проблемы.

Список литературы и источников

1. Балашов, А. В. Инновации в производстве сахарной свеклы / А. В. Балашов // Наука в центральной России. – 2017. – № 5. – С. 21 – 28.

2. Chathurika, W. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress / W. Chathurika, K. Raja Reddya, B. Nacer // Food Chemistry. – 2019. – № 278. – P. 92 – 100.

3. Оперативная информация [Электронный ресурс] / Управление сельского хозяйства Тамбовской области. – URL : http://www.agro.tmbreg.ru/ (дата обращения: 11.09.2018).

4. Повышение эффективности использования технологий и технических средств для возделывания и уборки пропашных культур (рекомендации) / А. Н. Зазуля, Ю. А. Тырнов, А. В. Балашов и др. ; ГНУ ВНИИТиН Россельхоз академии. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2012. – 76 с.

5. Патент № 2506732 Российская Федерация, МПК A 01 B 3/30. Плуг поворотный с переменной шириной захвата / Ю. А. Тырнов, А. В. Балашов, В. П. Белогорский, С. В. Марнов ; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2012138513/13, заяв. 07.09.2012 ; опубл. 20.02. 2014, Бюл. № 5. – 8 с.: ил.

6. Балашов, А. В. Исследование контролируемого гнездового посева семян сои / А. В. Балашов, С. П. Стрыгин, Н. Ю. Пустоваров, С. Г. Хайруллина, А. А. Синельников // Наука в центральной России. – 2017. – № 6. – С. 6 – 17.

7. Система контроля высева семян / А. И. Завражнов, А. В. Балашов, С. П. Стрыгин, А. В. Крищенко, Н. Ю. Пустоваров // Сельский механизатор. – 2017. – № 12. – С. 18 – 21.

Д. Ю. Башко, магистрант,
Е. И. Подашевская, ст. преп. кафедры информационных технологий
и моделирования экономических процессов,
(Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Республика Беларусь)

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. Современное сельскохозяйственное производство является высокотехнологичной отраслью. Ее функционирование в значительной степени зависит от согласованности действий всех подразделений. В таких условиях необходимо создание и обеспечение качественной связи между звеньями сельскохозяйственного производства. В работе рассматривается значимость применения сетевых технологий в сельском хозяйстве. Помимо этого, уделяется значительное внимание современным сетевым технологиям.

Ключевые слова: оборудование, связь, сеть, сельское хозяйство, технологии.

Современное сельское хозяйство невозможно представить без современных технологий [1, 2]. На сегодняшний день использование прогрессивных технологий является одним из главных факторов роста конкурентоспособности как отдельных сельскохозяйственных организаций, так и агропромышленного комплекса [3, 4]. Понятие современных технологий подразумевает не только модернизацию оборудования и улучшение качеств материалов. В это понятие также входит снижение временных промежутков между операциями, сокращение простоев техники и оборудования.

Проблема сообщения между оборудованием и его операторами имеет огромное значение. Современное оборудование является высокотехнологичным, использует огромные массивы данных и требует как быстрой связи друг с другом, так и возможность скоростного обмена данными. В таких условиях возникает огромная необходимость в создании и развитии высокоскоростных технологий беспроводной связи.

В последние годы стала развиваться новая концепция функционирования агропромышленного комплекса, которая имеет название «Сельское хозяйство 4.0». Она включает все имеющиеся средства механизации и автоматизации производства, дополненные «Интернетом вещей» (когда машины и оборудование обмениваются данными и командами между собой без участия человека), большими данными и ее более тонкой электроникой, проникающей во все сферы аграрного производства.

В экономически развитых странах данная концепция функционирования сельскохозяйственного производства получила широкое применение. Это в первую очередь требует наличия высокоразвитых сетевых технологий. В странах ЕС сетевым технологиям уделяется огромное значение. На сегодняшний день в Европе широкое распространение получила связь четвертого поколения (4G). Однако в настоящее время тестируется связь пятого поколения (5G).

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь преобладает концепция «Сельское хозяйство 3.0». Модернизация сетевых технологий является одним из основополагающих условий для внедрения концепции «Сельское хозяйство 4.0».

Для развития сетевых технологий, прежде всего, необходимо глобальное преобразование инфраструктуры беспроводной связи. Данное мероприятие подразумевает внедрение более современных технологий коммуникации. В Республике Беларусь преобладает технология мобильного Интернета третьего поколения (3G), которая является недостаточно эффективной для удаленного управления производственными процессами в сельском хозяйстве [5, 6]. Связь четвертого поколения постепенно внедряется, однако скорость и уровень внедрения являются недостаточными. Ключевым условием перехода на связь нового поколения является обновление технической базы. В связи с неоднозначным экономическим положением государства скорость устаревания технической базы больше, чем ее обновления.

Помимо этого, внедрение новых сетевых технологий требует более квалифицированного обслуживающего персонала. В Беларуси данному аспекту уделяется большое значение. Многие учреждения среднего и высшего образования ежегодно подготавливают огромное количество квалифицированных специалистов. Однако проблема устаревания сетевого оборудования приводит к необходимости переобучения и повышения квалификации специалистов.

Список литературы и источников

1. Тетеринец, Т. А. Производственно-экономический потенциал сельского хозяйства Беларуси: анализ и механизмы управления / Т. А. Тетеринец, В. М. Синельников, Д. А. Чиж, А. И. Попов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 160 с.

2. Башко, Д. Ю. Современные концепции развития сельского хозяйства в условиях информатизации / Д. Ю. Башко // Рыночная экономика: сегодня и завтра : тез. конф. – Минск : БГАТУ, 2018. – С. 165–166.

3. Попов, А. И. Инвестиционная привлекательность аграрного сектора экономики Тамбовской области / А. И. Попов, А. Г. Павлов // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК : сб. науч. ст. Междунар. науч. конф. – Минск, 2018. – С. 282 – 286.

4. Синельников, В. М. Повышение эффективности функционирования картофелепродуктового подкомплекса АПК на основе развития кооперативно-интеграционных структур / В. М. Синельников, А. И. Попов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2018. – № 3(69). – С. 97 – 105.

5. Agritechnica 2015 или Сельское хозяйство 4.0 [Электронный ресурс] / Научно-практический журнал «Белорусское сельское хозяйство». – Минск, 2017. – URL : http://www.agriculture.by/

6. Попов, А. И. Формирование готовности технических специалистов АПК к инновационной деятельности / А. И. Попов, В. М. Синельников, Л. Е. Процко // Агропанорама. – 2017. – № 2(120). – С. 43 – 48.

И. В. Белько, д-р физ.-мат. наук, проф., проф. кафедры высшей математики,
О. Л. Сапун, канд. пед. наук, доц., зав. кафедрой информационных технологий и моделирования экономических процессов,
Е. А. Криштапович, ст. преп. кафедры высшей математики,
Е. И. Подашевская, ст. преп. кафедры информационных технологий и моделирования экономических процессов
(Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Республика Беларусь)

ОСОБЕННОСТИ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ

Аннотация. Отбор факторов, которые могут оказывать влияние на урожайность зернобобовых, проведен с использованием анализа наличия мультиколлинеарности с пошаговым отбором, что дает возможность создавать модели, пригодные для практической деятельности. Адекватность полученной модели подтверждается найденным интервалом прогноза.

Ключевые слова: эконометрическая модель, урожайность, мультиколлинеарность, ошибка прогноза, интервал прогноза.

Взаимосвязи между основными составляющими сельскохозяйственного производства носят специфический характер и требуют индивидуального подхода и учета особенностей конкретного хозяйства или региона [1], а также возможной изменчивости определяющих факторов.

Возможности современных компьютерных технологий обеспечивают исследователей полной технической поддержкой, позволяя сосредоточиться на главных вопросах: постановке задачи, отборе факторов, анализе полученных результатов, построении и оценке прогноза.

Целью работы является анализ существенности факторов, влияющих на урожайность зерновых, их взаимосвязей и возможностей использования при прогнозировании. Для выделенных значений наиболее значимых факторов находим прогнозные значения и строим интервальные оценки прогноза. Изучаем влияние одного из факторов на урожайность при зафиксированном среднем значении другого фактора.

В основе исследования содержится классический метод множественной регрессии, дополненный развернутым анализом возможностей его применения для получения адекватного результата.

В проведенном исследовании в качестве результирующего показателя выступает урожайность зернобобовых по хозяйствам Гродненской области. Экзогенные переменные, отобранные для исследования, следующие (табл. 1):

x_1 – балл плодородия почвы (балл);

x_2 – число благоприятных дней (погода);

x_3 – число колесных тракторов и зерноуборочных комбайнов на 100 га (техника);

x_4 – число орудий поверхностной обработки почвы на 100 га (орудия);

x_5 – количество химических удобрений, расходуемых на гектар, ц (удобрения).

Эндогенная переменная y – урожайность, ц.

1. Исходные данные

y_i	x_{i1}	x_{i2}	x_{i3}	x_{i4}	x_{i5}
26,9	49	53	5,4	2,8	0,09
25,6	46	56	3,4	1,7	0,23
26,2	49	52	1,2	1,8	0,15
25,8	48	58	3,0	1,7	0,34
22,6	46	62	1,9	0,9	0,18
24,5	44	57	1,4	0,7	0,09
28,5	53	54	4,7	2,1	0,12
26,5	46	55	1,2	1,1	0,61
27,8	51	62	1,7	0,9	0,48
24,9	49	60	3,1	1,6	0,57
23,2	44	57	3,1	2,5	0,26
29,5	52	52	1,2	0,7	0,35
27,0	50	61	1,2	0,6	0,47
25,5	47	64	3,9	1,6	0,41
27,1	49	66	2,0	1,0	0,31
22,6	46	54	1,7	0,8	0,09
29,2	50	56	4,7	3,3	0,48
21,8	44	55	2,9	1,5	0,36
25,1	49	54	1,8	1,0	0,62
33,5	51	66	5,9	3,9	0,64

Анализ матрицы парных коэффициентов корреляции показывает, что результативный показатель наиболее тесно связан с фактором x_1 (баллом) ($r_{yx_1} = 0,794$).

В то же время связь между факторами достаточно тесная: существует практически линейная связь между x_3 и x_4 ($r_{x_3x_4} = 0,872$).

Учитывая тесную взаимосвязь этих факторов, в регрессионную модель урожайности следует включить только один из них, например x_4.

Чтобы продемонстрировать отрицательное влияние мультиколлинеарности, рассмотрим регрессионную модель урожайности, включив в нее все исходные показатели:

$$\hat{y} = -16,701 + 0,728x_1 + 0,109x_2 - 0,526x_3 + 1,694x_4 + 0,985x_5;$$

$$t_{a_1} = 5,469;\ t_{a_2} = 1,273;\ t_{a_3} = -1,068;\ t_{a_4} = 2,171;\ t_{a_5} = 0,474;\ F_{\text{набл}} = 10,805.$$

Для проверки гипотезы о значимости отдельных коэффициентов регрессии сравним их с критическим значением $t_{\text{кр}} = 2,1448$. Статистически значимыми являются коэффициенты регрессии при x_1 и x_4.

Не поддается экономической интерпретации отрицательный знак коэффициента регрессии при x_3, из чего следует, что повышение насыщенности сельского хозяйства колесными тракторами и зерноуборочными комбайнами отрицательно сказывается на урожайности. Таким образом, полученное уравнение регрессии неприемлемо.

Для получения уравнения регрессии со всеми значимыми коэффициентами используем пошаговый алгоритм регрессионного анализа. Первоначально используем пошаговый алгоритм с исключением переменных [2, 3].

Исключим из модели переменную x_3, коллинеарную переменной x_4, имеющую экономически недопустимый знак и незначимый коэффициент регрессии.

Для оставшихся переменных построенное уравнение регрессии значимо.

Проведя пошаговое исключение переменных, получим значимое уравнение регрессии со значимыми и интерпретируемыми коэффициентами при регрессорах:

$$\hat{y} = -10,731 + 0,733x_1 + 1,001x_4;$$

$$t_{a_1} = 5,693;\ \ t_{a_4} = 2,656;$$

$$F_{\text{набл}} = 24,063.$$

Полученное уравнение является лучшей моделью урожайности для используемых данных среди выделенных факторов.

В условиях мультиколлинеарности применяется также пошаговый алгоритм с включением переменных. На первом шаге в модель урожайности включим объясняющую переменную x_1, имеющую самый высокий коэффициент корреляции с зависимой переменной y. На втором шаге включаем в уравнение наряду с x_1 переменную x_4 и получаем модель, которая по экономическим соображениям и статистическим характеристикам превосходит полученную ранее.

Включение в это уравнение дополнительно любой из трех оставшихся переменных ухудшает свойства модели.

Множественный коэффициент детерминации $\hat{R}^2 = 0,739$ свидетельствует о том, что 73,9% вариации урожайности объясняется вошедшими в модель факторами x_1 и x_4. Остальная часть вариации обусловлена действием неучтенных факторов.

Для построения прогноза задаем прогнозные значения $x_1 = 54$ и $x_4 = 4,5$. По уравнению регрессии находим прогнозное значение урожайности, равное 33,4. Для вычисления ошибки прогноза составляем матрицу X, столбцами которой служат значения факторов x_1 и x_4, первый столбец матрицы для введения свободного члена уравнения заполняем единицами.

Используя матричные вычисления в Excel, находим ошибку индивидуального значения прогноза, равную 1,93. Таким образом, с вероятностью 0,95 прогнозное значение урожайности зернобобовых находится в интервале (31,5; 35,3).

Полученные результаты показывают возможность использования балла плодородия почвы и числа орудий ее поверхностной обработки для построения адекватной модели.

Найдем средние значения факторов x_1 и x_4 и исследуем зависимость урожайности при изменении фактора x_1 и неизменном среднем значении фактора x_4. Затем фиксируем среднее значение фактора x_1 и варьируем фактор x_4. Находим прогнозные значения урожайности для выбранных значений факторов. Полученные зависимости изображены на рис. 1 и 2.

Следует отметить, что среди отобранных нами показателей отсутствует показатель использования гербицидов, хотя он оказывает значительное влияние на урожайность и частично входит в состав показателя x_5 – количество химических удобрений, расходуемых на гектар [4]. Причиной его невключения в данное исследование является отсутствие данных.

Особого внимания требуют показатели использования техники. Исключение из модели показателя x_3 позволяет сделать вывод, что степень использования числа колесных тракторов

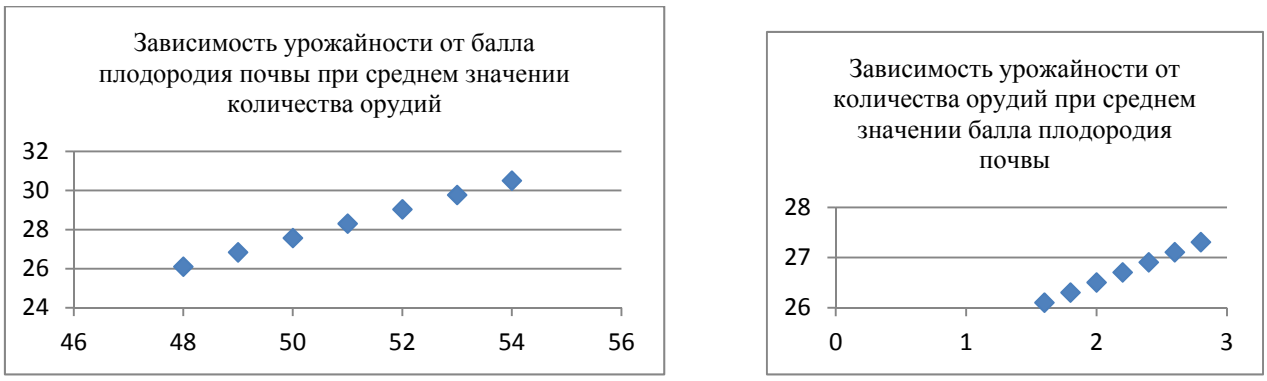


Рис. 1. Зависимость урожайности от исследуемых факторов

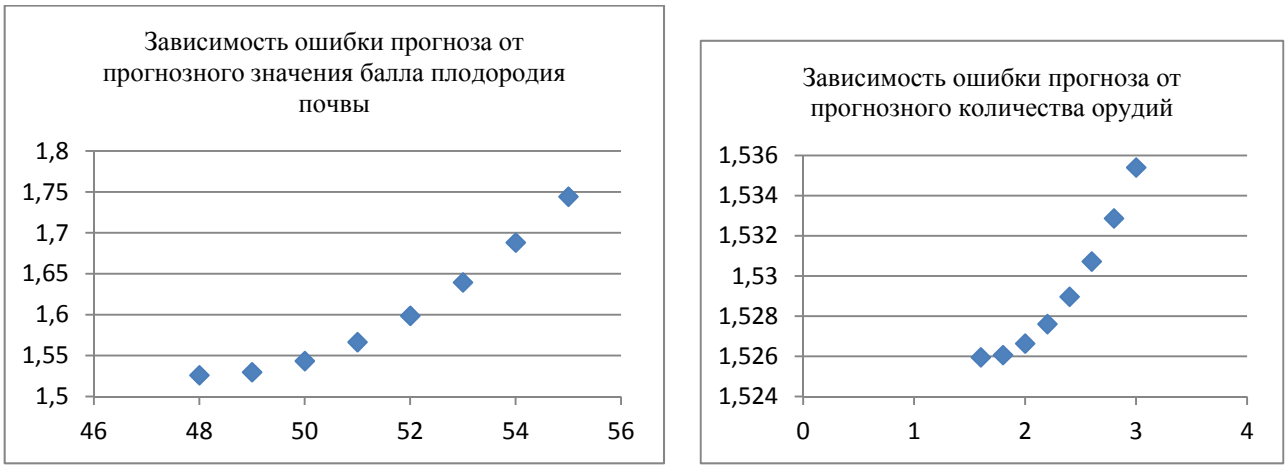


Рис. 2. Зависимость ошибки прогноза от прогнозных значений

и зерноуборочных комбайнов на 100 га (техника) должна оцениваться с учетом качества их использования. Это подтверждается мультиколлинеарностью фактора x_3 с фактором x_4 – числом орудий поверхностной обработки почвы.

Подводя итоги проведенного исследования, можно отметить, что главной проблемой моделирования сельскохозяйственных процессов является отсутствие не только качественно структурированных данных, но просто систематических данных.

Список литературы

1. Производственно-экономический потенциал сельского хозяйства Беларуси: анализ и механизмы управления / Т. А. Тетеринец, В. М. Синельников, Д. А. Чиж, А. И. Попов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 160 с.

2. Многомерный статистический анализ в экономических задачах: компьютерное моделирование в SPSS : учеб. пособие / под ред. И. В. Орловой.– М. : Вузовский учебник, 2013. – 310 с.

3. Эконометрика и экономико-математические методы и модели : учеб. пособие / Г. О. Читая и др. ; под ред. Г. О. Читая, С. Ф. Миксюк. – Минск : БГЭУ, 2018. – 511 с.

4. Белько, И. В. Анализ урожайности зерновых на основе метода частных наименьших квадратов / И. В. Белько, Е. А. Криштапович // Материалы 6-й Междунар. практ. конф. «Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе». – Минск : БГАТУ, 2014. – С. 45.

С. П. Волков, студент,
А. В. Дранников, д-р техн. наук, доц., декан
(Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия)

МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШНЕКОВ ЭКСТРУДЕРОВ ДЛЯ КОМБИКОРМОВ

Аннотация. Рассмотрены вопросы кормления сельскохозяйственных животных, использования экструдированных кормов, проектирования шнеков экструдеров.

Ключевые слова: комбикорм, экструдер, шнек, проектирование.

В связи с вводом санкций со стороны западных стран в последние несколько лет отечественное сельское хозяйство показывает стабильный рост, в частности, активно развивается животноводство и птицеводство.

Многие хозяйства используют для кормления чистое зерно или его смеси, что снижает темпы роста животных и птицы и повышает себестоимость производимой продукции, так как необработанное зерно не обладает достаточной кормовой ценностью и может быть инфецированно, что приводит к расстройствам пищеварения.

Известно, что потребность в комбикормах в России для сельскохозяйственных ферм составила в 2012 году – 30,3 млн т, в 2016 году – 35,4 млн т, предположительно в 2020 году – 40,6 млн т. Несбалансированность кормов является серьезной проблемой, тормозящей развитие предприятий АПК. Для повышения питательной ценности и доброкачественности комбикормов применяют такой способ обработки сырья, как экструдирование, позволяющий обеспечить его высокую усвояемость порядка 95% [1].

Кроме того, экструдированный продукт расходуется в 2 раза меньше, по сравнению с обычным цельным зерном, что повышает общую экономическую эффективность работы животноводческих хозяйств.

В таблице 1 приведены показатели откорма свиней (от 9 до 30 кг) различными комбикормами [2].

Таблица 1

Показатель	Рассыпной комбикорм	Гранулированный комбикорм	Экструдированный комбикорм
Расход кормов, г/день	1007	955	922
Увеличение живой массы, г/день	473	470	476
Использование корма на 1 кг привеса	2,13	2,03	1,94

Основным технологическим оборудованием для производства экструдированного комбикорма является экструдер, в котором происходят все основные физико-химические превращения сырья.

Главным рабочим органом экструдера является шнек, который выполняют с уменьшающимся шагом, для развития большого давления, он может изготавливаться или путем

отливки или вытачиваться на станках с ЧПУ, или литьем оба эти метода требуют 3D-модель этого шнека.

Общепринятый метод проектирования шнеков с переменным шагом в программе КОМПАС 3D очень трудоемкий, он заключается в моделировании секций с постоянным шагом в пределах секции.

Предлагаемый метод использует функцию «кривая по закону» и возможности пространственных кривых. Этот метод уменьшает количество операций и время проектирования.

Рис. 1. Интерфейс функции «кривая по закону» с записанным уравнением

Имеется возможность редактировать операторы уравнения для создания необходимых параметров шнека.

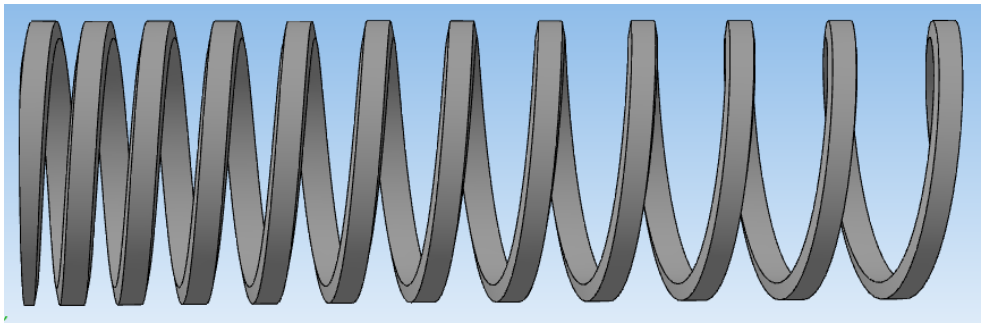
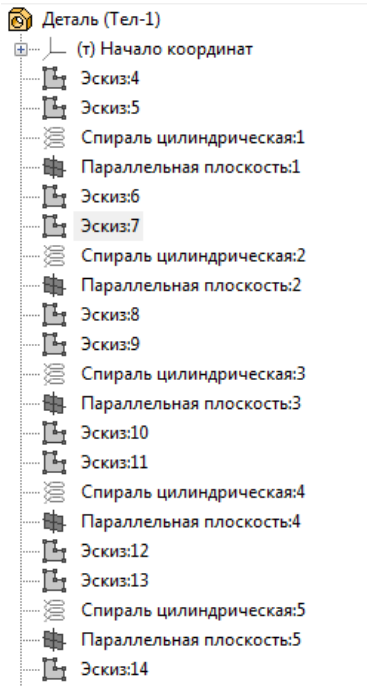
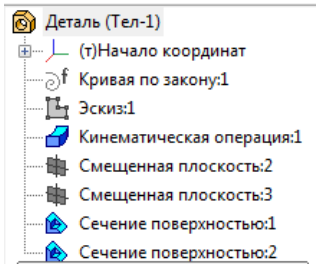


Рис. 2. Пример навивки шнека с переменным шагом





а) *б*)

Рис. 2. Примеры древа построения модели:

а – классическим методом; *б* – предлагаемым методом

Для построения одного витка шнека общепринятым методом необходимо четыре операции, при использовании предлагаемого метода используются семь операций на любое количество витков. При длине шнека в 10 витков количество операций, а, следовательно, и времени на проектирование снизится в 5 раз.

Список литературы и источников

1. Техника и технологии экструдированных комбикормов [Текст] / В. Н. Василенко, А. Н. Остриков. – Воронеж : ВГТА, 2011. – 454 с

2. Сайт “ЖИВОКОРМ”. URL : http://zhivkorm.by/ru/wuhg9/21-er-kobita-bangla.html

А. В. Грибов, канд. экон. наук, доц., декан экономического факультета
(Гродненский государственный аграрный университет, Гродно, Республика Беларусь)

ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В КОНТЕКСТЕ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Аннотация. Структурные преобразования в экономике Республики Беларусь затрагивают все сферы деятельности, в том числе и сельское хозяйство. Вступление страны в ВТО обязывает сельскохозяйственных товаропроизводителей комплексно подходить к снижению ресурсоемкости продукции, в первую очередь используя внутренние резервы, которые основываются на внедрении механизированных, автоматизированных и информационных систем.

Ключевые слова: сельское хозяйство, структурные изменения, информационные системы.

Процессы, протекающие в экономике любой страны, в отдельных ее сферах, неизбежно приводят к трансформации и совершенствованию моделей и механизмов, функционирующих в остальных отраслях. Система агропромышленного производства представляет собой комплекс организационных, социально-экономических, технико-технологических, информационных и экологических условий, которые модифицируются в соответствии со структурными изменениями в экономике страны [1, 2].

Основными приоритетами, по мнению отечественных ученых, перспективного и устойчивого развития агропромышленного производства в начале 2000-х годов являлись:

– эффективное использование имеющегося производственного потенциала с последующим переходом на инновационный путь развития;

– освоение эффективных организационно-экономических моделей сельскохозяйственного производства [3, 4];

– применение новейших моделей организации и ведения производства;

– совершенствование республиканского и территориального зонирования, специализации и размещения отраслей растениеводства и животноводства;

– широкое и преобладающее использование преимуществ концентрации агропромышленного производства;

– внедрение в практику принципов кооперации и интеграции агропромышленного производства;

– организация агропромышленных предприятий всех форм;

– переспециализация агропромышленного производства на потребительский спрос;

– нацеленность агропромышленного производства страны на экспорт;

– создание условий для широкого развития всех форм аграрного предпринимательства и бизнеса;

– воспроизводство и восстановление высокопрофессионального кадрового потенциала сельского хозяйства;

– переход на новую систему мотивации и стимулирования труда и производства [5].

Данные направления в той или иной степени являются актуальными и сейчас, однако они должны учитывать современные требования автоматизации, компьютеризации и информатизации [6]. Отсюда следует, что ориентиры развития сельского хозяйства остаются практически неизменными, но процесс их осуществления существенно предопределен достижениями науки и технологии.

Например, вышеупомянутое направление развития сельского хозяйства «Совершенствование республиканского и территориального зонирования, специализации и размещения отраслей растениеводства и животноводства» в настоящее время реализуется путем перехода к точному земледелию, основанному на широком использовании данных спутниковых систем связи и навигации, автоматизированных систем сбора информации и управления процессами.

Практическое назначение данной инновационной технологии в растениеводстве будет реализовано через:

а) разработку приборов экспресс-анализа определения содержания в почве питательных веществ и создание электронных карт сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь;

б) повсеместное изготовление и внедрение систем точного земледелия, в том числе комплектование ими сельскохозяйственной техники.

При осуществлении анализируемого мероприятия планируется широкое применение спутникового мониторинга посевов, данная технология онлайн-наблюдения позволит в режиме реального времени отслеживать динамику развития растений. Основой для систем наблюдения должна стать спутниковая навигация, оснащенная радио- и сотовой связью, а также специальной вычислительной техникой и цифровыми картами.

Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016 – 2020 гг. предусматривает, что к 2020 г. планируется широкое внедрение технологий электронного сельского хозяйства. Предусматриваются проектирование, разработка, оценка и применение инновационных способов использования информационно-коммуникационных технологий в сельском хозяйстве не менее чем на 5% сельскохозяйственных пахотных земель [6].

В настоящее время в Республике Беларусь реализация перспективных направлений сельского хозяйства базируется на достижениях передовых технологий, однако для более комплексного внедрения компьютеризации и информатизации производства необходимы дополнительные финансовые ресурсы.

Список литературы и источников

1. Экономика организаций и отраслей агропромышленного комплекса. В 2 кн. Кн. 1 / В. Г. Гусаков и др. ; под общ. ред. акад. В. Г. Гусакова. – Минск : Белорус. наука, 2007. – 891 с.

2. Тетеринец, Т. А. Производственно-экономический потенциал сельского хозяйства Беларуси: анализ и механизмы управления / Т. А. Тетеринец, В. М. Синельников, Д. А. Чиж, А. И. Попов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 160 с.

3. Синельников, В. М. Концептуальные подходы к инновационному обновлению кластера молочного скотоводства / В. М. Синельников, А. И. Попов, Н. М. Гаджаров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2019. – № 1(71). – С. 86 – 94.

4. Молоткова, Н. В. Механизм использования цифровой образовательной среды в инженерном образовании / Н. В. Молоткова, Е. А. Ракитина, А. И. Попов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2018. – № 2(68). – С. 163 – 172.

5. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016 – 2020 гг. [Электронный ресурс] Сов. мин. Респ. Беларусь. – URL : http://www.government.by/upload/docs/program_ek2016-2020.pdf/. – Дата доступа: 20.04.2018.

6. Головков, В. А. Совершенствование работы мясоперерабатывающего предприятия на основании оптимизации сырьевой зоны / В. А. Головков, В. М. Синельников, А. И. Попов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2018. – № 1(67). – С. 58 – 66.

В. И. Доровских[1], канд. техн. наук, доц., вед. науч. сотр.
Лаборатории управления качеством теологических процессов в животноводстве,
А. Г. Рамазанов[2]
([1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов, Россия;
[2]АО «Голицыно», Тамбовская область, Россия)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

Аннотация. Проведен анализ состояния молочной отрасли Российской федерации, определены основные направления ее устойчивого развития. Приведен анализ эксплуатационных параметров роботизированных систем доения животных, представлены результаты производственной проверки при их использовании в России и за рубежом. Намечены основные направления повышения эффективности использования доильных роботов.

Ключевые слова: молочное скотоводство, машинная технология, доильный робот, эксплуатационные параметры, эффективность, использование.

Производство молока в России находится на уровне 30,8…32,4 млн т в год. Импорт молочной продукции составляет 7…7,3 млн т.

Учитывая сложившуюся ситуацию в концепции продовольственной безопасности России, намечено увеличение производства молока на 7,5…8 млн т в год.

При экстенсивном развитии молочного скотоводства для реализации этой программы потребуется увеличить поголовье коров на 1,3…1,4 млн голов. Для их размещения потребуется новых животноводческих ферм и комплексов стоимостью около 700…800 млрд руб.

Это может быть достигнуто при значительно меньших инвестициях интенсификацией производства молока, а именно повышением продуктивности коров на 20…22%.

Вследствие того, что в настоящее время уровень использования генетического потенциала коров находится на уровне 50…70%, имеется существенный резерв повышения их продуктивности.

Продуктивность коров зависит от целого ряда факторов и в первую очередь от генотипа, условий кормления и содержания животных, а также от физиологичности процесса доения. Другие факторы производства полностью не реализуются без обеспечения оптимальных режимных параметров процесса доения.

Базой для возникновения практически новой технологии, суть которой заключается в самообслуживании животных [1], явилось применение роботов для доения коров. Ориентируясь на свой индивидуальный суточный ритм и готовность к доению, корова сама идет в доильный бокс, где в автоматическом режиме осуществляется весь комплекс работ по подготовке вымени, доению и контролю параметров.

В ходе хозяйственной проверки в АО «Голицыно» Никифоровского района Тамбовской области установлено, что животные быстро привыкают к доению роботами и охотно самостоятельно посещают доильный бокс. Проведенные исследования показали, что число доений животных зависит в основном от их продуктивности. Результаты производственной про-

верки показали, что коровы со средним суточным удоем молока в пределах 16,0 л посещали доильный бокс до 2 раз в сутки. Животные со средним суточным надоем молока 23,3 л доились уже 3 раза, а 4 раза посещали доильный бокс коровы, средний суточный удой которых составил 36 л (табл. 1).

1. Влияние молочной продуктивности коров на частоту их доения

Число		Суточный надой от одной коровы		
доений	коров	средний	минимальный	максимальный
1	3	16,0	9,4	19,8
2	21	23,3	14,1	32,9
3	30	30,2	15,1	36,2
4	10	36,3	19,3	42,5

Увеличение частоты доения благотворно сказывается на здоровье вымени животного и способствует повышению продуктивности животного до 14%, но для доения роботом пригодны не все животные: при формировании стада отбраковывается до 15% коров. Общие требования, которым должны отвечать животные при доении их роботом, следующие:

– высокая молочная продуктивность;

– плотно прикрепленное вымя, одинаковые по размеру соски, нижняя точка которых не должна быть ниже 35 см от уровня пола;

– расстояние между сосками должно быть не меньше 5 см;

– диагональное расположение сосков не допускается;

– животные не должны быть нервными и подвижными.

Анализ суточного распределения времени доения показал, что чаще всего животные приходят в доильный бокс в 8 и 20 ч (через 1…2 ч после раздачи им сбалансированного и смешанного кормового рациона). Рано утром (в 3…6 ч) в доильные боксы приходят лишь немногие животные. Это обстоятельство может служить этологическим подтверждением того, что обычное время доения животных следует пересмотреть.

Анализ компьютерных данных показал, что продолжительность молоковыведения из каждой четверти вымени со временем может меняться. Также, наблюдается заметная разница в продолжительности доения передних и задних четвертей вымени (табл. 2). Тем самым раздельные доения каждой четверти вымени и снятие доильных стаканов по мере снижения потока молока до определенного уровня положительно сказываются на состоянии вымени животного. Это происходит из-за снижения времени «холостого доения» и удержания его в узких пределах.

Возможность диагностирования заболеваний отдельных четвертей вымени на ранних стадиях (за счет измерения температуры молока и его электропроводности), а также снижение вредного влияния на соски «холостого доения» позволила снизить уровень заболеваемости коров, выдаиваемых доильными роботами Astronaut.

2. Продолжительность доения различных четвертей вымени коров роботом фирмы Lely

Четверть вымени	Продолжительность, мин				
	доения			холостого доения	
	средняя	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная
Передняя левая	2,10	3,09	1,33	0,24	0,15
Передняя правая	2,05	3,15	1,38	0,19	0,13
Задняя левая	4,01	6,08	2,21	0,48	0,16
Задняя правая	3,32	4,41	1,56	0,41	0,17

В ходе исследований проведен хронометраж отдельных операций, выполняемых роботом при доении коров. Установлено, что при средней разовой продолжительности пребывания коровы в доильном боксе (8,32 мин) робот способен выполнить 130 – 140 доений в сутки, т.е. робот фирмы Lely может обслуживать 50 – 55 коров. При непрерывном отеле размер стада составит 60 – 65 коров.

Использование роботов позволяет практически в 4 раза сократить затраты труда на доение животных по сравнению с карусельной установкой. Это открывает новые перспективы для гибкой организации труда оператора на ферме в течение всего суточного процесса.

Накопленная информация, полученная в ходе практического использования роботов [2], свидетельствует о том, что с технической точки зрения использование роботизированных доильных систем для доения коров не вызывает сомнения. В эксплуатации роботы достаточно надежны, а при возникновении неполадок сервисные службы своевременно их устраняют.

Достаточно высокая стоимость роботизированных доильных систем может служить серьезным препятствием на пути их активного внедрения в практику. Снижение же цен на доильные роботы, характерное для сравнимых изделий электроники, в ближайшее время вряд ли возможно, так как электронные компоненты по стоимости составляют лишь 10% от общей цены, остальная часть приходится на механику.

В настоящее время как у нас в стране, так и за рубежом идет процесс накопления информации для определения экономической эффективности использования роботизированных систем. Одним из наиболее перспективных вариантов на крупных фермах является сочетание доения высокопродуктивных коров с помощью роботов, а остальных животных на установках типа «Елочка» или «Карусель».

Список литературы

1. Яковчик, Н. С. Роботы для производства молока / Н. С. Яковчик, Г. Г. Палкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – № 9. – С. 37 – 39.

2. Тенденции развития доильного оборудования за рубежом. Аналит. обзор / Ю. А. Цой, Н. П. Мишуров, В. В. Кирсанов, А. И. Зеленцов ; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации. Департамент техн. политики [и др.]. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2000. – С. 3 – 7.

Г. Н. Ерохин, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., вед. науч. сотр.
Лаборатории эксплуатационных требований к сельскохозяйственной технике,
В. В. Коновский, инженер, науч. сотр. Лаборатории эксплуатационных
требований к сельскохозяйственной технике
(Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов, Россия)

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ СТОРОННИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. Компьютерным моделированием получены зависимости потерь эффективности уборки зерновых культур от площади уборки комбайнами сторонних предприятий. Выявлено, что загрузка собственных комбайнов оказывает решающее влияние на эффективность применения комбайнов сторонних предприятий.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, модель, эффективность.

Уборка зерновых культур в сельхозпредприятиях часто выполняется с привлечением дополнительных комбайнов сторонних предприятий на договорной основе. Обычно это происходит в сельхозпредприятиях с недостаточной оснащенностью уборочной техникой. Потребность в дополнительных зерноуборочных комбайнах может возникнуть по метеоусловиям, когда собственные комбайны не обеспечивают уборку зерновых культур в установленный агросрок. Старение собственных комбайнов и снижение их эксплуатационной надежности также может явиться одной из причин привлечения сторонних комбайнов.

Использование сторонних комбайнов для уборки зерновых культур ответственное с экономической точки зрения решение. В зависимости от конкретных условий оно может либо повысить эффективность уборки, либо принести убыток. Поэтому прогнозирование оценки эффективности применения сторонних комбайнов является актуальной задачей. Эта задача является достаточно сложной, она зависит от большого количества факторов. В данных исследованиях эффективность применения сторонних комбайнов рассматривается в зависимости от обеспеченности сельхозпредприятия собственными зерноуборочными комбайнами.

В исследованиях [1, 2] показано, что эффективность использования комбайнов на уборке зерновых культур достоверно оценивается потерями эффективности. Данный показатель представляет собой сумму затрат и потерь при выполнении комбайновой уборки в хозяйстве. В их состав входят эксплуатационные затраты, состоящие из расходов на топливно-смазочные материалы (ТСМ), оплату труда, техническое обслуживание (ТО) и ремонт. В качестве потерь рассматривают потери технологического эффекта, которые включают в себя потери зерна непосредственно за жаткой и молотилкой комбайна, от дробления бункерного зерна, от осыпания при увеличении продолжительности уборочных работ сверх агросрока.

Применив данный методический подход, разработана модель использования в сельскохозяйственном предприятии сторонних комбайнов на договорной основе. Алгоритм модели предусматривает по каждому собственному и стороннему комбайну определение производи-

тельности по основному времени [3], по сменному времени, затрат времени на устранение отказов, коэффициента готовности [4, 5, 6], эксплуатационной производительности, намолота и потерь зерна за комбайном [7], эксплуатационных затрат на топливо, зарплату, ремонт и техническое обслуживание.

Затем в целом для парка собственных и сторонних комбайнов моделируются: суммарная эксплуатационная производительность комбайнового парка, прогнозируемая продолжительность уборочных работ, общий расход дизтоплива, затраты на ТСМ, затраты на оплату труда, затраты на ТО и ремонт, суммарные эксплуатационные затраты, суммарные потери зерна непосредственно за комбайнами, суммарные потери зерна от дробления, площадь уборки зерновых культур за пределами агросрока, потери зерна от превышения агросрока, потери технологического эффекта. В результате получают оценку потерь эффективности при совместном использовании собственных и сторонних зерноуборочных комбайнов.

Разработанная модель была реализована в компьютерном виде и применена для анализа эффективности использования сторонних комбайнов при различной обеспеченности собственными комбайнами. В соответствии с рекомендациями [8] исследования выполнялись на основе зависимости потерь эффективности от площади, убираемой сторонними комбайнами.

В качестве сельхозпредприятия, на примере которого проводилось моделирование, было выбрано предприятие с условиями: площадь зерновых культур – 2800 га, средняя урожайность – 40 ц/га; отношение зерна к соломе – 1:1,4; средняя длина гона – 1000 м; метеоусловия – сухой сезон; стоимость дизтоплива – 41 руб./л; средняя цена реализации зерна 8000 руб./т.

Предлагаемый парк сторонних зерноуборочных комбайнов: 3 комбайна TUCANO 470 (компания CLAAS) 3-го сезона эксплуатации. Стоимость услуг по уборке зерновых культур – 2600 руб./га.

Обеспеченность хозяйства зерноуборочными комбайнами обычно оценивают сезонной загрузкой комбайна в гектарах. При моделировании парк собственных комбайнов формировался из комбайнов «Acros 530» 4-го сезона эксплуатации в количестве 3, 5 и 10 комбайнов, что обеспечивает сезонную загрузку соответственно 1000, 600 и 300 га на один комбайн. Полученные при такой загрузке зависимости потерь эффективности от площади уборки сторонними комбайнами показаны на рис. 1. В дальнейшем данные зависимости будем называть «характеристическими» [8].

Как видно из рис. 1, характеристическая зависимость при загрузке собственных комбайнов 300 га показывает непрерывное возрастание удельных потерь эффективности при нарастании площади, убираемой сторонними комбайнами. При таких условиях применение дополнительных сторонних комбайнов в принципе экономически нецелесообразно. Например, при уборке сторонними комбайнами зерновых культур на площади 1000 га предприятие получит убыток около 1,1 млн руб.

При загрузке 600 га характеристическая зависимость имеет минимум при уборке сторонними комбайнами 1100 га. Отдав уборку такой площади зерновых культур сторонним комбайнам, сельхозпредприятие получит эффект в размере 3,72 млн руб. по сравнению с уборкой только собственными комбайнами.

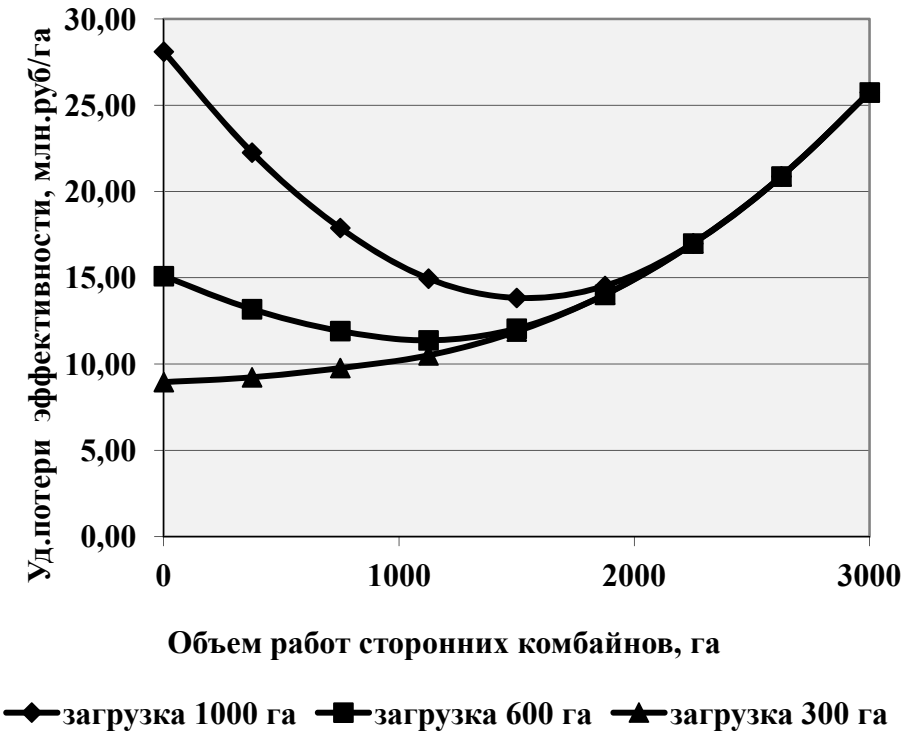


Рис. 1. Зависимости удельных потерь эффективности от объема работ сторонних комбайнов при различной загрузке собственных комбайнов

При низкой обеспеченности зерноуборочными комбайнами (загрузка 1000 га) сельхозпредприятие убирает зерновые культуры собственными комбайнами со значительным превышением агросрока и большими потерями зерна. Потери эффективности в данном случае составляют около 28 млн руб. Для этих условий характеристическая кривая имеет глубокий минимум удельных потерь при уборке сторонними комбайнами 1500 га. При такой площади уборки зерновых культур сторонними комбайнами предприятие получит эффект в размере 14,3 млн руб. по сравнению с уборкой только собственными комбайнами. Следует отметить, что полученные результаты справедливы для конкретных условий сельхозпредприятия, принятых при моделировании.

Выводы

Разработанная модель позволяет оценивать экономическую целесообразность использования в сельхозпредприятии сторонних комбайнов на договорной основе в зависимости от разнообразных входных факторов. Показано, что наиболее информативной является зависимость потерь эффективности от площади, убираемой сторонними комбайнами. Эта зависимость позволяет определить оптимальный объем работ по уборке зерновых культур сторонними комбайнами. Получено, что загрузка собственных комбайнов оказывает решающее влияние на эффективность применения сторонних комбайнов.

Список литературы

1. Ерохин, Г. Н. Потери эффективности уборки зерновых культур в сельхозпредприятии / Г. Н. Ерохин, А. С. Решетов // Наука в Центральной России. – 2013. – № 1. – С. 40 – 44.

2. Ерохин, Г. Н. Моделирование показателей уборки зерновых культур / Г. Н. Ерохин, А. С. Решетов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 5. – С. 22 – 24.

3. Жалнин, Э. В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов с использованием принципа гармоничности их конструкции / Э. В. Жалнин. – М. : ВИМ, 2011. – 104 с.

4. Ерохин, Г. Н. Оценка эксплуатационных свойств зерноуборочных комбайнов ACROS 530 и John Deer W650 / Г. Н. Ерохин, С. Н. Сазонов, В. В. Коновский // Вестник Мичуринского аграрного университета. – 2014. – № 1. – С. 68 – 71.

5. Ерохин, Г. Н. Эксплуатационно-технологические показатели зерноуборочных комбайнов / Г. Н. Ерохин, В. В. Коновский // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 6. – С. 18 – 20.

6. Ерохин, Г. Н. Мониторинг показателей надежности зерноуборочного комбайна Acros 530 / Г. Н. Ерохин, В. В. Коновский // Наука в центральной России. – 2014. – № 1(7). – С. 16 – 20.

7. Ерохин, Г. Н. Моделирование потерь зерна за зерноуборочными комбайнами / Г. Н. Ерохин, С. Н. Сазонов, В. В. Коновский // Вестник Мичуринского аграрного университета. – 2014. – № 2. – С. 65 – 68.

8. Ерохин, Г. Н. Об использовании зерноуборочных комбайнов сторонних предприятий / Г. Н. Ерохин, В. В. Коновский // Наука в центральной России. – 2018. – № 3 (33). – С. 5 – 11.

Исследования выполнены при поддержке РНФ,
проект № 18-16-00006

Л. Г. Князева, д-р хим. наук, доц., гл. науч. сотр. Лаборатории организации хранения и защиты техники от коррозии,
А. В. Дорохов, мл. науч. сотр. Лаборатории организации хранения и защиты техники от коррозии
(Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов, Россия)

ВОЗМОЖНОСТИ ВЫБОРА КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. Обсуждаются возможности выбора консервационных материалов. Использование собственных отработанных масел с присадками позволяет сэкономить на стоимости материалов и утилизировать отработанные нефтепродукты.

Ключевые слова: консервационные материалы, защитная эффективность, сельскохозяйственная техника.

Необходимость разносторонних исследований в области защиты сельскохозяйственной техники и оборудования от атмосферной коррозии связана с необходимостью уменьшения материальных потерь, повышения надежности техники и оборудования, сохранения металла, решения экологических проблем.

Доступнее всего воздействовать на металл путем нанесения различных консервационных материалов. Они характеризуются большим разнообразием. В Межгосударственном стандарте «Единая система защиты от коррозии и старения» (ЕСЗКС), ГОСТ 9.014–78 «Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования» в список консервационных материалов включены консервационные (КМ) и рабочие масла с маслорастворимыми ингибиторами коррозии (МИК); водно-восковой состав «Герон»; ингибированные полимерные покрытия; водорастворимые и летучие ингибиторы коррозии.

Ассортимент консервационных материалов, помимо перечисленных в ЕСЗКС, велик. При их выборе нужно учитывать множество факторов: коррозионную агрессивность окружающей среды; способ хранения техники и оборудования; состояние поверхности; продолжительность защиты; состав и свойства консервационного материала; технологичность нанесения; потребность в расконсервации; экономичность; безопасность при применении; доступность по стоимости и сырью для производства и т.д. В настоящее время в приоритете покрытия, не требующие тщательной подготовки поверхности. Учесть все критерии сложно, информации поставщиков обычно недостаточно, поэтому требуются дополнительные исследования непосредственно в условиях собственника техники и оборудования.

Традиционно для внутренней и наружной консервации сельскохозяйственной техники используют готовые КМ. Чтобы избежать больших объемов при транспортировке, можно получить аналогичные материалы на месте применения, приобретая отдельно МИК, требующиеся в небольших количествах, и добавлять их в доступные на местах масла. В работах

[1 – 9] показано, что для этих целей могут быть использованы отработанные моторные масла, которые, в принципе, можно найти в любом хозяйстве. КМ и составы на масляной основе при использовании, как правило, требуют разогрева и перемешивания [3, 9].

Методика исследования

Исследования проводили на образцах из стали Ст3. Изучали защитную эффективность (Z) товарных КМ: К-17, НГ-204у, Кормин, Маякор, а также составов на основе отработанных масел (минерального (~300 мото-ч) М-10Г2(к) (ММО) и синтетического (~190 мото-ч) Mobil-1 (ОСМ)) и присадок Эмульгин, Мобиин-3 (1…10 масс. %). Ускоренные коррозионные испытания проводили по ГОСТ 9.054–75 в термовлагокамере Г-4 (40 сут) и в 0,5 М растворе NaCl (14 сут) по ГОСТ 9.042–75.

Результаты и обсуждение

Спектр предлагаемых сегодня на отечественном рынке КМ включает: К-17 (ГОСТ 10877–76), НГ-204у (ГОСТ 18974–73), НГ-203А (Б, Р), Кормин (ТУ 38.1011159–88), СмазпромКормин (ТУ 0253-078-23763315–2010), ЖКС-40 (ТУ 00152365.052–98), Маякор (ТУ 38.401-58-67–93, изм. № 1, 2), Смазпром МК-18/50 (ТУ 0253-090-23763315–2011), ShellENSIS и др. Ценовой диапозон КМ составляет от 100 до 400 рублей за литр.

Для исследований были выбраны К-17, НГ-204у, Кормин, Маякор. Все эти масла предлагается наносить при температуре 80…100 °С кистью или пневмораспылением. Ускоренные коррозионные и натурно-стендовые испытания (табл. 1) показали высокую защитную эффективность исследуемых КМ как при ускоренных, так и при натурно-стендовых испытаниях.

1. Защитные свойства некоторых консервационных масел

№ п/п	КМ	Толщина покрытия, мкм	Защитная эффективность (*Z*), %, при испытаниях:		
			ускоренные коррозионные		натурно-стендовые, 12 месяцев
			0,5 М NaCl,	термовлагокамера Г-4	
1	К-17	30	96	~100	75
2	НГ-204у	15	94	~100	74
3	Маякор	10	99	~100	73
4	Кормин	27	98	~100	78

В составе всех исследованных КМ более 90% приходится непосредственно на масляную основу. В К-17 – это авиационное (МС-20) и трансформаторное (Т-1500У) масла, в НГ-204У – нитрованное масло, в Кормин – смеси минеральных масел, в Маякор – смеси трансформаторных и нитрованных масел. И хотя растворители-основы разные, так же как и другие компоненты, защитные свойства КМ близки (табл. 1). Для консервации сельскохозяйственной техники можно выбирать любое из них, используя при этом одно и то же оборудование для нанесения.

При определенных концентрациях МИК можно добиться, что природа масла перестанет влиять на *Z* консервационной композиции [10]. В хозяйствах практически всегда можно найти отработанные моторные масла, на основе которых можно с помощью простых технологий (перемешивание при температуре) получить высокоэффективные консервационные материалы, что позволит не только сэкономить на стоимости материалов, но и утилизировать отработанные нефтепродукты.

Защитные свойства неингибированных ММО и ОСМ недостаточны для эффективной противокоррозионной защиты (табл. 2).

2. Защитные свойства некоторых консервационных материалов

№ п/п	Консервационный материал	Толщина покрытия, мкм	*Z*, %, при испытаниях:		
			0,5 М NaCl,	термовлагокамера Г-4	натурно-стендовые, 12 месяцев
1	ММО (~300 мото-ч)	13	28	97	42
2	ОСМ(~190 мото-ч)	17	18	92	35
3	ММО +10 масс. % Эмульгин	23	93	~100	92
4	ММО +10 масс. % Мобиин-3	20	89	~100	90
5	Топочный мазут М-100	50	94	~100	94

Предлагаемые в ЕСЗКС МИК Акор-1 (ГОСТ 15171–78, ТУ 38.401-58-328–2003), КП (ГОСТ 23639–79), МСДА-1 (ТУ 6-02-834–88), Мифол (ТУ 0257-002-001148820–94) входят и в состав универсальных КМ. Сегодня на отечественном рынке можно найти и другие МИК. Для этих целей также применяют вторичные продукты химических и нефтехимических производств [10], к которым, в частности, относится Эмульгин [11].

Приведенные в табл. 2 данные показывают, что при использовании присадок Эмульгин и Акор-1Б (Мобиин-3) можно получить высокоэффективные консервационные материалы, защитная эффективность которых выше, чем у исходных отработанных масел, как и у исследованных КМ К-17, Кормин и Маякор, НГ-204у. При нанесении этих материалов на стальные поверхности со следами минеральных удобрений (суперфосфата, карбамида, азофоски, аммиачной селитры) их защитная эффективность падает не более чем на 1…3%. Показано (рис. 1), что при введении в отработанные масла присадки Эмульгин в количестве ≥5 масс. % при ускоренных коррозионных испытаниях в 0,5 М растворе NaCl природа масла перестает оказывать влияние.

Доступным в любом регионе, дешевым многотоннажным нефтепродуктом является мазут – остаточный продукт после переработки нефти (7…10 тыс. руб./т). Его использование позволяет полностью защитить стальные поверхности при ускоренных коррозионных испытаниях в термовлагокамере Г-4, а по натурно-стендовым испытаниям получить защитную эффективность на том же уровне, что и для ингибированных отработанных моторных масел (табл. 2).

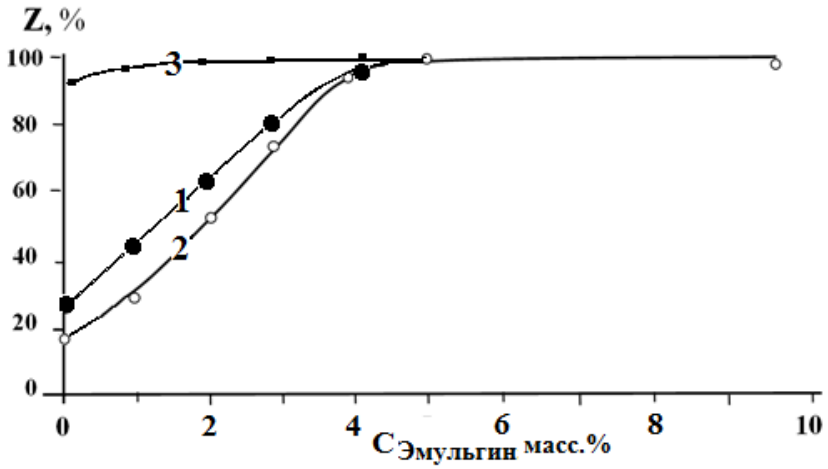


Рис. 1. Зависимость защитной эффективности пленок отработанных масел:
1 – Mobil-1; *2* – М-10Г2(к); *3* – мазут М100 от концентрации Эмульгина
при ускоренных коррозионных испытаниях в 0,5 М растворе NaCl

Таким образом, противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники и оборудования необходима, в том числе и для предотвращения экологических проблем. При выборе консервационного материала нужно руководствоваться местными особенностями и собственными возможностями. В принципе, пригодно любое товарное консервационное масло. Приготовление консервационных материалов на местах с использованием собственных отработанных масел выгодно, так как позволяет не только сэкономить на стоимости материалов, но и в определенной мере решает вопросы утилизации отработанных нефтепродуктов, которые могут загрязнять окружающую среду. Мазут может оказаться самым доступным и дешевым материалом в конкретных условиях.

Список литературы

1. Противокоррозионные свойства отработанного моторного масла М10Г2(к) / В. Д. Прохоренков, В. В. Остриков, Л. Г. Князева, И. Ю. Чернышева // Практика противокоррозионной защиты. – 2003. – № 2(28). – С. 7 – 11.

2. Носители защитной эффективности отработавших моторных масел / В. Д. Прохоренков, Л. Г. Князева, В. В. Остриков, В. И. Вигдорович // Химия и технология топлив и масел. – 2006. – № 1(533). – С. 26 – 28.

3. Прохоренков, В. Д. Защита от коррозии сельскохозяйственной техники отработанными маслами / В. Д. Прохоренков, А. И. Петрашев, Л. Г. Князева // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 5. – С. 18 – 21.

4. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 4. Защитная эффективность ингибированных ПООМ отработанных масел в условиях влагонасыщения / В. И. Вигдорович, В. Д. Прохоренков, Л. Г. Князева, С. С. Епифанцев // Практика противокоррозионной защиты. – 2006. – № 2(40). – С. 41 – 47.

5. Князева, Л. Г. Ингибирование коррозии отработавшими моторными маслами / Л. Г. Князева, В. И. Вигдорович, В. Д. Прохоренков // Коррозия: материалы, защита. – 2010. – № 10. – С. 25 – 30.

6. Антикоррозионная эффективность пленок нефтяных и синтетических масел и их физико-химические характеристики / Л. Г. Князева, В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова и др. // Коррозия: материалы, защита. – 2014. – № 9. – С. 35 – 41.

7. Некоторые проблемы ингибирования атмосферной коррозии стали отработавшими моторными маслами / Л. Г. Князева, А. П. Акользин, В. И. Вигдорович, Н. В. Шель // Практика противокоррозионной защиты. – 2012. – № 1(63). – С. 60 – 65.

8. Прохоренков, В. Д. Использование отработанных моторных масел как основы для консервационных материалов / В. Д. Прохоренков, В. В. Остриков, Л. Г. Князева // Практика противокоррозионной защиты. – 2000. – № 2(16). – С. 40 – 45.

9. Антикоррозионная эффективность поверхностных защитных пленок товарных и отработанных синтетических масел на примере продукта МОБИЛ-1 / Л. Г. Князева, В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова и др. // Практика противокоррозионной защиты. – 2014. – № 2(72). – С. 58 – 65.

10. Князева, Л. Г. Научные основы создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработавших нефтяных масел и растительного сырья : дис. … д-ра хим. наук / Л. Г. Князева ; ГОУВПО «Тамбовский государственный технический университет». – Тамбов, 2012.

11. А.с. № 1385607 СССР. Противокоррозионная присадка к маслам «Эмульгин» к маслам / В. Д. Прохоренков, В. И. Вигдорович, Л. А. Черникова. – 1987.

В. В. Корякин, канд. биол. наук, доц., зам. директора по инновационной работе,
А. В. Абросимова
(ТОГБПОУ «Аграрно-технологический техникум» пос. совхоза «Селезневский»,
Тамбовский район, Тамбовская область, Россия)

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА СОРТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ

Аннотация. В работе сравниваются сорта яровой пшеницы отечественной и зарубежной селекции. Изучается фракционный состав зерновок в колосьях и определяется отход мелкосеменной фракции при подработке семян каждого сорта. Предпринимается попытка разработать алгоритм для автоматического отбора наиболее рентабельных сортов.

Ключевые слова: колосок, колос, пшеница, семена, жесткость браковки.

Отечественные и западно-европейские сорта мало отличаются по урожайности, но заметно разнятся по структуре урожая: длине колоса, количеству колосков в колосе, количеству цветков в колоске, числу завязавшихся зерен, продуктивности колоса, массе зерновки, количеству стеблей на единицу площади [2]. Так, полученные нами данные свидетельствуют о том, что западные сорта (Аквилон, Торридон) уступают отечественным сортам (Фаворит, Прохоровка) по количеству колосков в колосе. С другой стороны, они завязывают большее количество зерен в отдельных колосках, нивелируя общее количество зерен в колосе. Мы выявили, что масса зерновки у отечественных сортов выше, чем у западно-европейских, и это связано с тем, что последние формируют большее число зерен в средних цветках колосков, где образуются менее крупные и менее тяжеловесные зерновки. Нами установлено, что урожайность в наибольшей степени зависит от количества продуктивных стеблей на единицу площади, нежели от количества семян в колосе и их массы.

За четыре года исследований сорт Аквилон превысил другие сорта по продуктивной кустистости в пределах 6,9…16,0%. Это главным образом и определило его превосходство по урожайности над другими сортами. С другой стороны, важно отметить, что сорт Аквилон уступил своим конкурентам по массе зерен от 6,4 до 15%. В этом случае возникает вопрос, какой сорт лучше возделывать производственникам «мелко»- или «крупносеменной»?

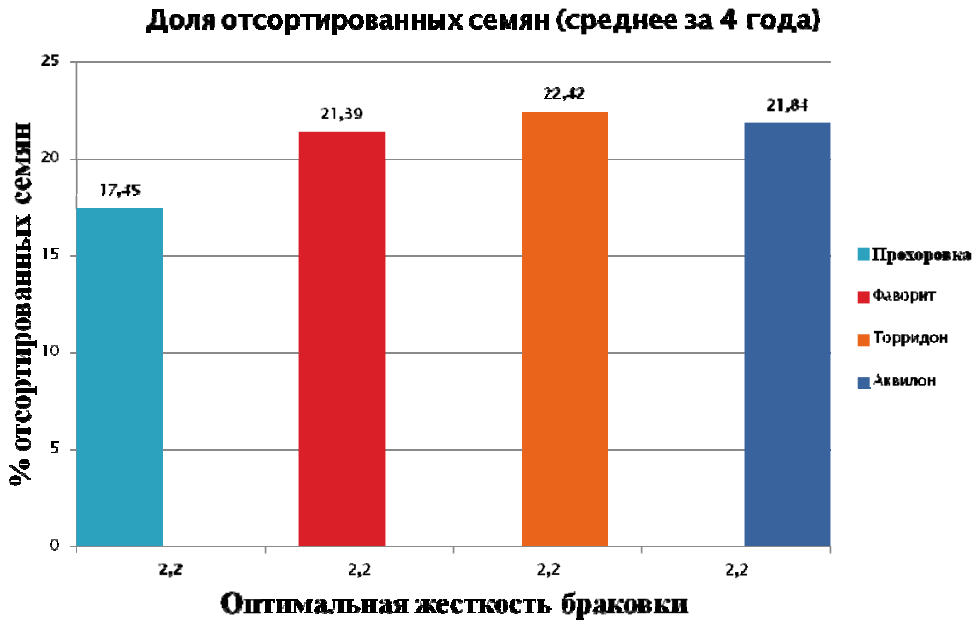
Для ответа на этот вопрос мы провели дополнительные четырехлетние исследования, где семена каждого сорта были разделены на фракции по крупности, чтобы подобрать решета для послеуборочной подработки вороха. Эта работа была выполнена в целях разработки автоматической системы выбора сорта, обеспечивающего наибольшую рентабельность.

Дацюк И. С. [1] считает, что в производстве вымолоченное зерно необходимо сортировать на мелкое, среднее и крупное в соотношении 30, 60 и 10%.

С нашей точки зрения, в зависимости от содержания мелкой фракции семян различные сорта будут иметь различный отход, что и подтвердилось фактическими данными.

У сорта Прохоровка в отход ушло 17,45% общего количества зерен (урожая). Таким образом, доля продовольственного зерна составила 82,6%.

По сорту Фаворит доля отсортированных семян составила 21,39%, следовательно, на продовольствие ушло 78,6% зерна.



У сорта Аквилон доля мелких семян составила 21,84%, что соответствовало уровню сорта Фаворит.

Наибольший отход мелкой фракции семян – 22,42% имел сорт Торридон, у которого на продовольственные цели было направленно 77,6% урожая.

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование различных сортов даже для продовольственных целей тесно связано с формированием кормовой доли урожая.

Мы для исследований взяли лучшие (районированные) сорта яровой пшеницы, поэтому вполне объяснима их стабильность по урожайности. Как правило, эти сорта используются на продовольственные цели, но в любом случае часть продукции (урожая) мы вынуждены использовать на кормовые цели. При этом производственникам следует учитывать, что западноевропейские сорта имеют больший отход на корм животным. К сожалению, производственниками это никогда не берется во внимание, хотя, если учесть площади, занимаемые яровой пшеницей, в денежном выражении это выльется в крупную прибыль или убытки.

Результаты этой работы можно использовать при переходе на цифровизацию агропромышленного комплекса для создания алгоритма выбора оптимального сорта для производственников.

Список литературы

1. Дацюк, И. С. Проблемы повышения качества семян зерновых культур при интенсивных технологиях / И. С. Дацюк // Селекция и семеноводство. – 1989. – № 1. – С. 34–35.

2. Влияние внешних условий среды на урожайность и элементы продуктивности сортов пшеницы / В. В. Корякин, А. В. Куляев, А. Г. Караваева, А. В. Абросимова, М. И. Маслова // MATERIAŁY XII MIĘDZYNARODOWEJ NAUKOWI-PRAKTYCZNEJ KONFERENCJI «NAUKOWA MYŚL INFORMACYJNEJ POWIEKI – 2016» 07 – 15 marca 2016 roku Volume 11 Medycyna Nauk biologicznych Ekologia Chemia i chemiczne technologie Fizyka Rolnictwo Weterynaria Przemyśl Nauka i studia. – 2016. – С. 21 – 24.

У. В. Лукашова, магистрант
кафедры высшей математики и информационных технологий,
Ю. В. Бугаев, д-р физ.-мат. наук, проф., проф.
кафедры высшей математики и информационных технологий,
Л. А. Коробова, канд. техн. наук, доц., доц.
кафедры высшей математики и информационных технологий
(Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ПОТЕРЬ ПРИ ХРАНЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

Аннотация. Статья посвящена проблеме качества хранения корнеплодов сахарной свеклы на полях в кагатах в зависимости от погодных условий. Предпринята попытка восстановления зависимости между линейным ростом колоний возбудителей и температурой внутри кагата с использованием метода кусочно-гладкой аппроксимации.

Ключевые слова: качество сахарной свеклы, методы борьбы с кагатной гнилью, взаимодействие микроорганизмов, метод кусочно-гладкой аппроксимации.

Сахарная свекла – стратегическая и маржинальная культура для центрально-черноземного края, который является основным и наиболее благоприятным районом для свеклопроизводства. Это обусловлено не только благоприятными почвенно-климатическими условиями, но и инфраструктурой, направленной на производство сахара: мощные модернизированные сахарные заводы. Основной проблемой свеклосеющих предприятий являются потери сахарной свеклы в период послеуборочного хранения. Заводы не принимают на площадки свекломассы больше, чем они могут переработать в течение 2 суток. Это становится серьезной проблемой – сохранить как можно больше корнеплодов в состоянии, позволяющем их продать и переработать [4]. Причины потерь технологических качеств можно разделить на естественные, вызванные механическими повреждениями корнеплодов и вызванные жизнедеятельностью микроорганизмов. Наибольшие потери приносят естественные причины и деятельность микроорганизмов [1].

Целью исследования стояло возможность построения математической модели развития микроорганизмов в зависимости от внешних условий [2].

Исходя из исследования, по результатам проведенного фитопатологического анализа корнеплодов свеклы сахарной при хранении видовой состав возбудителей гнилей представлен следующими грибами: Fusarium, S. slerotiorum, B. cinerea, A. tenuis, Ph. betae и P. expansum. Наибольшей агрессивностью по отношению к корнеплодам свеклы сахарной обладают S. sclerotiorum, P. expansum и Ph. betae. Состояние внутри кагата описывают с помощью трофических связей [1]. Самым простым предположением является то, что все организмы соперничают друг с другом из-за питания. Но в случае достаточно короткого периода изучения это не совсем верно. Не имеет смысла рассматривать кагаты в момент, когда соперничество между грибками будет выражаться явно. Поскольку, если это случилось, значит незараженной свеклы осталось крайне мало. Матрица взаимодействий между патогенами при условии, что изначально организмы нейтральны друг к другу, приведена в табл. 1.

1. Матрица парных взаимодействий между возбудителями кагатной гнили

	Ph. betae	A. tenuis	S. sclerotirum	Fusarium sp.	B. cinerea	P. expansum
Ph. betae		0	0	0	0	0
A. tenuis	0		0	+	0	0
S. sclerotirum	0	0		0	–	0
Fusarium sp.	0	+	0		–	+
B. cinerea	0	0	–	–		0
P. expansum	0	0	0	+	0	

Рассматривая конкретные штаммы грибков, выделяют несколько пар, отличающихся отношениями симбиоза и аменсализма.

На развитие возбудителей кагатной гнили при хранении сахарной свеклы на полях влияют два основных естественных погодных фактора: влажность воздуха и температура окружающей среды. Оба показателя рассматриваются как снаружи кагата, так и внутри его.

Установлено, что конидии возбудителей гнилей корнеплодов свеклы наиболее интенсивно прорастают при наличии капельно-жидкой влаги, и лишь незначительная их часть (от 6 до 15%) – при относительной влажности воздуха около 98…100%. Начало прорастания конидий грибов Ph. betae и P. expansum в условиях капельножидкой влаги отмечено через 3 часа, грибов Fusarium sp. и A. tenuis – через 4 часа, гриба B. cinerea – через 5 часов. Выявлено также, что с повышением влажности от 75 до 100% возрастает линейная скорость роста большинства патогенов. Конидии возбудителей кагатной гнили корнеплодов сахарной свеклы прорастают наиболее интенсивно в капельно-жидкой влаге, и лишь незначительная их часть – при относительной влажности воздуха 100%.

Так же определено влияние температуры окружающей среды на прорастание конидий изучаемых грибов. Наибольшее заражение растений свеклы сахарной наблюдается при температуре 10 °С и выше (см. табл. 2).

2. Влияние температуры воздуха на интенсивность поражения свеклы возбудителями

Температура воздуха, °С	Интенсивность поражения ткани корнеплода (на 10-е сутки), %					
	Ph. betae	A. tenuis	S. sclerotiorum	Fusarium sp.	B. cinerea	P. expansum
3	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1,25	5
10	2,5	1,25	7,5	3,75	2,5	7,5
15	7,5	3,75	10	5	3,75	15
18	10	5	15	7,5	5	15
20	15	7,5	20	8,75	6,25	175
22	12,5	7,5	22,5	10	6,25	175
25	7,5	5	15	11,25	5	20
28	5	2,5	10	10	0	175
32	0	0	0	0	0	2,5

Исключение составляют грибы B. cinerea и P. expansum, которые вызывают заражение корнеплодов сахарной свеклы уже при температуре 5 °С. Оптимальная температура патологического процесса, вызываемого Ph. betae, составляет 20 °С, B. cinerea, A. tenuis и S. sclerotiorum – около 22 °С, грибами Fusarium sp. и P. expansum – 22…28 °С.

Интенсивность прорастания колоний и увеличение их размеров от температуры представлена на рис. 1.

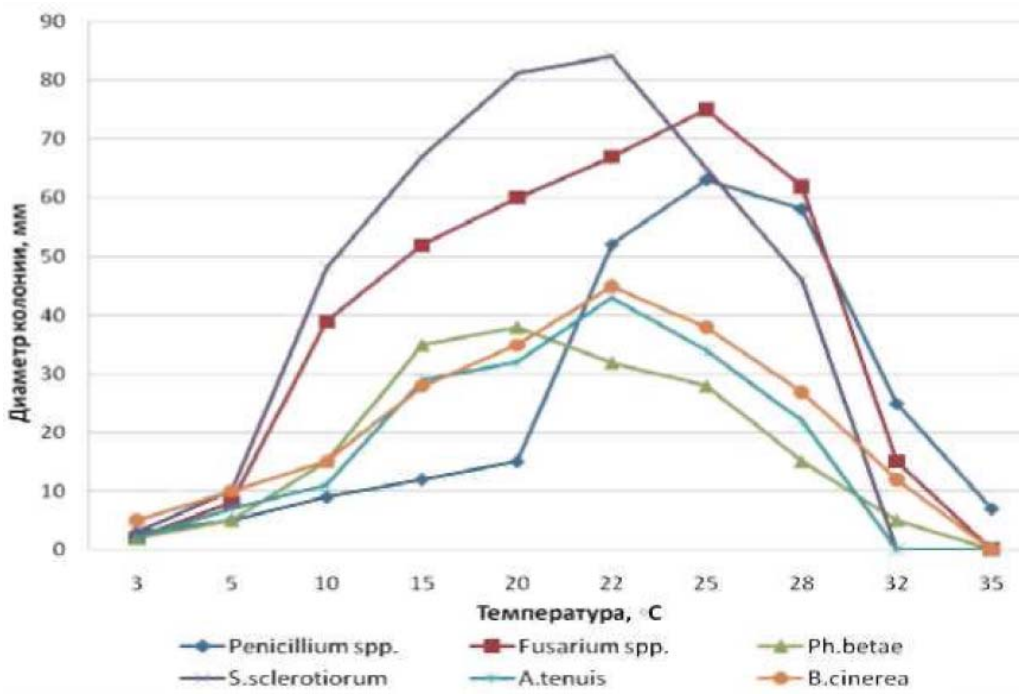


Рис. 1. Влияние температуры на линейный рост колоний возбудителей кагатной гнили сахарной свеклы

Как видно из графика на рис. 1, в большинстве случаев значения температуры, обеспечивающие оптимальный линейный рост колоний и оптимальное прорастание конидий, практически совпадают.

Температура является одним из регулирующих факторов в развитии инфекционного процесса, так как ее действие сказывается как на возбудителе, так и на растении – хозяине и их взаимосвязях. Она влияет на жизнеспособность конидий и скорость их прорастания, образование ростовых трубок, длину инкубационного периода и особенно на агрессивность возбудителей гнилей корнеплодов.

В производственных условиях корнеплоды свеклы сахарной закладывают на длительное хранение в кагаты, начиная с середины октября. Проведенные исследования показали, что в этот период температура в кагатах была на 3,1…13,1 °С выше, чем температура окружающей среды, и составляла 7,0…17,0 °С. С учетом складывающегося в кагате температурного режима и высокой травмированности поверхностных тканей корнеплодов сделан вывод, что заражение свеклы возбудителями кагатной гнили происходит не только в полевых условиях, но и во время закладки корнеплодов в кагаты, а также в процессе их хранения.

В процессе хранения свеклы сахарной в кагатах, как правило, отмечается повышение температуры, обусловленное ростом активности дыхания корнеплодов, протекающими мик-

робиологическими процессами, а также положительными температурами воздуха в декабре, а зачастую и в январе в связи с потеплением климата. В этот период наибольшую активность проявляют грибы рода Fusarium sp. и P. expansum, температурный оптимум которых лежит в пределах от 20 до 28 °С.

Для установления математической зависимости между интенсивностью развития патогенных микроорганизмов и температурой использованы методы нелинейной регрессии [2]. Для проверки качества регрессионной модели использовался коэффициент детерминации R^2:

$$R^2 = 1 - \frac{SSres}{SStot}, \quad (1)$$

$$SSres = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2; \quad (2)$$

$$SStot = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2; \quad (3)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i. \quad (4)$$

В случае близости значения коэффициента R^2 к 1 (или 100%) модель считается удачной. Достаточно хорошим считается коэффициент выше 80%.

Однозначно описать одной функцией динамику развития патогенов не представляется возможным. Поэтому группа авторов предлагает использовать метод кусочной аппроксимации [3]. Кусочно-гладкая аппроксимация для интенсивности развития грибка P. betae в среде MathCad имеет вид

$$f(x) = \begin{cases} 0, x < 3; \\ a1 * x^2 + b1 * x + c, 3 \leq x \leq \beta; \\ a2 * x^2 + b2 * x + c, \beta < x \leq 32; \\ 0, x > 32, \end{cases} \quad (5)$$

где $a1$ = 0,0513; $a2$ = 0,0194; $b1$ = –0,3345; $b2$ = –2,2523; $c1$ = 0,5421; $c2$ = 52,3486; β = 20,2157.

Именно эти значения коэффициентов описывают поведение грибка. Основным условием является пересечение функций в точке β. Эта точка рассчитывается экспериментально [5]. Результаты аппроксимации представлены на рис. 2.

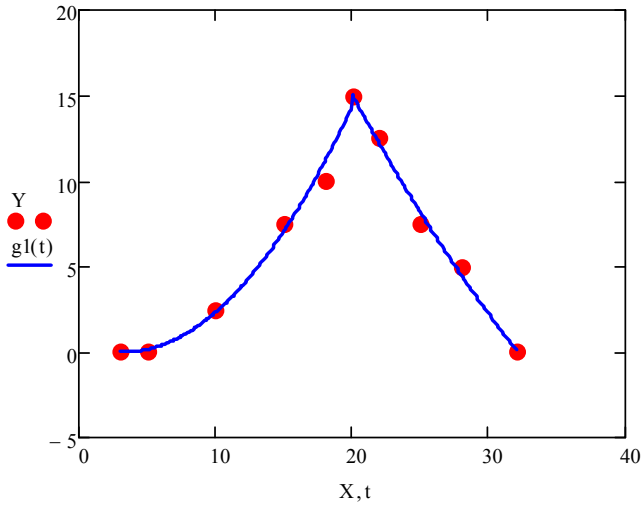


Рис. 2. Результат аппроксимации интенсивности развития грибка P. betae от температуры

Таким образом, для модели (5) коэффициент детерминации $R^2 = 0{,}99$, что показывает высокую точность [2].

Список литературы

1. Коробова, Л. А. Разработка способов повышения сохранности массы и качества корнеплодов сахарной свеклы в период послеуборочного хранения в кагатах [Текст] / Л. А. Коробова, Ю. В. Бугаев, У. В. Золотухина // Наука сегодня: глобальные вызовы и механизмы развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф. : в 2-х ч. – 2018. – С. 39 – 42.

2. Математическое моделирование : практикум [Текст] / Л. А. Коробова, Ю. В. Бугаев, С. Н. Черняева, Ю. А. Сафонова. – Воронеж, 2017.

3. Бугаев, Ю. В. Многокритериальная модель процесса дробления горных пород [Текст] / Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова, И. С. Толстова, Ю. А. Демина // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – Т. 80, № 4(78). – С. 111 – 115.

4. Дерканосова, Н. М. Проектирование и обеспечение качества пищевых продуктов (на примере хлебобулочных изделий) : монография [Текст] / Н. М. Дерканосова, Л. А. Коробова, Е. Ю. Ухина. – Воронеж, 2016.

5. Bukharin, S. V. The method of immersion the problem of comparing technical objects in an expert shell in the class of artificial intelligence algorithms [Текст] / S. V. Bukharin, A. V. Melnikov, S. N. Chernyaeva, L. A. Korobova // В сборнике: IOP Conference Series : Materials Science and Engineering International Conference on Materials. – 2017. – С. 012208.

Е. И. Мельникова, д-р техн. наук, проф.,
проф. кафедры технологии продуктов животного происхождения,
Е. Б. Станиславская, д-р техн. наук, доц.,
доц. кафедры технологии продуктов животного происхождения
(Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДСЫРНОЙ СЫВОРОТКИ В СИЛОСОВАНИИ КУКУРУЗЫ

Аннотация. Предложено применение инокулянта, приготовленного на основе подсырной сыворотки, для получения кукурузного силоса. Питательные вещества, содержащиеся в подсырной сыворотке, стимулируют жизнедеятельность микроорганизмов инокулянта. Полученный силос характеризуется высоким содержанием молочной кислоты (4,56%), а также массовой долей сухих веществ и белка.

Ключевые слова: кукурузный силос, подсырная сыворотка.

Ежегодный рост объемов получения творога и сыра в Российской Федерации приводит к увеличению ресурсов побочного продукта производства – молочной сыворотки. Ежегодные объемы ее превышают 6,5 млн т, в то время как промышленной переработке подвергается не более 45%. Огромные объемы сыворотки используются нерационально, сливаются в канализацию, нанося невосполнимый ущерб окружающей среде [1, 2]. В этой связи поиск направлений эффективной реализации ресурсов молочной сыворотки является актуальной задачей агропромышленного комплекса.

Предложено применение молочной сыворотки для получения кукурузного силоса – ценного кормового продукта, имеющего широкое распространение в животноводческих комплексах нашей страны [3]. Силосование представляет собой совокупность микробиологических и биохимических процессов, в основе которых лежит молочнокислое брожение [4]. В ходе гомо- и гетероферментативного брожения сахаров корма, происходит образование органических кислот: молочной и уксусной. Значение активной кислотности силосуемой массы снижается. Гнилостные и маслянокислые бактерии в кислой среде погибают, ферментативные процессы останавливаются, в результате чего корм может длительное время храниться без существенной потери питательных веществ [5].

Для направленного воздействия на биохимические процессы в ходе силосования кукурузы зеленую массу обогащали инокулянтом, приготовленным на подсырной сыворотке (табл. 1).

1. Состав и свойства подсырной сыворотки

Наименование показателя	**Значение показателя**
Массовая доля сухих веществ, %	6,2…6,7
Массовая доля белка, %	0,4…0,9
Массовая доля лактозы, %	4,0…4,7
Массовая доля молочной кислоты, %	0,15…0,19
Массовая доля жира, %	Менее 0,05
Зола, мас. %	0,71…0,76
Титруемая кислотность, °Т	15…19
Активная кислотность, ед. pH	6,2…6,3

Молочнокислые микроорганизмы (Lactococcuslactis, Lbc. rhamnosus, Lbc. plantarum), входящие в состав инокулянта, находились в активном состоянии уже на первой стадии силосования. Они активно размножались и позволяли вести процесс силосования в нужном направлении.

Инокулянт, полученный на основе подсырной сыворотки, вносили в зеленую массу после измельчения из расчета 6,0…6,5 л/т силоса. Основным условием получения качественного силоса является быстрое создание анаэробных условий. В среде без доступа воздуха дыхание клеток растений прекращается. Зеленую массу, обработанную инокулянтом, укладывали в хранилища, уплотняли и укрывали. Оценку качества готового силоса (табл. 2) проводили через 21 день и далее ежемесячно.

2. Качественные показатели кукурузного силоса

Наименование показателя	Методика определения	Значение показателя
Массовая доля влаги, %	Двухступенчатое определение сухого вещества (ГОСТ 31640–2012)	69,00
Массовая доля сырого протеина, %	Метод Кьельдаля (ГОСТ 32044.1–2012)	9,42
Массовая доля золы, %	Весовой метод (ГОСТ 26226–95)	4,31
Массовая доля органических кислот, %	Метод Леппера–Флига (ГОСТ Р 55986–2014)	5,97
Активная кислотность, ед. pH	Потенциометрический метод (ГОСТ 26180–84)	3,90

Питательные вещества, содержащиеся в подсырной сыворотке, стимулируют жизнедеятельность микроорганизмов инокулянта, инициирующих молочнокислое брожение углеводов. Полученный силос характеризуется высоким содержанием молочной кислоты (4,56%). Дополнительным субстратом для ее образования является лактоза, вносимая в зеленую массу с инокулянтом. Она подавляет развитие нежелательной микрофлоры, вызывающие гнилостные процессы и маслянокислое брожение в силосуемой массе. При этом снижаются потери белка и других питательных веществ силоса, предотвращается образование продуктов белкового распада, снижающих качество, питательность и поедаемость корма. Силос, полученный с применением ферментированной сыворотки, характеризовался высокой массовой долей сухих веществ и белка в течение всего срока хранения.

Применение инокулянта, приготовленного на основе сыворотки, позволяет регулировать протекание биохимических процессов при силосовании кукурузы и получить сочный корм высокого качества. Использование подсырной сыворотки снижает негативное влияние на окружающую среду, эффективно реализуя высокий потенциал ее компонентов.

Список литературы

1. Храмцов, А. Г. Феномен молочной сыворотки [Текст] / А. Г. Храмцов. – СПб. : Профессия, 2011. – 900 с.

2. Перспективы и особенности организации переработки сыворотки за рубежом и в России [Текст] / И. А. Евдокимов и др. // Переработка молока. – 2011. – № 8. – С. 31–32.

3. Герасимов, Е. Ю. Силосование кукурузы [Текст] / Е. Ю. Герасимов, О. Н. Иванова, Н. Н. Кучин // Карельский научный журнал. – 2014. – № 4. – С. 165 – 169.

4. Хазиахметов, Ф. С. Рациональное кормление животных [Текст] / Ф. С. Хазиахметов. – СПб. : Лань, 2017. – 364 с.

5. Коломейченко, В. В. Кормопроизводство [Текст] / В. В. Коломейченко. – СПб. : Лань, 2015. – 656 с.

М. А. Несмеянова, канд. с.-х. наук, доц. кафедры земледелия,
растениеводства и защиты растений,
А. В. Дедов, д-р с.-х. наук, проф., проф. кафедры земледелия,
растениеводства и защиты растений
(Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия)

ЭТАПЫ ПЕРЕХОДА К ОРГАНИЧЕСКОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ

Аннотация. Рассмотрен один из этапов перехода к органическому земледелию: введение в севооборот многолетних бобовых трав, сидеральных паров, пожнивной сидерации, совместных посевов культур. Данные приемы обеспечат сохранение почвенного плодородия, снижение засоренности посевов, повышение продуктивности севооборотов без применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений.

Ключевые слова: севооборот, сидерат, многолетние бобовые травы, органическое земледелие.

На протяжении многих десятилетий важной задачей, стоящей перед сельскохозяйственным производством, является разработка системы земледелия, которая обеспечивала бы не только получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, но и сохранение и повышение плодородия почв. Широкое применение таких приемов интенсификации, как применение удобрений, мелиорации, средств защиты растений, различных приемов обработки почвы было призвано повысить экономическую эффективность использования почвы.

Однако со временем широкое применение минеральных удобрений и химических средств защиты растений привело к возникновению проблем экологического характера: истощению почвенного плодородия, развитию эрозионных процессов, к нарушению водного режима почвы (засолению, опустыниванию), загрязнению почвы тяжелыми металлами и т.д. При этом при погоне за получением максимально высокой урожайности не уделялось должного внимания качеству получаемой продукции, что негативно отразилось на здоровье человека.

В данных условиях прямым выходом из сложившейся ситуации может стать смена агрохимической концепции земледелия на альтернативную, агробиологическую, т.е. ориентированную на законы природы, на разумное сокращение антропогенного воздействия на агроэкосистемы, на создание оптимальных условий для полноценного использования системой своего собственного биопотенциала.

В настоящее время набирает популярность переход к органическому земледелию – земледелию, основными задачами которого является восстановление и повышение плодородия почвы, сохранение устойчивости экосистемы, получение экологически чистой продукции на фоне минимальных затрат.

Переход к органическому земледелию – процесс довольно сложный и длительный, основанный на строгом соблюдении таких принципов, как отказ от глубокой обработки почвы, минеральных удобрений и химических средств защиты растений, способствование развитию почвенных микроорганизмов и червей, строгое соблюдение севооборотов. Поэтому для ос-

воения такой системы земледелия требуется не только время, но и научно обоснованные разработки и рекомендации применения различных биологических приемов [1 – 5].

Одним из этапов перехода к органическому земледелию в условиях ЦЧР может стать применение бинарных посевов пропашных культур с многолетними бобовыми травами на фоне использования в качестве удобрений соломы и пожнивной сидерации.

Исследования проводились в 2011 – 2016 годах в Воронежской области на черноземе типичном, глинистом, с исходным содержанием гумуса 5,3%, со слабокислой реакцией почвенного раствора. Опыт заложен в соответствии с методикой полевого опыта.

В рамках исследовательской работы было изучено влияние различных видов севооборотов (зернопаропропашного, сидерального и зернотравянопропашного) на основные показатели почвенного плодородия и урожайность культур. Общая схема севооборота: пар – озимая пшеница – ячмень – подсолнечник/кукуруза.

В сидеральном севообороте возделывался донник желтый, в первый год жизни выступающий в качестве бинарного компонента подсолнечника/кукурузы, а во второй год жизни используемый в качестве сидерата в паровом поле.

В зернотравянопропашном севообороте возделывалась люцерна синяя: в первый год – в качестве бинарного компонента подсолнечника/кукурузы, во второй год – в качестве парозанимающей культуры, на третий год жизни – в качестве бинарного компонента озимой пшеницы.

Кроме того, в сидеральном и зернотравянопропашном севообороте в качестве удобрений использовалась совместная заделка в почву соломы ячменя и пожнивного сидерата редьки масличной.

Обработка почвы – дискование на глубину 8…10 см. Минеральные удобрения не вносились. Химические средства защиты растений не применялись.

Важную роль в формировании уровня плодородия почвы играет содержание в пахотном слое органического вещества. Наши исследования показали, что возделывание многолетних бобовых трав и пожнивных сидератов в изучаемых севооборотах обеспечивало увеличение в слое почвы 0…30 см количества детрита и гумуса.

Положительное действие приемов биологизации проявлялось уже в первый год их применения. Совместное использование на удобрение соломы ячменя и пожнивного сидерата в комплексе с возделыванием многолетних бобовых трав в совместных посевах с подсолнечником обеспечило существенное увеличение содержания детрита в почве не только к фазе всходов масличной культуры, но и к ее полной спелости. По сравнению с контрольным вариантом прибавка составила 0,042 и 0,045 абс. % соответственно на вариантах с донником и люцерной.

Дальнейшее произрастание многолетних бобовых трав в паровых полях обеспечило дальнейшее увеличение содержания в почве детрита. Так, в поле чистого пара содержание детрита уменьшилось и к посеву озимой пшеницы составило 0,122%. В почве же сидерального пара и занятого люцерной синей содержание детрита в слое почвы 0…30 см было соответственно в 2,12 и 2,34 раза выше.

Положительное влияние приемов повышения плодородия почвы проявляется и в целом по севооборотам. Так, если содержание детрита в пахотном слое почвы на варианте зернопаропропашного севооборота к концу его ротации составило 0,155%, то в почве под сидераль-

ным севооборотом данный показатель был равен 0,248%, а в почве под зернотравянопропашным севооборотом – 0,251%.

Возделывание культур без применения удобрений привело к снижению содержания гумуса в почве на 0,5%. За этот же период (с 2010 по 2016 год) содержание гумуса в почве под севооборотами с применением приемов повышения плодородия почвы (соломы зерновой культуры, многолетних бобовых трав, сидерации) увеличилось на 0,3…0,4 абс. %.

Важное значение при органическом земледелии отводится защите растений, которая обеспечивается, прежде всего, за счет профилактических мероприятий: соблюдения севооборотов, применения уплотненных посевов, промежуточных культур, сидерации.

Изучаемые нами приемы биологизации оказали существенное влияние на снижение засоренности посевов. При совместном произрастании многолетних бобовых трав с подсолнечником по фону пожнивной сидерации снижение засоренности посевов масличной культуры составило в среднем 27%. Произрастание бобовых трав в паровых полях обеспечило снижение засоренности посевов на 38...49%. Совместное произрастание озимой пшеницы с люцерной синей характеризовалось снижением засоренности посевов на 35%.

На варианте же зернопаропропашного севооборота снижение засоренности посевов осуществлялось только посредством обработок почвы в течение вегетационного периода. Так, междурядные обработки почвы на посевах подсолнечника обеспечили снижение численности сорных растений на 6%, проведение сплошной культивации в паровых полях – на 24%. Засоренность же посевов озимой пшеницы, размещенной по чистому пару, к фазе полной спелости зерновой культуры увеличилась (на 21%).

Важную роль в снижении засоренности посевов культурных растений сыграло регулирование конкурентных отношений в агрофитоценозах, т.е. использование явления аллелопатии.

Исследованиями была установлена высокая аллелопатическая активность редьки масличной в отношении сорных растений. Наиболее выраженный ингибирующий эффект прорастающих семян редьки масличной на лабораторную всхожесть сорных растений проявился в отношении мари белой: снижение показателя всхожести по отношению к контролю составило 79…100%. Снижение всхожести овсюга в результате аллелопатического влияния редьки масличной варьировало в пределах 68…79%, подмаренника цепкого – 55…72%, щетинника сизого – 43…55%. Данные результаты позволяют сделать вывод о способности пожнивной сидерации редьки масличной обеспечивать снижение засоренности посевов.

Высокой аллелопатической активностью по отношению к сорным растениям обладают и совместные посевы подсолнечника с многолетними бобовыми травами. Снижение лабораторной всхожести сорных растений в результате влияния прорастающих семян подсолнечника вариьровало от 34 до 56%.

Улучшение основных показателей почвенного плодородия, снижение засоренности посевов посредством применения приемов биологизации обеспечило существенное повышение продуктивности изучаемых севооборотов: на 13,6% – при введении в севооборот донника желтого и на 23,0% – при использовании люцерны синей по сравнению с контрольным вариантом.

Таким образом, использование многолетних бобовых трав в севооборотах в качестве бинарных компонентов культур, парозанимающих культур в комплексе с использованием в качестве удобрений соломы и пожнивной сидерации можно рассматривать как один из переходных этапов от интенсивной системы земледелия к органической.

Список литературы

1. Алехин, В. Т. Основные проблемы при переходе к органическому земледелию / В. Т. Алехин // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 484 – 487.

2. Воронцова, Т. Н. Органическое земледелие как способ получения экологически безопасной продукции / Т. Н. Воронцова // Высокие технологии, наука и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. ст. – 2018. – С. 133 – 136.

3. Григорьян, Б. Р. Система производства органической сельскохозяйственной продукции как фактор обеспечения экологической безопасности в Республике Татарстан / Б. Р. Григорьян, Т. Г. Кольцова, Л. М. Сунгатуллина // Вестник. – 2014. – № 3(21). – С. 120 – 128.

4. Сергеев, В. Р. На пути к органическому земледелию / В. Р. Сергеев, Ю. В. Бухонова // Защита и карантин растений. – 2007. – № 7. – С. 22–23.

5. Шестакович, Н. К. Перевод сельскохозяйственного производства на органическое земледелие / Н. К. Шестакович, В. С. Филиппенко, Ю. О. Тихоновская // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы : сб. тр. – 2018. – С. 126 – 128.

С. А. Никишин, магистрант
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Для облегчения работы в крестьянско-фермерском хозяйстве необходим парк техники и навесных агрегатов. Это требует больших финансовых затрат и определенной территории для хранения данной техники. Поэтому было принято решение изготовить многофункциональный погрузчик сельскохозяйственного назначения на платформе МТЗ-82. Целью данной разработки послужило снижение расходов на приобретение, быстрая заменяемость сменных агрегатов, уменьшение территории для хранения агрегатов. Обработка результатов выполнена с использованием программной среды Excel.

Ключевые слова: фронтальный погрузчик, анализ технологических решений, навесное оборудование, быстросъемные агрегаты, информационные технологии.

В настоящее время существует ряд фронтальных погрузчиков для колесных тракторов разных производителей. Но во всем этом разнообразии не хватает такого, который отвечал бы всем требованиям крестьянско-фермерского хозяйства. Речь идет о невысокой стоимости и многофункциональности.

Анализ научных публикаций [1 – 7] показал, что каждый производитель изготавливает технику для определенного вида деятельности. А в крестьянско-фермерском хозяйстве один трактор должен выполнять много видов работ: пахать, сеять, косить, ворошить, скирдовать сено, перевозить грузы, грузить продукцию и отходы жизнедеятельности.

Для возможности выполнения всех этих операций было принято решение по изготовлению многофункционального погрузчика с быстросъемными агрегатами. Основным критерием было изготовление быстросъемного агрегата, который мог бы отсоединить механизатор без посторонней помощи. Еще одним из важных аспектов является длина стрелы, она позволяет выполнять погрузку на большую высоту и загружать прицеп с одного борта без переездов.

Важным элементом данной конструкции являются дополнительные агрегаты, которые можно без усилий установить на погрузчик для выполнения других видов деятельности. Это ковш, вилы для тюков, стрела с крюком для поднятия грузов, люлька для поднятия человека и вилки для погрузки палетов.

Экспериментальные исследования

Новые технологические решения производства фронтального погрузчика были воплощены на станках с ПУ, основные элементы кронштейнов крепления были нарезаны на станке гидроабразивной резки, а элементы стрелы нарезаны на станке лазерной резки. Так же применялись токарные станки и гибочный станок с ПУ.

Для удобства сборки и транспортировки было принято решение изготовить данный погрузчик разборным, он состоит из нескольких основных элементов, что позволяет выполнять сборку двум специалистам без видимых усилий (см. рис. 1). Все элементы и механизмы сварены полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа.

а)

б)

Рис. 1. Изготовление элементов погрузчика

Результаты исследования, их анализ и обсуждение

Сборка проводилась в два этапа: сначала монтаж кронштейнов и распорок, затем установка стрелы и подключение гидравлики.

После полной сборки были проведены испытания погрузчика, все элементы конструкции подтвердили желаемый результат, все работает, как и было запланировано (см. рис. 2).

а)

б)

Рис. 2. Общий вид погрузчика

Заключение

В результате выполненных исследований были сделаны следующие выводы:

1) осуществлен анализ информационных источников по способам производства навесных фронтальных погрузчиков для колесных тракторов;

2) проведена оценка основных показателей и характеристик желаемого оборудования;

3) найден оптимальный способ изготовления фронтального погрузчика для МТЗ-82;

4) решена задача проведения оптимальной транспортировки и сборки погрузчика с установкой его на трактор МТЗ-82.

Список литературы

1. Немтинов, К. В. Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов / К. В. Немтинов, А. К. Ерусланов, В. А. Немтинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2014. – № 1 (153). – С. 75 – 83.

2. Немтинов, В. А. Автоматизированное проектирование технологических процессов производства изделий машиностроения с учетом оценки фактора профессионального риска для обслуживающего персонала / В. А. Немтинов, Ж. Е. Зимнухова // Вестник машиностроения. – 2010. – № 12. – С. 73 – 77.

3. Немтинов, В. А. Применение теории нечетких множеств и экспертных систем при автоматизированном выборе элемента технической системы / В. А. Немтинов, С. Я. Егоров, П. И. Пахомов // Информационные технологии. – 2009. – № 10. – С. 34 – 38.

4. Зимнухова, Ж. Е. О подходе к построению автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений для проектирования процессов производства изделий из металлов / Ж. Е. Зимнухова, В. А. Немтинов // Информационные технологии. – 2008. – № 9. – С. 29 – 34.

5. Решение проблемы оптимального синтеза технологических процессов сложных систем / Е. Н. Малыгин, В. А. Немтинов, Ж. Е. Зимнухова, Ю. В. Немтинова // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. – 2002. – Т. 7, № 2. – С. 242 – 245.

6. Мокрозуб, В. Г. О подходе к интеллектуализации информационной поддержки принятия решений при конструировании химического оборудования / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2015. – № 7. – С. 31 – 34.

7. Бояркина, И. В. Технологическая механика одноковшовых фронтальных погрузчиков : монография / И. В. Бояркина. – Омск : СибАДИ, 2011. – 336 с.

В. Н. Основин[1], канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой «Механика материалов и детали машин»,
Н. Н. Романюк[1], канд. техн. наук, доц., первый проректор,
В. А. Агейчик[1], канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Механика материалов и детали машин»,
С. О. Нукешев[2], д-р техн. наук, проф., декан технического факультета
([1]Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Республика Беларусь;
[2]Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
Нур-Султан, Республика Казахстан)

РЫХЛИТЕЛЬ ДЛЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

Аннотация. Мелиорация земель – это специфический технологический способ поддержания в благоприятном состоянии земель – важнейшего для сельского хозяйства природного ресурса. В статье рассматриваются вопросы, связанные с улучшением дренирующей способности тяжелых почв при сооружении закрытых дренажных систем. Предложена оригинальная конструкция рыхлителя для мелиоративных работ, способного повысить качество крошения верхних слоев почвы.

Ключевые слова: мелиорация, тяжелые почвы, дренирующая способность, рыхлитель, крошение почвы, оригинальная конструкция, патентный поиск.

Введение

Мелиорация – деятельность, обеспечивающая, с одной стороны, необходимый уровень продуктивности агроэкосистем, с другой – устраняющая негативное воздействие антропогенной нагрузки на природную среду и обеспечивающая достижение динамического равновесия круговорота вещества и энергии уже на более интенсивном уровне, по сравнению с природными агроэкосистемами, при увеличении скорости и объема биологического круговорота в процессе их жизнедеятельности [1]. Мелиорация земель способствует сохранению и повышению плодородия почвы, росту урожайности, устойчивости земледелия, смягчению воздействия колебаний погодно-климатических условий на результаты производства [2]. Использование различных технических устройств способствует повышению качества обработки почвы [3].

Для улучшения дренирующей способности тяжелых почв при сооружении закрытых дренажных систем используются рыхлители. Цель данных исследований – разработка конструкции рыхлителя для мелиоративных работ, способного повысить качество крошения верхних слоев почвы.

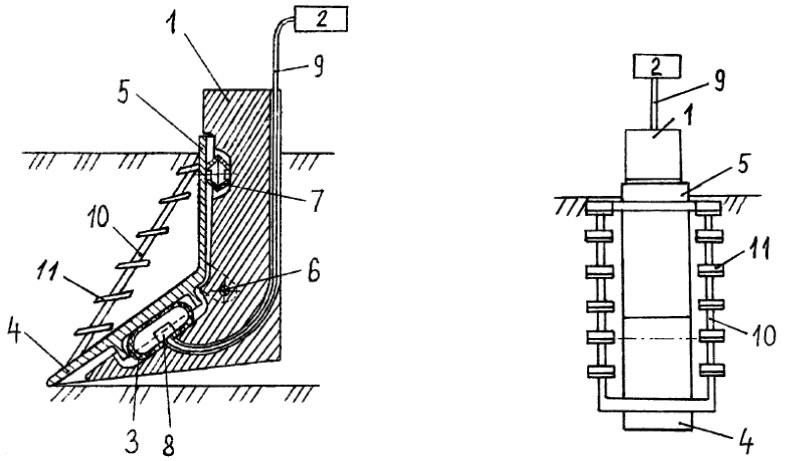
Основная часть

Проведенный патентный поиск показывает, что существует [4] рыхлитель для мелиоративных работ, который содержит плуг, снабженный генератором импульсных токов и герметичной камерой с эластичной оболочкой для рабочей жидкости, установленной в пространстве, образованном между поверхностью плуга и расположенным в его нижней части наклонным башмаком, установленным с возможностью перемещения в направляющих, выполненных в обращенной к забою части плуга. В камере с эластичной оболочкой установлена электродная головка, соединенная с генератором импульсных токов, башмак выполнен в ви-

де наклонной нижней переходящей в верхнюю вертикальную частей. Место этого перехода соединено шарниром с плугом, при этом между верхней частью башмака и плугом установлена пружина сжатия, а на нижнюю часть башмака оперта рамка с фланговыми ножами, соединенная с плугом в его верхней части шарниром.

Данный рыхлитель не обеспечивает эффективное рыхление и дробление фланговыми ножами наползающей грунтовой призмы тяжелых почв, так как эффективность вибрационного воздействия их на почву наблюдается лишь при большой глубине обработки, а для верхних слоев почвы резко снижается. Это можно объяснить тем, что фланговые ножи соединены с плугом шарниром в его верхней части, и амплитуда их колебаний относительно этого шарнира прямо пропорциональна глубине их расположения в почве. Таким образом, верхние слои почвы, качество подготовки которых, например, под посев должно отвечать особо высоким требованиям, после прохождения рыхлителя имеют, в том числе по сравнению с нижними, недостаточную степень рыхления и дробления, что требует дополнительных энергозатрат при выполнении последующих технологических операций. Особенно важно избежать образования почвенных глыб в верхних слоях почвы, которые после подсыхания на солнце в дальнейшем плохо поддаются дроблению.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана оригинальная конструкция рыхлителя для мелиоративных работ [5] (рис. 1).



а) *б*)

Рис. 1. Рыхлитель для мелиоративных работ:
а – вид сбоку; *б* – вид спереди

Рыхлитель состоит из плуга *1*, снабженного генератором импульсных токов *2* и герметичной камерой *3* с эластичной оболочкой для рабочей жидкости, установленной в пространстве, образованном поверхностью плуга *1* и наклонной нижней частью *4* башмака, переходящей в его верхнюю вертикальную часть *5*, причем место этого перехода соединено шарниром *6* с плугом *1*. Башмак установлен с возможностью перемещения в направляющих, выполненных в обращенной к забою части плуга. Между верхней частью *5* башмака и передней верхней частью плуга *1* установлена пружина сжатия *7*, выполненная в виде набора тарельчатых пружин.

В герметичной камере *3* с эластичной оболочкой для рабочей жидкости установлена электродная головка *8*, соединенная с генератором импульсных токов *2* кабелем *9*. К нижней и верхней частям башмака жестко прикреплена рамка *10* с фланговыми ножами *11*.

Рыхлитель работает следующим образом. Плуг *1* внедряют в почву. Под действием электрогидравлического взрыва, осуществляемого с помощью электродной головки *8* генератором импульсных токов *2* в жидкости, заполняющей герметичную камеру *3* с эластичной оболочкой, осуществляется движение вперед нижней части *4* башмака и сжимающее тарельчатую пружину *7* движение назад верхней части *5* башмака в процессе их общего поворота вокруг шарнира *6*. Когда давление в герметичной камере *3* снижается до нормального, тарельчатая пружина *7* возвращает нижнюю *4* и верхнюю *5* части башмака в первоначальное положение.

Тем самым периодически с рекомендуемыми частотой 29,2…43,4 $с^{-1}$ и амплитудой 4,2…6,3 мм [6, 7] совершаются чередующиеся поочередные воздействия на почву нижней *4* и верхней *5* частей башмака. Таким образом, при движении нижней части *4* верхняя часть *5* высвобождает полость для скалывания в нее почвы под действием нижней части *4* и наоборот.

Кроме того, существенно облегчается процесс деформации почвы, что приводит к повышению качества крошения почвы при одновременном снижении энергоемкости процесса ее рыхления. Работая как одно целое с башмаком, фланговые ножи *11* производят дополнительное дробление наползающей грунтовой призмы. Это особенно важно для верхних слоев почвы, где амплитуда их колебаний, а следовательно, и степень воздействия, максимальная.

Выводы

На основании проведенного патентного поиска предложена оригинальная конструкция рыхлителя для мелиоративных работ, использование которого позволит повысить качество крошения верхних слоев почвы.

Список литературы

1. Кравчук, А. В. Мелиорация, рекультивация и охрана земель: краткий курс лекций для аспирантов IV курса направления подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство по научной специальности 06.01.02 мелиорация, рекультивация и охрана земель / А. В. Кравчук / ВГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 67 с.

2. Производственно-экономический потенциал сельского хозяйства Беларуси: анализ и механизмы управления / Т. А. Тетеринец, В. М. Синельников, Д. А. Чиж, А. И. Попов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 160 с.

3. Влияние числа осей ходовой системы машинно-тракторных агрегатов на изменение плотности почвы / И. Н. Шило, Н. Н. Романюк, А. Н. Орда, С. О. Нукешев, В. Г. Кушнир, А. И. Попов // Вестник ТГТУ. – 2018. – Т. 24, № 1. – С. 149 – 160.

4. Патент РБ на полезную модель 3937 U, МПК E 01 B 11/00, E 02 F 5/00 // Бюл. № 5. – 2007.

5. Патент РБ на изобретение 13723 C 1, МПК E 01 B 11/00, E 02 F 5/00 // Бюл. № 5. – 2010.

6. Волков, Е. Т. Тяговое сопротивление плуга с вибролемехом / Е. Т. Волков // Труды Волгоградского СХИ. – Волгоград, 1972. – Т. 46. – С. 68 – 73.

7. Ахметжанов, К. А. Энергетические затраты при обработке почвы вибрирующим рабочим органом / К. А. Ахметжанов // Актуальные вопросы механизации с.-х. производства. – Алма-Ата, 1971. – С. 27 – 32.

А. И. Петрашев, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., гл. науч. сотр.
Лаборатории организации хранения и защиты техники от коррозии,
В. В. Клепиков, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
Лаборатории организации хранения и защиты техники от коррозии
(ФГБНУ ВНИИТиН, Тамбов, Россия)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ КОНСЕРВАЦИИ СЕЛЬХОЗМАШИН

Аннотация. Обосновано применение низковольтного генератора тока с левым вращением вала для нагрева вязкой консервационной мастики при пневматическом нанесении на рабочие органы сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: низковольтный генератор, консервационная мастика, нагрев.

Введение

В технологических процессах консервации сельхозмашин повсеместно используются загущенные консервационные смазки и вязкие мастики, которые необходимо нагревать перед нанесением до рабочей температуры для снижения их вязкости. Технические возможности электрифицированных консервационных установок в достаточной мере обеспечивают реализацию этого требования, но они имеют малый радиус технологического обслуживания, так как связаны с электросетью [1, 2].

На прицепном агрегате серии АТО-18050, предназначенном для консервации сельхозмашин в полевых условиях, была установлена система гидродинамического нагрева, посредством которой механическая энергия от вала отбора мощности (ВОМ) трактора преобразовывалась в тепловую энергию дросселируемого масла-теплоносителя и консервационной смазки [3]. Однако из-за громоздкости исполнения, систематических сбоев в работе и низкой энергоэффективности система гидродинамического нагрева оказалось непригодной для применения в новом консервационном оборудовании навесного типа [4]. Для оборудования, транспортируемого на навеске трактора, необходим легкий, компактный и устойчиво работающий преобразователь механической энергии в электрическую.

Полученные результаты и их обсуждение

Определим мощность преобразователя, потребляемую на нагрев вязкой мастики. При пневматическом нанесении мастики реализуется двухступенчатая схема нагрева [5]. Первая ступень служит для нагрева мастики до рабочей температуры при выдаче из напорного бака. Вторая ступень используется для подогрева мастики в шланге подачи к пистолету-распылителю. Рабочая температура $T_р$ нагрева косвенно характеризует вязкость мастики, при которой она может течь по шлангу с расходом $q_м$. Величина расхода $q_м$ мастики зависит от пропускной способности пистолета-распылителя. Для мелкодисперсного распыления мастики пропускная способность пневматического пистолета-распылителя составляет в среднем 0,36 кг/мин (0,006 кг/с).

Мощность $P_б$ нагревателя первой ступени затрачивается на повышение температуры мастики при выдаче из напорного бака:

$$P_б = \frac{q_м c_м (T_р - T_х)}{\rho_м (1 - \eta_б)},$$

где $P_б$ – мощность нагревателя 1-й ступени, Вт; $q_м$ – расход мастики, $q_м$ = 0,006 кг/с; $c_м$ – объемная теплоемкость мастики, $c_м$ = 1780 Дж/(дм^3·°С); $T_х$, $T_р$ – начальная и рабочая температура мастики, $T_х$ = 5 °С, $T_р$ = 40 °С; $\rho_м$ – плотность мастики, $\rho_м$ = 0, 93 кг/дм^3; $\eta_б$ – коэффициент теплопотерь, $\eta_б$ = 0,05.

Расчет по формуле дает величину мощности $P_б$ = 425 Вт.

Мощность $P_ш$ нагревателя второй ступени затрачивается на прогрев шланга и на компенсацию теплопотерь через оболочку шланга при подаче нагретой мастики к пистолету-распылителю:

$$P_ш = \frac{\pi L_ш (T_р - T_х)}{\frac{1}{\alpha_1 d_в} + \frac{\ln(d_н / d_в)}{2\lambda_ш} + \frac{1}{\alpha_2 d_н}},$$

где $L_ш$ – длина шланга, $L_ш$ = 10 м; $\lambda_ш$ – коэффициент теплопроводности шланга, по работе [6] $\lambda_ш$ = 0,184 Вт/(м·°С); $d_в$, $d_н$ – внутренний и наружный диаметры оболочки шланга, $d_в$ = 0,01 м, $d_н$ = 0,018 м; α_1 – коэффициент теплоотдачи от нагретой мастики к шлангу, α_1 = 100 Вт/(м^2·°С); α_2 – коэффициент теплоотдачи от нагретого шланга в атмосферу, α_2 = 15 Вт/(м^2·°С).

Расчетная величина мощности $P_ш$ = 175 Вт.

Суммарная мощность обеих ступеней нагрева мастики $P_с$ = 600 Вт.

Для электропитания нагревателей суммарной мощностью 600 Вт достаточно энергии низковольтного генератора Г1000В.05, которым комплектуются двигатели зерноуборочных комбайнов «Дон-1500». Данный генератор мощностью до 1000 Вт вырабатывает ток напряжением 28…30 В. Токоскоростные показатели генератора Г1000В.05 зависят от частоты вращения его ротора (рис. 1).

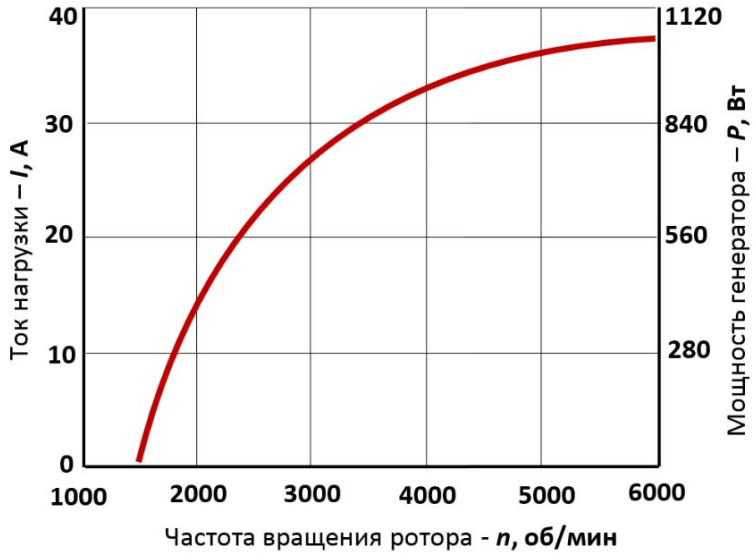
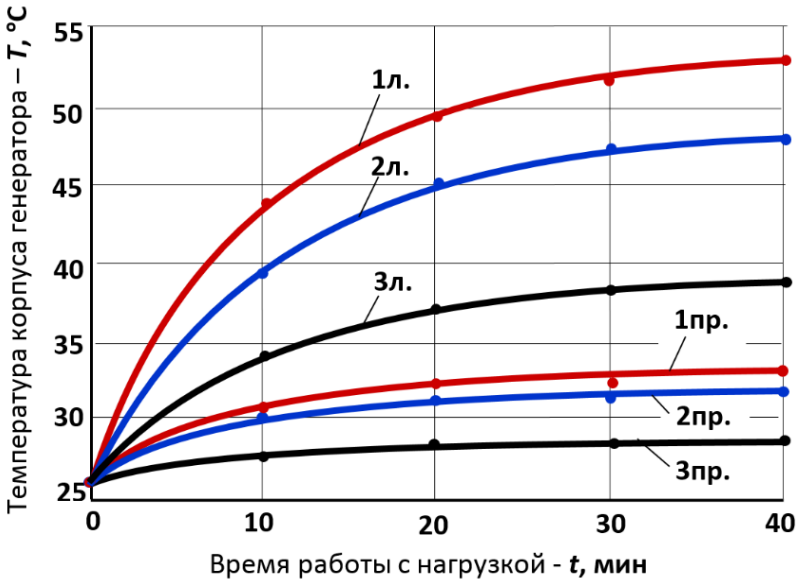


Рис. 1. Токоскоростная характеристика генератора Г1000В.05

Вал отбора мощности трактора вращается влево с частотой 1000 об/мин. Генератор Г1000В.05 рекомендовано использовать с правым вращением ротора. Однако в его техническом паспорте [7] нет запрета на левое вращение ротора. Генератор не имеет токосъемных щеток, поэтому изменение направления вращения ротора не может привести к его механическим повреждениям.

Так как охлаждение генератора осуществляется путем обдува воздухом от крыльчатки на шкиве, то при вращении вала влево ухудшится режим охлаждения генератора. Для оценки возможности применения низковольтного генератора в навесном консервационном оборудовании проведено экспериментальное исследование процесса нагрева корпуса генератора в зависимости от направления вращения вала и токовой нагрузки.

Для исследований были изготовлены электропривод генератора и нагрузочные элементы из нихромовой проволоки. В качестве электропривода генератора использовали асинхронный электродвигатель 1,1 кВт, 2800 об/мин. Его соединяли с генератором посредством ременной передачи, частота вращения вала генератора – 3400 об/мин. Электропривод подключали к сети 220/380 В, нагрузочные элементы – к клеммам генератора через измерительную аппаратуру. Термопару термометра прикрепляли к корпусу генератора. Направление вращения вала генератора с правого на левое изменяли переключением клемм на электродвигателе. Опыты проводили в июле при температуре воздуха +26 °С. Результаты опытов представлены на рис. 2.



нагрузка: 1 – 670 Вт; 2 – 530 Вт; 3 – 330 Вт
направление вращения шкива: л. – левое; пр. – правое

Рис. 2. Динамика нагрева корпуса генератора Г1000В.05

В экспериментах с правым вращением вала корпус генератора нагревался незначительно: от 26 до 33 °С (всего на 7 °С) при нагрузке 670 Вт.

В экспериментах с левым вращением вала и при той же нагрузке – 670 Вт, температура корпуса генератора увеличилась до 53 °С (на 27 °С) в течение 40 мин непрерывной работы.

Повышенный нагрев корпуса связан с ухудшением его охлаждения при левом вращении крыльчатки. Следует отметить, что в ходе опытов не был превышен температурный диапазон применения генератора, охватывающий температуру от –40 до +80 °С [62].

Чтобы ускорить процесс нагрева мастики от энергии низковольтного генератора, разработан напорный бак с локальной камерой (рис. 3).

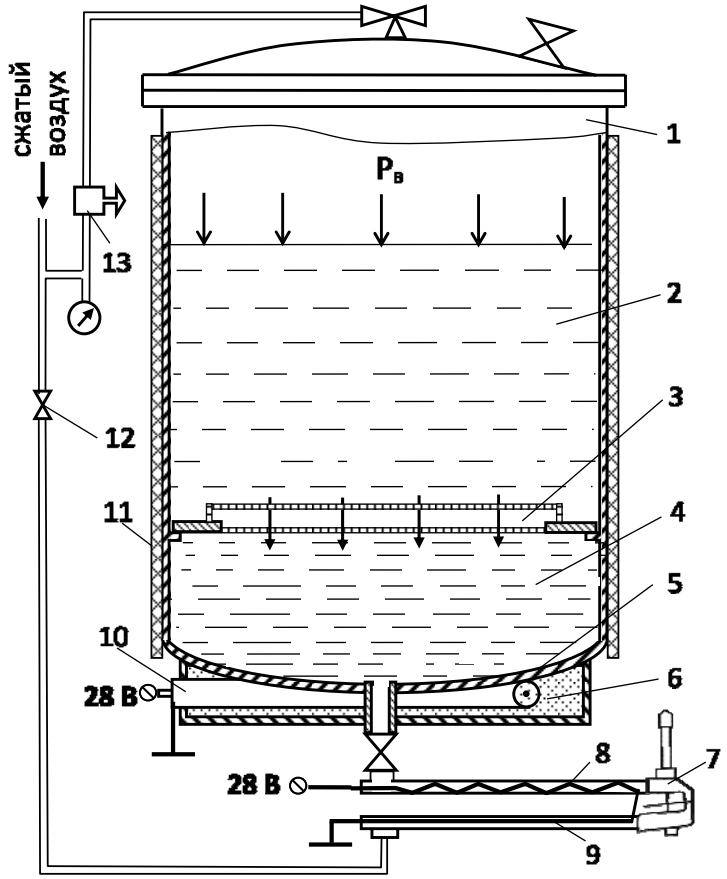


Рис. 3. Напорный бак с локальной камерой нагрева вязкой мастики

Бак *1* имеет кожух *11*, перегородку *3* из сеток, разделяющую его на верхний отсек *2* и локальную камеру *4* нагрева. Низковольтный ТЭН *10* размещен под дном *5* бака и залит электротехническим периклазом *6* – окисью магния. Внутри шланга *8* подачи мастики размещена электронагревательная спираль. Низковольтный ТЭН и электронагревательная спираль подключены к генератору Г1000В.05. Пистолет-распылитель *7* посредством шланга *8* сообщен с баком *1*, посредством шланга *9* подсоединен к воздушной магистрали. Расход сжатого воздуха на распыление мастики регулируют краном *12*, давление воздуха в баке *1* на выдачу мастики – редукционным клапаном *13*.

При подаче энергии от генератора Г1000В.05 на низковольтный ТЭН контактируемый с ним твердый теплоотводящий материал нагревается и через дно нагревает мастику в баке. Перегородка препятствует конвективному теплообмену между нагретой (жидкой) мастикой в локальной камере и холодной (вязкой) мастикой в верхнем отсеке. Благодаря этому тепловая энергия от ТЭН концентрируется в мастике, находящейся в локальной камере.

Предложенная система нагрева мастики реализована в навесном агрегате УЛН-03 для консервации аграрной техники [8], напорный бак которого оснащен низковольтным ТЭНом

мощностью 440 Вт (28 В), а шланг подачи мастики – электронагревательной спиралью мощностью 240 Вт (28 В). Испытания агрегата в АО «Голицыно» показали, что за 20 мин работы генератора мастика в локальной камере и в шланге подачи нагрелась от 5 до 40 °С. Нагретая мастика хорошо распыливалась пневматическим пистолетом СО-71 и ровным слоем наносилась на рабочие органы сельхозмашин.

Рекомендации по применению

В навесном на трактор консервационном оборудовании, предназначенном для нагрева и нанесения вязкой мастики, перспективно применение низковольтного автотракторного генератора Г1000В.05 (28 В, 1000 Вт) в качестве преобразователя механической энергии ВОМ в электрическую. Для работы навесного оборудования в полевых условиях создан напорный бак с локальной камерой нагрева и низковольтным ТЭНом, подключенным к автотракторному генератору тока. Результаты проведенных исследований подтвердили устойчивость работы автотракторного генератора при левом вращении вала с нагревом его корпуса до допустимой температуры.

Список литературы

1. Петрашев, А. И. Оборудование для противокоррозионной защиты техники / А. И. Петрашев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 5. – С. 31 – 33.

2. Петрашев, А. И. Условия применения технических средств при консервации сельхозмашин / А. И. Петрашев // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. – № 1. – С. 27 – 29.

3. Петрашев, А. И. Гидродинамический нагрев вязких смазок при консервации сельхозмашин / А. И. Петрашев // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 4. – С. 23 – 26.

4. Петрашев, А. И. Совершенствование навесных средств консервации машин / А. И. Петрашев, В. Д. Прохоренков, Л. Г. Князева // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 6. – С. 49 – 51.

5. Петрашев, А. И. Пневматическая установка для нагрева и распыления вязких красок и мастик в условиях АПК / А. И. Петрашев // Практика противокоррозионной защиты. – 2001. – № 4(22). – С. 23 – 26.

6. Чиркин, В. С. Теплофизические свойства материалов ядерной физики : справочник / В. С. Чиркин. – М. : Атомиздат, 1968. – 484 с.

7. Генераторы модификации Г1000 и Г1000В: Руководство по эксплуатации ГЛЦИ.525266.001-00 РЭ / Изготовитель: Чебоксарский завод генераторов «Электропром». Чебоксары : ООО «Электром», 2005. – 20 с.

8. Навесной агрегат для консервации аграрной техники при пониженных температурах / А. М. Губашева, А. И. Петрашев, Л. Г. Князева и др. // Наука в центральной России. – 2017. – № 1(25). – С. 43 – 54.

Д. А. Родионов, аспирант,
С. И. Лазарев, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «ПГиКГ»,
Д. Л. Полушкин, канд. техн. наук, доц., директор Технологического института
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИФФУЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАН В РАСТВОРАХ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Аннотация. Объектом исследования служили модельные растворы, а также молочная сыворотка после производства сыра. Исследования проводились на полупроницаемых мембранах трубчатого типа производств «Владипор». Проведены исследования диффузионной проницаемости в зависимости от концентрации и времени.

Ключевые слова: коэффициент диффузионной проницаемости, молочная сыворотка, мембраны.

Сущность процесса диффузии заключается в процессе переноса растворенных веществ через мембрану, вызванного разностью концентраций по обе стороны мембраны [1 – 3].

Аналогом диффузии является диффузионная проницаемость мембран, которая характеризуется коэффициентом диффузионной проницаемости P_{σ}.

Общий вид установки трубчатого типа показан на рис. 1.

Рис. 1. Установка трубчатого типа для исследования коэффициента диффузионной проницаемости

После проведенных исследований концентрации растворенного вещества определялись методом формального титрования [4]. Далее рассчитывался коэффициент диффузионной проницаемости по формуле (1).

$$P_\sigma = \frac{C_2 M_2 \delta}{(C_1 - C_2) F_m \tau}, \quad (1)$$

где P_σ – коэффициент диффузионной проницаемости, м^2·с$^{-1}$; V_2 – объем исследуемого раствора, м^3; δ – толщина мембраны, м; F_m – рабочая поверхность мембраны, м^2; C_1 – концентрации растворенного вещества в исходном растворе, кг·м$^{-3}$; C_2 – концентрация растворенного вещества, перешедшего через мембрану, кг·м$^{-3}$; τ – время проведения эксперимента, с.

Результаты экспериментальных данных представлены на рис. 2.

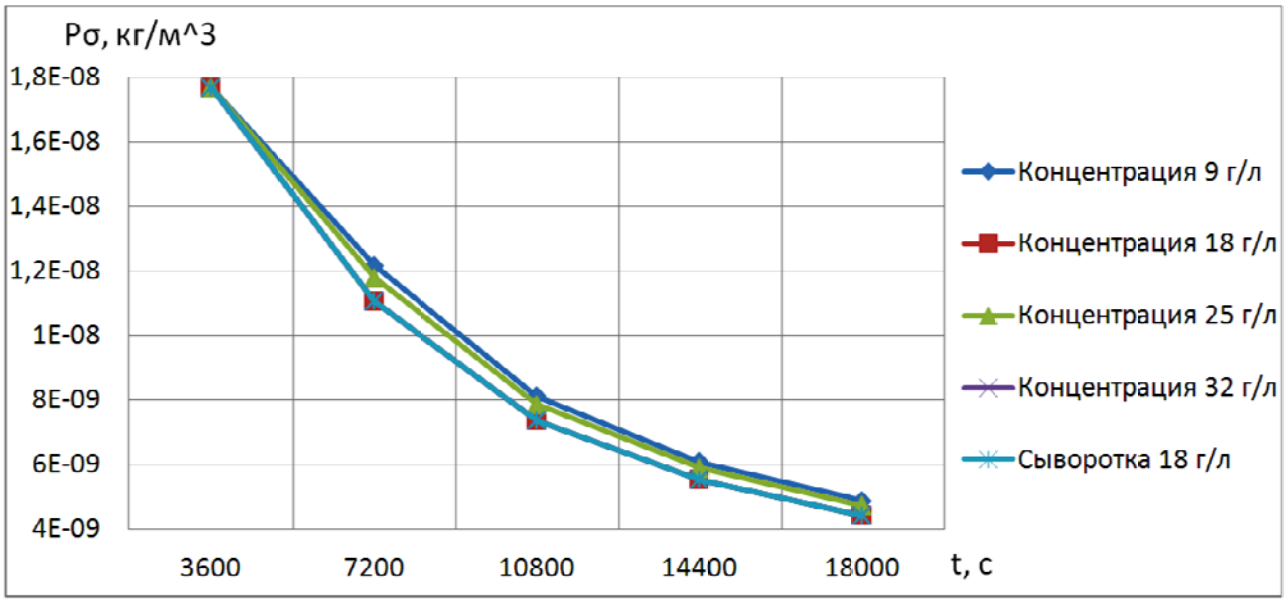


Рис. 2. Зависимость коэффициента диффузионной проницаемости от времени и концентрации модельных и реального растворов. Ультрафильтрационная мембрана производства «Владипор»

Поскольку эксперименты проводились на четырех модельном и одном экспериментальном растворе, можно сказать, что применение модельного раствора возможно. Из зависимости на рис. 2 видно, что с течением времени эксперимента заметно снижение коэффициента диффузионной проницаемости. Это объясняется тем, что при длительном воздействии растворов на мембрану образуется пограничные слои, и процесс диффузии протекает значительно медленнее.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод о том, что применение модельных растворов возможно в качестве замены реальным растворам. В ходе исследований были получены результаты исследования диффузионной проницаемости, и можно сделать вывод о том, что с увеличением концентрации растворов, а также увеличением времени эксперимента снижается коэффициент диффузионной проницаемости из-за образования пограничных слоев.

Список литературы

1. Эффективность электрохимических мембранных методов при концентрировании и деминерализации подсырной сыворотки / С. И. Лазарев, К. К. Полянский, Д. С. Лазарев и др. // Сыроделие и маслоделие. – 2018. – № 3. – С. 42 – 44.

2. Ультрафильтрационное концентрирование и деминерализация подсырной сыворотки с импульсным подводом тока / С. И. Лазарев, В. Ю. Богомолов, Д. С. Лазарев и др. // Сыроделие и маслоделие. – 2018. – № 2. – С. 38 – 41.

3. Эффективность ультрафильтрационного концентрирования белка в молочной сыворотке / С. И. Лазарев, О. А. Абоносимов, М. А. Кузнецов, Д. Н. Протасов // Наука в центральной России. – 2018. – № 2(32). – С. 35 – 43.

4. ГОСТ 25179–90. Молоко. Методы определения белка. – М. : Стандартинформ, 1991. – 6 с.

Н. Н. Романюк[1], канд. техн. наук, доц., первый проректор,
С. О. Нукешев[2], д-р техн. наук, проф., декан технического факультета,
В. А. Агейчик[1], канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Механика материалов и детали машин»,
К. В. Сашко[1], канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Механика материалов и детали машин»
([1]Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Республика Беларусь;
[2]Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
Нур-Султан, Республика Казахстан)

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ МАШИНЫ ДЛЯ РАЗБРАСЫВАНИЯ СЫПУЧИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. Внесение минеральных удобрений способствует повышению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Существующие технические средства для их внесения характеризуются неравномерностью разбрасывания. Предложена оригинальная конструкция машины для разбрасывания сыпучих минеральных удобрений и мелиорантов, использование которой позволит повысить плодородие почвы вследствие равномерного внесения минеральных удобрений и улучшения их растворимости в почве.

Ключевые слова: минеральные удобрения, мелиоранты, технические средства, внесение, оригинальное устройство, патентный поиск, плодородие почвы.

Применение минеральных удобрений является одним из основных источников повышения плодородия почвы и обеспечения высоких урожаев возделываемых культур, обеспечения эффективности сельского хозяйства [1, 2].

Многими исследованиями установлено, что наряду с другими мероприятиями, внесение удобрений обеспечивает 50% прибавок урожая сельскохозяйственных культур. На данный момент объемы их внесения сокращены в 8 – 10 раз. Бóльшая часть объема минеральных удобрений вносится разбросным способом с последующей заделкой различными почвообрабатывающими сельскохозяйственными орудиями. Неразумное применение минеральных удобрений становится экологически опасным и приводит к высоким затратам и неконкурентоспособности растениеводческой продукции [3].

Основные проблемы, стоящие перед производителями средств механизации внесения удобрений, – снижение неравномерности их разбрасывания, приводящей к недобору урожая и существенному перерасходу удобрений, обеспечение внесения оптимальных доз удобрений в соответствии с потребностью в них растений и максимальное уменьшение ущерба, наносимого окружающей среде при сохранении плодородия почв.

Цель исследований – разработка машины для разбрасывания сыпучих минеральных удобрений и мелиорантов, использование которой позволит повысить плодородие почвы вследствие равномерного внесения минеральных удобрений и улучшения их растворимости в почве.

Для решения поставленной цели нами поставлены следующие задачи исследований:

1. Провести патентные исследования и проанализировать технические средства для внесения минеральных удобрений.

2. Разработать конструкцию машины для разбрасывания сыпучих минеральных удобрений и мелиорантов, использование которой позволит повысить плодородие почвы вследствие равномерного внесения минеральных удобрений и улучшения их растворимости в почве.

Реализация поставленных задач исследований проведена следующим образом. Проведенный патентный поиск показывает, что существует смеситель-разбрасыватель минеральных удобрений [4], который состоит из бункера, включающего отсеки, образованные перегородками и снабженные дозирующими заслонками, днище бункера с выгрузными окнами, перфорированного транспортера, охватывающего днище бункера и содержащего настил под его нижней ветвью, шнекового смесительного устройства и центробежных разбрасывателей.

Недостатки данного разбрасывателя – сложность его конструкции и повышенная энергоемкость на выполнение технологического процесса из-за наличия питающих транспортеров под каждой секцией бункера, отсутствие возможности регулировки дозы внесения удобрений.

Существует разбрасыватель удобрений [5], который содержит кузов, ходовую систему, привод рабочих органов, транспортер, рассеивающие устройства, туконаправитель, гидравлическую систему. Для подачи удобрений к разбрасывающему органу используется транспортер.

Недостатки рассматриваемого разбрасывателя минеральных удобрений:

– низкий коэффициент использования в течение года из-за узкой специализации разбрасывателя минеральных удобрений;

– сложность конструкции из-за наличия транспортера, осуществляющего подачу удобрения на рассеивающее устройство.

Известен разбрасыватель сыпучих минеральных удобрений и мелиорантов [6], содержащий установленный на ходовой системе кузов, гидравлическую систему, разбрасывающее устройство в виде вращающихся дисков с лопатками, расположенными под углом друг другу, направитель потока, имеющий делитель потока для подачи удобрения на каждый диск раздельно, съемный корпус, жестко прикрепленный к задней части кузова, выполненного с возможностью изменения угла наклона с помощью гидроцилиндра, внутри съемного корпуса установлен подающий рабочий орган в виде шнека, расположенного перпендикулярно боковой стороне кузова и прикрепленного с помощью подшипников к боковым стенкам съемного корпуса, к задней части которого прикреплен направитель потока, а диски разбрасывающего устройства установлены с возможностью вращения в разных направлениях с помощью гидромоторов, соединенных с ведущим валом дисков и прикрепленных с помощью кронштейнов к днищу съемного корпуса, а витки шнека подающего рабочего органа выполнены в разных направлениях относительно центра, а в средней части шнека параллельно друг другу установлены пластины для равномерной подачи удобрения в направитель потока. Недостаток данного разбрасывателя – недостаточная равномерность внесения удобрений из-за несогласованности конструктивных параметров подающего порционно удобрения шнека и разбрасывающего диска.

На основании проведенных патентных и поисковых методов исследований предлагается оригинальная конструкция разбрасывателя минеральных удобрений и мелиорантов [7] (рис. 1).

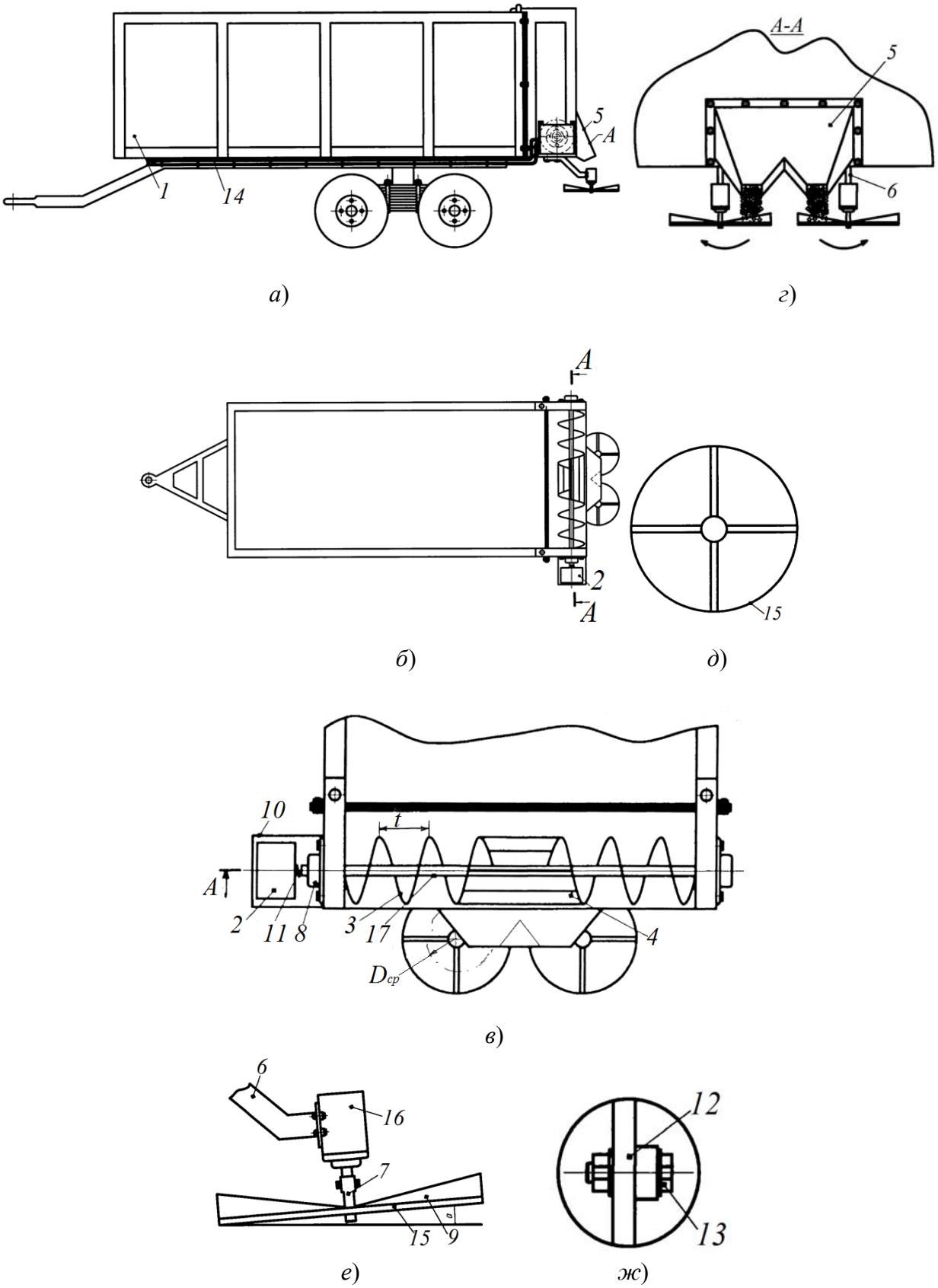


Рис. 1. Схема разбрасывателя сыпучих минеральных удобрений и мелиорантов:

а – вид сбоку; *б* – вид сверху; *в* – съемный корпус;

г – направитель потока с разбрасывающим устройством (вид сзади);

д – разбрасывающий диск (вид сверху);

е – разбрасывающий диск (вид сбоку); *ж* – болтовое соединение

Разбрасыватель сыпучих минеральных удобрений и мелиорантов состоит из кузова *1*, съемного корпуса (рис. 1, *в*), прикрепленного жестко к задней части кузова *1*, направителя потока *5*, разбрасывающего устройства. Направитель потока *5* имеет делитель потока для подачи удобрения на каждый диск раздельно и прикреплен к задней части съемного корпуса *3*.

Внутри съемного корпуса *3* установлен подающий рабочий орган *17*, закрепленный на боковых стенках съемного корпуса *3* с помощью подшипников *8* и расположенный перпендикулярно боковой стороне кузова *1*. Подающий рабочий орган *17* выполнен в виде шнека *3*, витки которого расположены в разных направлениях относительно центра, а в средней части шнека *3* параллельно друг другу установлены пластины *4* для равномерной подачи удобрения в направитель потока *5*, при этом шнек приводится во вращение с помощью пластинчатого гидромотора *2* (рис. 1, *в*), оснащенного кожухом *10*. Привод подающего рабочего органа *17* состоит из муфты *11*, обеспечивающей передачу энергии от гидромотора *2* на вал подающего рабочего органа *17*. Пластинчатый гидромотор *2* закреплен с помощью лапок *12* (рис. 1, *в*) в кожухе привода посредством болтового соединения *13* и соединен с гидросистемой трактора гидравлическими трубками *14* (рис. 1, *а*), при этом изменение нормы внесения сыпучих минеральных удобрений и мелиорантов регулируется посредством ручной настройки пластинчатого гидромотора *2* (рис. 1, *в*) на определенную частоту вращения.

Конструкция разбрасывающего устройства выполнена из установленных двух вращающихся в разном направлении дисков *15* (рис. 1, *д*), на поверхности которых жестко закреплены и размещены по углом 90° друг к другу лопатки *9*, при этом диски приводятся во вращение от гидросистемы трактора с помощью двух независимых гидромоторов *16* (рис. 1, *е*), соединенных посредством шлицевого соединения *7* с ведущим валом диска. Диски жестко установлены на валу гидромотора *16* (рис. 1, *е*), который в свою очередь закреплен к днищу корпуса разбрасывающего устройства посредством кронштейнов *6*, при этом диск расположен под углом 15…25° к горизонту для равномерного распределения минеральных удобрений по поверхности поля в момент подъема кузова. Шаг шнека t (рис. 1, *в*) равен расстоянию между лопатками *9*, измеренному по концентрической окружности среднего диаметра $D_{ср}$ диска *15*.

Разбрасыватель сыпучих минеральных удобрений и мелиорантов работает следующим образом.

К кузову *1* транспортного средства прикрепляют съемный корпус (рис. 1, *в*) и заполняют минеральными удобрениями или мелиорантами. После загрузки кузова прицеп транспортируют в поле, включают гидромотор привода питающего устройства *2* и два гидромотра привода разбрасывающих дисков *15* с помощью гидросистемы трактора, после чего начинается разбрасывание минеральных удобрений. Крутящий момент от гидромотора *2* передается на вал подающего шнека *3*, который подает сыпучий материал в направитель потока *5* и распределяющий сыпучий материал на разбрасывающие диски *15*, которые за счет центробежной силы рассеивают миниральные удобрения или мелиоранты.

По мере уменьшения объема материала в кузове *1* в процессе разбрасывания сыпучего минерального удобрения или мелиорантов осуществляется постепенный подъем кузова *1* с помощью гидроцилиндра.

По окончании разбрасывания сыпучего минерального удобрения или мелиоранта съемный корпус (рис. 1, *в*) снимается, а прицеп используется на других транспортных работах.

Расширение диапазона использования транспортного средства, в частности кузова, позволяет применять его на различных работах. Использование его в качестве разбрасывателя сыпучих минеральных удобрений и мелиорантов сокращает потребность в транспортных средствах, увеличивает производительность и снижает затраты на внесение сыпучих минеральных удобрений и мелиорантов, а также повышает плодородие почвы за счет равномерного распределения минеральных удобрений по полю и улучшения растворимости минеральных удобрений в почве.

Список литературы

1. Производственно-экономический потенциал сельского хозяйства Беларуси: анализ и механизмы управления / Т. А. Тетеринец, В. М. Синельников, Д. А. Чиж, А. И. Попов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 160 с.
2. Попов, А. И. Развитие сельского хозяйства региона в условиях политики импортозамещения / А. И. Попов, А. Г. Павлов // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК : сб. науч. ст. Междунар. науч. конф. – Минск, 2017. – С. 446 – 450.
3. Скурятин, А. Н. Совершенствование процесса локального внесения минеральных удобрений : автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.20.01 / А. Н. Скурятин ; Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства (ВИМ). – Воронеж, 2004. – 20с.
4. Патент РФ № 2349070 С 1, МПК А 01 С 15/00 ; опубл. 20.03.2009.
5. Патент РФ № 2323563 С 1, МПК А 01 С 17/00, А 01 С 15/00 ; опубл. 10.05.2008.
6. Патент РФ № 2442308 С 1, МПК А 01 С 17/00; А 01 С 15/00 ; опубл. 20.02.2012.
7. Разбрасыватель минеральных удобрений и мелиорантов : инновационный патент на изобретение 31107 А4 Респ. Казахстан, МПК А01 С 17/00 / С. О. Нукешев (KZ), Д. З. Есхожин (KZ), Н. Н. Романюк (BY), В. А. Агейчик (BY), В. Н. Романюк (BY) ; заявитель АО «Казахский агротехнический университет им. Сакена Сейфуллина». – № 2015/0555.1 ; заявл. 16.04.2015 ; зарегистрир. 16.05.2016 // Государственный реестр изобретений Респ. Казахстан. – 2016. – Бюл. № 5.

С. Н. Сазонов, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр.
Лаборатории использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов
(Всероссийский НИИ использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
Тамбов, Россия)

ФАКТОРЫ, ПРЕДОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Аннотация. Раскрыты причины низкой производительности машинно-тракторных агрегатов в фермерских хозяйствах растениеводческого направления. Доказана бесперспективность использования в них малопроизводительной техники.

Ключевые слова: фермерские хозяйства, рабочее время, производительность, сельскохозяйственная техника.

В начале развития фермерского движения большой популярностью пользовалась точка зрения о том, что в малых по объему землепользования фермерских хозяйствах необходимо использовать малогабаритную и малопроизводительную технику [1]. Однако парадокс состоит в том, что в «фермерских» зарубежных странах (Франция, Великобритания, Германия, США) с середины 1980-х гг. утвердилась тенденция к увеличению не только суммарной мощности тракторного парка, но и к росту единичной мощности сельскохозяйственной техники [2]. Это далеко не случайно, потому что специфика организации полевых механизированных работ в относительно небольших по площади пашни фермерских хозяйствах такова, что реальная производительность техники существенно снижается [3].

Многолетние исследования [4 – 10], проведенные сотрудниками ВНИИТиН в растениеводческих фермерских хозяйствах Тамбовской области, позволили установить баланс суточного рабочего времени фермера по каждой технологической операции и определить его структуру (см. табл. 1).

1. Суточное рабочее временя фермера, %

Затраты времени	Операции технологические							В среднем
	Дискование	Вспашка	Боронование	Культивация	Посев зерновых	Прикатывание посевов	Уборка зерновых	
Работы основные	35,90	17,80	15,90	32,20	17,00	40,20	12,80	24,50
Работы вспомогательные	5,80	8,80	4,70	7,10	20,70	5,00	15,00	9,60
Работы подготовительно-заключительные	41,90	47,40	62,50	38,70	40,60	41,30	38,70	44,00
Обслуживание организационно-техническое	4,20	13,80	11,10	12,00	11,70	3,50	16,70	10,40
Перерывы регламентированные	12,50	12,50	8,30	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50
Потери	0	0	0	0	0	0	7,00	1,00

Представленные данные свидетельствуют, что время основной работы составляет от 17% (посев зерновых) до 40,2% на прикатывание посевов. В среднем оно составило по всем операциям технологического цикла 24,5%. Абсолютно преобладают подготовительно-заключительные работы, их доля составила в среднем 44%. Затраты времени на выполнение вспомогательных работ, организационно-техническое обслуживание и регламентированные перерывы в сумме составили 30,5%, распределившись между собой практически поровну.

Структура времени использования техники состоит из времени простоев, остановок и времени работы. Соотношения между названными группами затрат времени при работе машинно-тракторных агрегатов на основных технологических операциях возделывания и уборки зерновых культур представлены в табл. 2.

2. Время использования машинно-тракторных агрегатов и самоходных машин при выполнении технологических операций, %

Затраты времени	Технологические операции							В среднем
	Дискование	Вспашка	Боронование	Культивация	Посев	Прикатывание посевов	Уборка зерновых	
Время работы, всего	66,30	59,60	40,70	59,30	48,90	68,80	44,90	55,5
– в т.ч. основной работы	35,60	31,10	15,90	32,20	16,90	40,20	13,00	26,4
– в т.ч. холостых ходов	30,70	28,50	24,80	27,00	32,00	28,60	31,90	29,1
Время остановок	14,60	14,60	8,10	12,00	24,00	10,80	22,40	15,2
Время простоев, всего	19,10	25,80	51,20	28,70	27,10	20,40	32,70	29,3
– в т.ч. по техническим причинам	15,00	18,50	45,10	20,90	22,50	20,40	19,70	23,2
– в т.ч. по организационным причинам	3,10	6,30	0,70	2,50	2,50	0	6,00	3,0
– в т.ч. по технологическим причинам	1,00	2,00	5,40	5,30	2,10	0	7,00	3,1

Эти данные свидетельствуют, что доля времени работы машинно-тракторных агрегатов занимает по некоторым технологическим операциям (дискование, вспашка, культивация, прикатывание) в среднем больше половины суточной занятости фермера (59,3…68,8%), а на боронование, посев и уборку – 40,7...48,9%. При этом соотношении за-

трат времени на холостые ходы и основную работу в среднем по всем технологическим операциям составило 1:1,1. Это объясняется в основном удаленностью земельных участков (свыше 10 км) от производственных баз крестьянских хозяйств. На повороты и заезды агрегатов в загон, холостые ходы, обусловленные сложной конфигурацией участков, перемещения от места использования сеялок к месту их наполнения семенами, переезды, связанные с переездом зерноуборочных комбайнов к месту разгрузки зерна из бункера, в сумме составляют 5…10% времени.

При работе машинно-тракторных агрегатов неизбежны остановки, вызванные технологическими причинами (загрузка сеялок семенами, выгрузка зерна из бункера, технологические регулировки), проверкой качества работы. Кроме того, фермер периодически останавливает агрегат для отдыха и личных надобностей, а также для приема пищи. Время остановок агрегатов по названным причинам в структуре времени их использования в течение суток по отдельным операциям составляет от 8,1 до 24% при среднем значении в 15,2%. Например, фермеры загружают семена в сеялку вручную, поэтому в относительных величинах за время работы посевного агрегата за сутки загрузка сеялок составляла более 41% времени остановок, а при уборке зерновых культур на выгрузку зерна из бункера, технологические регулировки и контроль качества уборки приходилось около 62% времени остановок.

Анализ простоев позволил установить, что простои, связанные с техническим причинам, занимают 19…51% от суммарного времени использования машинно-тракторных агрегатов. На проведение ежесменного технического обслуживания (в нашем случае следует называть ежесуточным обслуживанием) машинно-тракторных агрегатов фермеры затрачивали от 40 до 50 мин, из которых более 40% времени приходилось на заправку трактора и комбайна топливом вручную. Это приводило кроме потерь времени к значительным потерям (до 3% на каждую заправку) нефтепродуктов.

Комплектование, агрегатирование и регулировка машин, входящих в состав агрегата, составляло 16...38% от продолжительности простоев. Это объясняется необходимостью установки на машины рабочих органов и элементов гидроаппаратуры (цилиндры, шланги) непосредственно перед выездом в поле, а не заранее во избежание разукомплектования их посторонними лицами. Комплектовать бороновальный агрегат фермеры в большинстве случаев, из-за невозможности его переезда в собранном виде, вынуждены непосредственно в поле, что с учетом времени переезда от места хранения агрегата до места его использования и обратно составляло в среднем более 31% времени использования бороновального агрегата.

Некачественное проведение предыдущих технологических операций приводит к простоям агрегатов при выполнении последующих операций. Подобное наблюдалось при боронавании и культивации, в результате на устранение технологических отказов по этим операциям затрачивалось до 5% рабочего времени. Из-за недостаточной квалификации фермеров при уборке засоренных участков наблюдались частые забивания подборщиков и молотильных барабанов зерноуборочных комбайнов. В итоге из-за этого терялось до 7% от времени использования зерноуборочных комбайнов.

К простоям машинно-тракторных агрегатов по организационным причинам, обусловленным ожиданием технологического транспорта при уборке и отсутствием семян при посеве зерновых, нами отнесены простои агрегатов при подготовке участка к работе (отбивка за-

гонов, поворотных полос и контрольных линий). На подготовку участка к работе фермеры затрачивали до 3% времени использования агрегатов. На уборке зерновых были отмечены простои комбайнов по метеорологическим причинам, когда приходилось ожидать подсыхания хлебной массы после небольшого дождя или выпадения росы. При выполнении остальных технологических операций при выпадении осадков работа прекращалась, и агрегат возвращался на базу крестьянского хозяйства, где фермер занимался другой работой. В целом время простоев агрегатов в структуре времени их использования на различных технологических операциях в среднем составляет около 30%, а по операциям это доля варьирует от 19…20% на дискование и прикатывание и от 26 до 29% – на культивацию, вспашку и посев. При этом простои при бороновании составляют более 50% времени использования машинно-тракторного агрегата.

Полученные результаты позволяют утверждать, что из-за организационно-технологической специфики использования техники именно в условиях фермерских хозяйств [11] реальная производительность агрегатов (в расчете за час основной работы) колеблется в диапазоне 75…93% от аналогичного показателя, определенного применительно к крупным хозяйствам. Если оценивать реальную производительность в расчете на час работы агрегата в течение суток, то она составляет всего лишь от 25, 30, 39, 41, 47, 58, 76% соответственно на посев, уборку, боронование, культивацию, вспашку, прикатывание, дискование.

Основная причина невысокой фактической производительности машинно-тракторных агрегатов состоит в больших, в сравнении с крупными хозяйствами, потерях времени использования машинно-тракторных агрегатов в течение суток. Речь идет как о рабочем времени фермера, так о времени использования машин при выполнении технологических операций. В результате фактическая производительность машинно-тракторных агрегатов в фермерских хозяйствах существенно снижается. Реальным способом восполнить эти потери является использование не малопроизводительных и малогабаритной техники, а напротив, энергонасыщенных и высокопроизводительных машин и механизмов.

Список литературы

1. Сазонов, С. Н. Фермерское движение в России / С. Н. Сазонов [Текст]. – М. : РАСХН, 1995. – 80 с.

2. Краткий справочник. Мировое сельское хозяйство. Сер. Механизация и электрификация [Текст] – М., 1990. – 99 с.

3. Теория и практика использования техники в крестьянских хозяйствах [Текст] / С. Н. Сазонов, А. В. Балашов, Д. Д. Сазонова и др. – Тамбов : ВИИТиН, 1996. – 66 с.

4. Сазонов, С. Н. Два варианта развития фермерского движения / С. Н. Сазонов [Текст] // АПК: экономика, управление. – 1994. – № 7. – С. 7 – 10.

5. Сазонова, Д. Д. Ретроспективный анализ оснащенности фермерских хозяйств машинами и механизмами [Текст] / Д. Д. Сазонова, С. Н. Сазонов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2015. – № 2. – С. 91 – 112.

6. Сазонова, Д. Д. Итоги деятельности фермерских хозяйств Тамбовской области [Текст] / Д. Д. Сазонова, С. Н. Сазонов // Наука в центральной России. – 2016. – № 5. – С. 44 – 54.

7. Сазонов, С. Н. Динамика землепользования и оснащения техникой фермерских хозяйств / С. Н. Сазонов, Д. Д. Сазонова [Текст] // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – №7. – С. 38 – 40.

8. Ерохин, Г. Н. Моделирование потерь зерна за зерноуборочными комбайнами [Текст] / Г. Н. Ерохин, С. Н. Сазонов, В. В. Коновский // Вестник МичГАУ. – 2014. – № 2. – С. 65 – 68.

9. Ерохин, Г. Н. Мониторинг показателей надежности зерноуборочного комбайна Acros 530 [Текст] / Г. Н. Ерохин, В. В. Коновский // Наука в центральной России. – 2014. – № 1(7). – С. 16 – 20.

10. Сазонов, С. Н. Организационно-правовая структура фермерского землепользования [Текст] / С. Н. Сазонов, Д. Д. Сазонова // Наука в центральной России. – 2014. – № 5. – С. 38 – 47.

11. Справочник фермера [Текст] / В. Н. Кузьмин и др. – М., 2017. – 708 с.

А. В. Сясин, А. И. Завражнов
(Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия)

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ОБРЕЗКИ И РАСКОРЧЕВКИ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Аннотация. В статье дано описание технологии и установки для производства топливных брикетов из отходов обрезки и раскорчевки плодовых садов.

Ключевые слова: топливный брикет, плодовые деревья, энергосбережение.

Современный промышленный сад является системой, включающей в себя ряд энергозатратных и трудоемких технологических операций. К ним можно отнести обрезку и раскорчевку старых деревьев [1].

Рациональное использование отходов обрезки и раскорчевки садовых насаждений, в том числе измельченной древесины мелких фракций и коры, является одной из важнейших задач комплексного подхода к вопросу закладки новых промышленных садов интенсивного типа [2].

После проведения обрезки и раскорчевки садов возникает проблема утилизации древесных отходов. Традиционно отходы раскорчевки и обрезки плодовых деревьев сжигаются на территории сада. Данный метод является нецелесообразным по целому ряду факторов, таких как интенсивное использование тяжелой техники, вызывающее уплотнение почвы, сжигание древесных отходов, приводящее к температурному повреждению верхних слоев почвы. Так же стоит учесть и значительные затраты, связанные с расчисткой садовой территории от древесных отходов [4].

Особенности утилизации древесных отходов, получаемых в садах при раскорчевке:

1. Удаленность территории от предприятий по переработке древесины.
2. Отсутствие доступа к энергоресурсам (электричество) для обеспечения работы агрегатов.
3. Необходимость возведения специальных площадок под крышей и с твердым покрытием для переработки древесных отходов.

На сегодняшний день существует несколько направлений использования древесины плодовых деревьев.

Заделка измельченной щепы в почву в качестве удобрения. Такой способ имеет ряд негативных особенностей: значительное внесение щепы в почву приводит к ее засорению и делает участок непригодным к использованию. На разложение лигнина, содержащегося в древесине, требуется значительное количество времени.

Для производства ДСП, ДВП при измельчении древесины, мелкокусковых отходов (вершины, горбыль, ветки и стволы древесины) в технологическую щепу используется рубильная машина. Технологическую щепу можно использовать также в качестве топлива в мобильных тепловых станциях, водогрейных котлах, газогенераторах [1].

Древесина плодовых деревьев широко используются в столярном и плотничном деле и для копчения мясных продуктов.

При использовании опилок, стружки и щепы за пределами территории раскорчевки, даже на сравнительно небольшом расстоянии, всегда возникают трудности в перевозке рыхлого материала. Грузоподъемность транспорта в этом случае используется неэффективно. Сухие опилки, щепа, и особенно древесная пыль, подвержены самовоспламенению.

По предварительным подсчетам из 1 га среднерослых садов при раскорчевке получается ~31 м^3 древесины, масса которой равна 20,77 т [3].

Альтернативным методом утилизации отходов при обрезке и раскорчевке старых садовых насаждений является изготовление топливных брикетов. В представленной ниже таблице дан ряд характеристик традиционного и альтернативного топлива.

1. Сравнительная характеристика традиционного и альтернативного видов топлива

Вид топлива	Теплота сгорания, ккал/кг	Сера, %	Зола, %
Каменный уголь	3579…5967	1…3	10…35
Бензин	10 143	0,2	1,0
Мазут	10 023	1,2	1,5
Щепа древесная	2387	0	2,0
Топливные брикеты	4177…4496	0,1	1,0
Природный газ	7353…9069	0	0

Проанализировав данные таблицы, можно сделать ряд выводов:

1) древесные брикеты, формируемые при обрезке деревьев в плодовых садах, переработке сучьев и стволов на щепу и др., не включают в себя никаких вредных веществ, поэтому экологически безопасны;

2) топливные брикеты по температуре сгорания сопоставимы с традиционными видами топлива (дрова, каменный уголь и др.);

3) низкая зольность (0,1%);

4) сравнительно низкая себестоимость производства;

5) экономия средств, затрачиваемых на отопление помещений в холодное время года.

Традиционная технология брикетирования включает в себя ряд технологических операций, показанных на схеме (рис. 1).

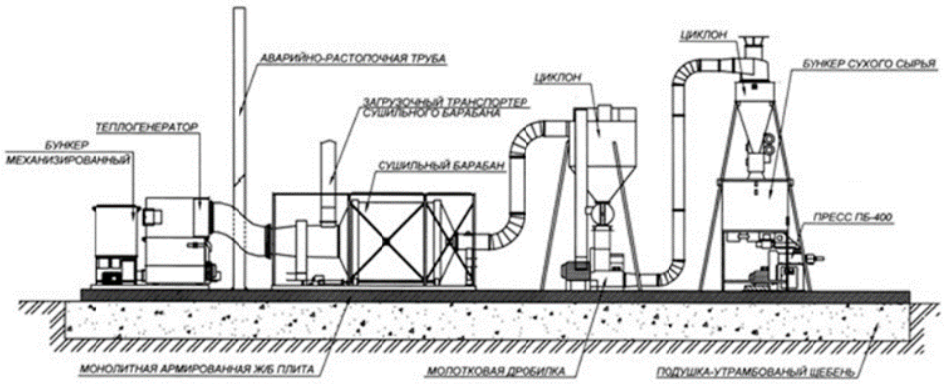


Рис. 1. Схема производства топливных брикетов

Производство брикетов по данной технологии имеет ряд недостатков:

1. Требуется многоступенчатое измельчение древесины. В качестве сырья подходит только древесина мягких пород деревьев (сосна, береза и т.д.).

2. Необходимость сушки до 5% значительно повышает энергозатраты на производство.

3. Усилие формирования топливных брикетов в 120 МПа и нагрев рабочих органов пресса до 350 °С приводит к их быстрому изнашиванию и необходимости дорогостоящего ремонта.

На основании анализа существующих технологий и современных требований предлагается следующая технология переработки древесных отходов плодовой древесины (рис. 2).

Рис. 2. Разрабатываемая технология производства топливных брикетов

Преимущества новой технологии: возможность работы непосредственно на месте раскорчевки; сравнительно низкие требования к влажности сырья; использование экологически чистой упаковки защищает брикет от влаги, разрушения при перевалках и транспортировке; придает брикетам дополнительную прочность; нет необходимости сушки сырья, что снижает затраты на производство, упрощает и ускоряет изготовление брикета; отсутствие предварительного нагрева сырья.

Для определения параметров формирования топливных брикетов из отходов раскорчевки и обрезки плодовых деревьев по разработанной технологии была изготовлена установка (рис. 3) [6].

Рис. 3. Общий вид установки с тензоизмерительным комплексом для получения топливных брикетов

Установка работает следующим образом: сырье поступает в зону питателя *8*, где толкателем *7* через тензометрическое звено *6* с помощью гидроцилиндра *5* перемещается к формовочному конусу *9*. Далее брикет поступает в зону выдержки *10*, где происходит снятие внутренних нагрузок в брикете. Затем брикет упаковывают в экологичный материал. Нагрузки при формировании топливного брикета фиксируются с помощью тензометрического датчика *6*, передаются на весовой терминал *12* и далее обрабатываются на компьютере *13* в соответствующей программе.

Представленная установка позволит определить зависимость качественных показателей производимых топливных брикетов от состояния исходного сырья.

Разрабатываемая технология позволит производить топливные брикеты непосредственно на месте раскорчевки. Имеет сравнительно низкие требования к качеству сырья. Подходит для всех пород древесины. Влажность исходного материала может быть до 30%. Отсутствие нагрева опилок в процессе формирования топливного брикета позволит значительно увеличить срок службы рабочего органа брикетирующего пресса. Плотность получаемых брикетов составила 950 кг/м^3.

Тема энергосбережения в настоящее время очень актуальна и, как следствие, тема использования вторичного сырья [6]. При использовании разрабатываемой технологии и технического средства появляется возможность превратить тысячи тонн древесных опилок и древесных отходов в высококалорийное топливо.

Список литературы

1. Гомонай, М. В. Древесное биотопливо: брикеты и гранулы / М. В. Гомонай. – М., 2007. – 90 с.
2. Завражнов, А. И. Проблемы механизации и формирование технологии и системы машин для интенсивного садоводства / А. И. Завражнов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 2. – С. 15 – 18.
3. Завражнов, А. И. Исследования процесса получения топливных брикетов из отходов раскорчевки плодовых садов / А. И. Завражнов, А. В. Сясин // Вестник МичГАУ. – № 2. – 2014.
4. Никишов, В. Д. Комплексное использование древесины / В. Д. Никишов. – М. : Лесная промышленность, 1985.
5. Лесосечные машины в фокусе биоэнергетики: конструкции, проектирование, расчет : учеб. пособие / В. С. Сюнев, А. А. Селиверстов, Ю. Ю. Герасимов, А. П. Соколов. – Йоэнсуу : НИИ леса Финляндии METLA, 2011. – 143 с.
6. Сясин, А. В. Технология переработки отходов обрезки и раскорчевки плодовых садов / А. В. Сясин // Вестник сельского развития и социальной политики / Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина. – 2017. – С. 65 – 67.
7. Сясин, А. В. К вопросу утилизации отходов раскорчевки садов / А. В. Сясин // Сборник научных трудов, посвященный 85-летию Мичуринского государственного аграрного университета : в 4 т. – Мичуринск, 2016.

К. Н. Тишанинов, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. Лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве,
А. В. Анашкин, канд. техн. наук, вед. науч. сотр. Лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве
(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов, Россия)

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕЛИТЕЛЯ СО СТАЦИОНАРНОЙ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ЕМКОСТЬЮ

Аннотация. Для решения проблемы управления массовыми потоками зерна разработан ряд устройств. Обоснование конструктивных параметров одного из делителей приведено в данной работе.

Ключевые слова: делитель потока сыпучих материалов, управление массовыми потоками зерна.

На предыдущих этапах исследований в ФГБНУ ВНИИТиН были разработаны устройства для разделения потока зерна с грузовоспринимающей системой и подвижной стабилизирующей емкостью (патент РФ № 2341954 [1 – 5]). Данные делители обладают рядом недостатков. В целях упрощения их конструкции, повышения надежности работы, уменьшения затрат на изготовление и упрощения монтажа было предложено техническое решение со стационарной стабилизирующей емкостью.

Принципиальная схема устройства представлена на рис. 1. Оно состоит из стабилизирующей емкости *1* и боковой стенки *2*, представляющей сменную панель с различными вариантами выполненных в ней отводящих отверстий.

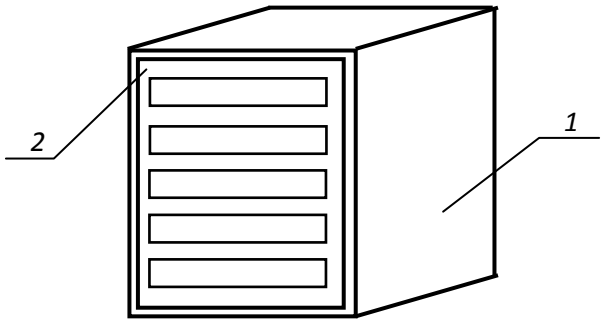


Рис. 1. Принципиальная схема делителя со стационарной стабилизирующей емкостью:
1 – стабилизирующая емкость; *2* – боковая стенка

Делитель работает следующим образом. По мере накопления зерна в стабилизирующей емкости *1* возрастает число задействованных отверстий в боковой стенке *2*, через которые происходит истечение зерна. При этом увеличивается расход зерна из стабилизирующей емкости *1*. Когда уровень слоя зерна падает, уменьшается число задействованных отводящих отверстий и интенсивность истечения уменьшается. Таким образом, происходит процесс авторегулирования расходных характеристик делителя за счет поддержания уровня слоя зерна в заданном диапазоне.

При исследовании делителя со стационарной стабилизирующей емкостью были использованы сменные панели, которые показаны на рис. 2.

Для обоснования конструктивно-режимных параметров нового делителя вычислим суммарную площадь отверстий ($S_о$). Примером для расчета служит делитель с пружинной грузовоспринимающей системой. Диаметр его отводов $d_{отв} = 104$ мм, тогда максимальная площадь истечения зерна ($S_{отв}$) через отводы делителя с пружинной грузовоспринимающей системой

$$S_{отв} = 2\frac{\pi d_{отв}^2}{4} = 16\ 981\ \text{мм}^2. \quad (1)$$

Принимаем интенсивность истечения через вертикально-расположенное отверстие в 4 раза меньшей, чем через отвод делителя с пружинной грузовоспринимающей системой при той же площади истечения.

$$S_о = 4S_{отв} = 67\ 924\ \text{мм}^2. \quad (2)$$

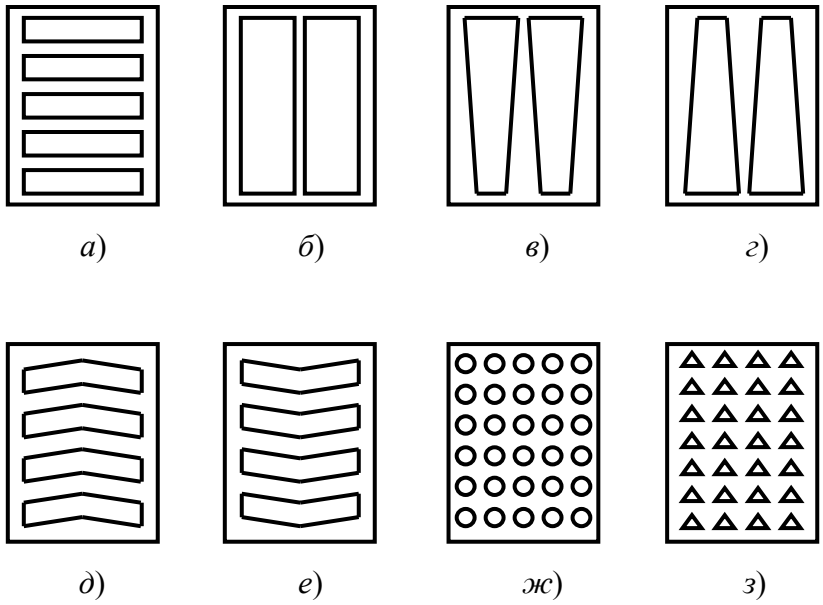


Рис. 2. Различные варианты сменных панелей:

а – с горизонтальными отверстиями; *б* – с вертикальными отверстиями; *в* – с вертикальными отверстиями, расширяющимися к верху; *г* – с вертикальными отверстиями, расширяющимися к низу; *д* – с отверстиями, расположенными под углом и направленными вниз; *е* – с отверстиями, расположенными под углом и направленными вверх; *ж* – с круглыми отверстиями; *з* – с треугольными отверстиями

Для вариантов сменных панелей с горизонтальными отверстиями, с отверстиями расположенными под углом естественного откоса и направленными вниз, с отверстиями расположенными под углом естественного откоса и направленными вверх (рис. 2, *а*, *д*, *е*) примем количество отверстий *n* равным 5, расстояние между отверстиями *h* = 80 мм, угол откоса $\alpha = 20°$, высоту а равной 40 мм, тогда ширина сечения *b* получится

$$b = \frac{S_о}{n\,a} = \frac{67\ 924\ \text{мм}^2}{5 \cdot 40\ \text{мм}} \approx 340\ \text{мм}. \quad (3)$$

Рассмотрим работу делителя с горизонтальными отверстиями (рис. 2, *а*). Зерно в стабилизирующей емкости располагается асимметрично (рис. 3).

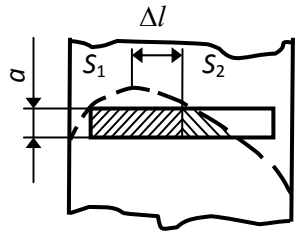


Рис. 3. Расположение зерна в емкости с горизонтальными отверстиями

Из рисунка 3 видно, что $S_1 \approx S_2 + \Delta l a$. Расход через отверстие (W) прямо пропорционален площади истечения (S), поэтому соотношение расходов через левый и правый отводы для одного отверстия

$$\frac{W_{\text{л}}}{W_{\text{п}}} = \frac{S_1}{S_2} \approx 1 + \frac{\Delta l\, a}{S_2}. \qquad (4)$$

Величина $\frac{\Delta l\, a}{S_2}$ определяет неточность разделения потока сыпучих материалов и должна стремиться к минимальному значению:

$$\frac{\Delta l\, a}{S_2} \to \min, \qquad (5)$$

=> 1) $\Delta l \to \min$, конструктивно необходимо заложить возможность равномерного распределения зерна по поверхности стабилизирующего слоя; подаваемый в стабилизирующую емкость поток должен быть максимально приближен к середине;

2) $a \to \min$, высота прямоугольного сечения отверстия выбирается минимальной из диапазона исследуемых высот.

Отверстия, расположенные под углом естественного откоса и направленные вниз, преимуществом в сравнении с прямоугольными отверстиями не обладают. При асимметричной подаче зерно будет расходоваться через один отвод (рис. 4).

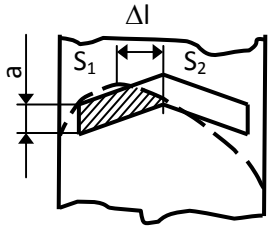


Рис. 4. Расположение зерна в емкости с отверстиями рис. 2, *д*

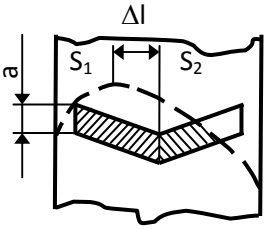


Рис. 5. Расположение зерна в емкости с отверстиями рис. 2, *е*

В случае с отверстиями, расположенными под углом естественного откоса и направленными вверх (рис. 5), соотношение расходов через левый и правый отводы для одного отверстия такое же, как у горизонтального отверстия с прямоугольным сечением:

$$\frac{W_{\text{л}}}{W_{\text{п}}} = \frac{S_1}{S_2} \approx 1 + \frac{\Delta l\, a}{S_2}. \qquad (6)$$

Во втором приближении примем высоту a = 20 мм, b = 340 мм, расстояние между отверстиями h = 40 мм, число отверстий n = 10. Меньшая высота отверстия предполагает более точное разделение, в то время как меньшее расстояние между отверстиями может привести к некачественному протеканию процесса из-за того, что потоки зерна $П_1$…$П_5$ могут друг с другом пересекаться (рис. 6).

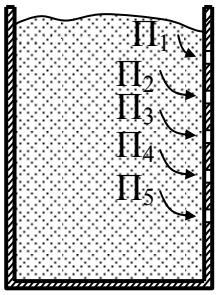


Рис. 6. Истечение зерна из емкости

Сменные панели с вертикальными отверстиями, расширяющимися к верху, и с вертикальными отверстиями, расширяющимися к низу (рис. 2, *б*, *в*, *г*), лишены этого недостатка. Параметры вертикальных отверстий будем подбирать из условия, что площадь истечения должна быть не больше максимальной (S_o). Примем высоту вертикального отверстия прямоугольного сечения a = 600 мм, тогда ширина b получится

$$b = \frac{S_o}{2a} = \frac{67\ 924\ \text{мм}^2}{2 \cdot 600\ \text{мм}} \approx 55\ \text{мм}. \quad (7)$$

Для вертикальных отверстий, расширяющихся к верху и к низу, примем угол сужения β = 2°, тогда получим основания отверстий b_1 и b_2:

$$b_1 = b + 2 \cdot \frac{a}{2} \text{tg}\beta \approx 75\ \text{мм}; \quad (8)$$

$$b_2 = b - 2 \cdot \frac{a}{2} \text{tg}\beta \approx 35\ \text{мм}. \quad (9)$$

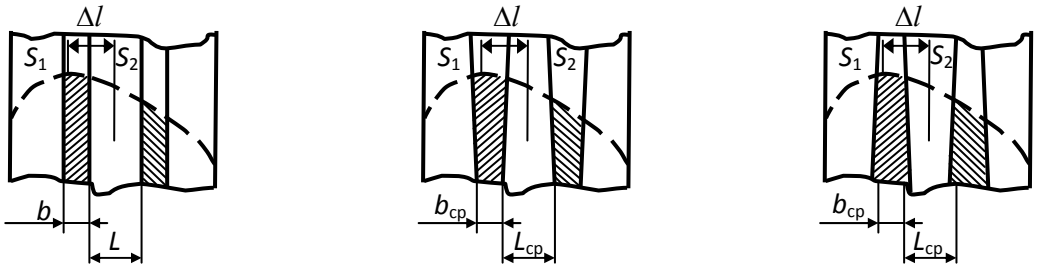


Рис. 7. Расположение зерна в емкости с отверстиями рис. 2, *б*, *в*, *г*

Из рисунка 7 видно, что чем меньше расстояние между отверстиями L и чем меньше ширина отверстий b, тем соотношение расходов ($W_л/W_п$) через левый и правый отводы ближе к 1. Отверстие, расширяющееся к верху, быстрее реагирует на изменение подачи. В зоне эффективной работы триерных блоков (21 т/ч) ширина расширяющегося отверстия $b_{ср}$ сравнима с шириной вертикального, поэтому можно говорить об одинаковом качестве разделения потока зернового материала. Отверстие, расширяющееся к низу, более точно делит при повышенных подачах и медленнее реагирует на изменение подачи.

Рассмотрим сменные панели с круглыми и треугольными отверстиями (рис. 2, *ж*, *з*). Количество круглых отверстий *n* примем равным 48. Тогда диаметр *d* одного отверстия получится

$$d = \sqrt{\frac{4S_{\text{о}}}{\pi \cdot 48}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 67\ 924\ \text{мм}^2}{3{,}14 \cdot 48}} \approx 42\ \text{мм}. \qquad (10)$$

Количество треугольных отверстий *n* примем равным 30. Тогда основание равностороннего треугольника *a* будет равняться

$$a = \sqrt{\frac{4S_{\text{о}}}{\sqrt{3} \cdot 30}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 67\ 924\ \text{мм}^2}{\sqrt{3} \cdot 30}} \approx 72\,\text{мм}. \qquad (11)$$

При асимметричной подаче зерна в стационарную емкость круглые и треугольные отверстия некачественно делят поток зернового материала на поверхности стабилизирующего слоя (рис. 8 и 9). Большое количество отверстий приводит к образованию множества потоков зерна внутри стационарной емкости, что может негативно сказаться на качестве разделения.

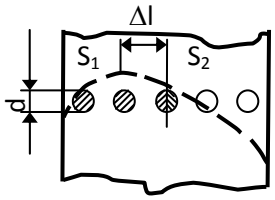


Рис. 8. Расположение зерна в емкости с круглыми отверстиями

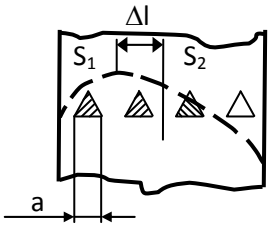


Рис. 9. Расположение зерна в емкости с треугольными отверстиями

Теоретический анализ различных исполнений сменной стенки показал, что наиболее приемлемым видом отверстий в боковой стенке являются горизонтальные отверстия.

Список литературы

1. Пат. 2341954 Российская Федерация, МПК C 1, A 01 F 12/46. Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Завражнов А. И., Тишанинов К. Н. – № 2006146774 ; заявл. 26.12.2006 ; опубл. 27.12.2008, Бюл. № 36.
2. Пат. 2412582 Российская Федерация, МПК C 2, A 01 F 12/46. Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Тишанинов Н. П., Ведищев С. М., Тишанинов К. Н., Кропоткин О. Н. – № 2009118684/21 ; заявл. 18.05.2009 ; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6.
3. Пат. 2437271 Российская Федерация, МПК C 1. Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Тишанинов Н. П., Тишанинов К. Н. – № 2010107918/13 ; заявл. 03.03.2010 ; опубл. 27.12.2011, Бюл. № 36.
4. Пат. 2525728 Российская Федерация, МПК C 1. Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Тишанинов Н. П., Анашкин А. В., Тишанинов К. Н. – № 2013109996/13 ; заявл. 05.03.2013 ; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 23.
5. Пат. 2549284 Российская Федерация, МПК C 2. Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Тишанинов Н. П., Анашкин А. В., Тишанинов К. Н. – № 2013114867/13 ; заявл. 02.04.2013 ; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 28.

Н. П. Тишанинов, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр. Лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве,
А. В. Анашкин, канд. техн. наук, вед. науч. сотр. Лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве
(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов, Россия)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА СИЛЫ ТРЕНИЯ ПОКОЯ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Разработаны новые приборы для определения коэффициента силы трения покоя частиц сыпучих материалов по различным поверхностям. Уточнены физико-механические свойства зерновых материалов.

Ключевые слова: прибор, коэффициент силы трения покоя, зерно.

Одной из наиболее важных характеристик сыпучего материала является коэффициент силы трения покоя частиц по рабочей поверхности. Существующее оборудование [1 – 4] для определения коэффициента силы трения покоя имеет ряд недостатков и не обеспечивает точности и стабильности измерений.

Нами разработаны три новых прибора для определения коэффициента силы трения покоя зерновых материалов и с их помощью проведены экспериментальные исследования трения пшеницы и ячменя по различным металлическим и неметаллическим поверхностям.

На рисунке 1 показан общий вид прибора для определения коэффициента силы трения покоя ($f_{тр}$) по желобам исследуемого материала [5].

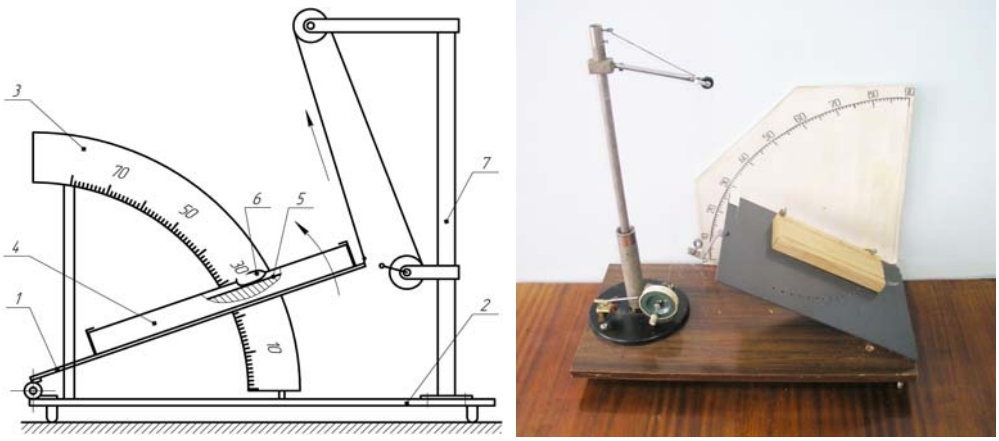


Рис. 1. Прибор для определения коэффициента силы трения покоя

Коэффициент силы трения покоя зерна определяется следующим образом. В продольные пазы *5* пластины *4*, закрепленной на предварительно опущенной в нижнее положение платформе *1*, укладывают частицы *6* исследуемого сыпучего материала. Затем тяговым устройством *7* медленно поднимают платформу до момента начала скольжения частиц *6* по продольным пазам *5*. При этом углы (α) начала скольжения частиц регистрируют по шкале *3*. По зарегистрированным значениям углов определяют среднюю величину $\overline{\alpha}$, по которой рас-

считывают коэффициент силы трения покоя по формуле $f_{тр}$ = arctgα. Полученные экспериментальные данные представлены в табл. 1.

1. Результаты исследований коэффициента силы трения покоя при перемещении частиц по желобам

№	Вид поверхности	Вид культуры	Диапазон углов ската α, °	Среднее значение коэффициента трения	Среднее квадратическое отклонение	Коэффициент вариации значений, %
1	Сталь с наличием коррозии	Ячмень	24…48	0,761	0,119	19,76
		Пшеница	28…45	0,789	0,142	18,23
2	Сталь оцинкованная	Ячмень	24…34	0,572	0,050	8,49
		Пшеница	28…43	0,633	0,075	11,52
3	Сталь необработанная	Ячмень	25…41	0,556	0,089	16,01
		Пшеница	25…37	0,599	0,059	10,13
4	Сталь шлифованная	Ячмень	15…23	0,322	0,018	7,77
		Пшеница	17…24	0,382	0,029	7,88
5	Сталь полированная	Ячмень	18…26	0,403	0,021	4,74
		Пшеница	16…22	0,344	0,015	4,47
6	Сталь окрашенная	Ячмень	27…34	0,576	0,049	8,47
		Пшеница	22…34	0,552	0,063	11,52
7	Дерево (дуб)	Ячмень	29…44	0,761	0,048	6,49
		Пшеница	23…34	0,557	0,037	6,67
8	Резина	Ячмень	33…42	0,679	0,066	8,82
		Пшеница	33…44	0,767	0,064	8,15

В результате исследований установлено, что размерные характеристики зерновок, как и значение диаметра желоба, не оказывают существенного влияния на величину получаемых значений коэффициента трения. Значение $f_{тр}$ для исследуемых культур по различным поверхностям близки. С уменьшением шероховатости исследуемой поверхности величина коэффициента трения покоя снижается. Причем значения коэффициента трения пшеницы по ржавой стальной поверхности в 2,29 раза выше по сравнению с полированной, для ячменя – в 1,89 раза. Величина $f_{тр}$ по окрашенной стали сопоставима с величиной $f_{тр}$ по холоднокатаной необработанной стали (при исследовании ячменя разность этих значений не превышает 3,47%, пшеницы – 7,85%). В случае с деревянной поверхностью величина $f_{тр}$ для пшеницы оказалась на 26,8% ниже, чем для ячменя, а с резиной – на 11,5% выше.

При обработке результатов отмечена некоторая нестабильность получаемых значений $f_{тр}$. Коэффициент вариации изменялся в диапазоне 2,01…29,15%. Это связано с неточным размещением зерновок в желобе из-за сложного рельефа их поверхности, эффектом заклинивания, а также с ограниченной возможностью обеспечения плавного подъема площадки.

Другой разработанный нами прибор [6] и использованный при исследованиях коэффициента силы трения покоя отличается от рассмотренного первым тем, что зерновки фиксируются в слое вязкопластичного материала и перемещаются по плоской поверхности.

Исследования с помощью прибора с фиксацией зерновок в вязкопластичном материале проводили на тех же средах и поверхностях.

При этом определялось влияние фактора пространственной ориентации зерновок относительно исследуемых поверхностей, площади контакта (количество контактирующих зерен) на точность измерений и величину коэффициента силы трения покоя. Изменялось количество контактирующих зерновок (от 4 до 32 шт.), ориентация их расположения в вязкопластичном материале (бороздкой вниз/вверх относительно исследуемой поверхности; длинной осью по ходу и поперек движения по наклонной плоскости). Полученные результаты свидетельствуют о том, что площадь контакта исследуемых материалов и способ расположения зерновок относительно направления движения короба не влияют на величину измеряемого коэффициента силы трения покоя ($f_{тр}$ изменяется в диапазоне 0,34…0,35), коэффициент вариации измерений не превысил 2,9%. В ходе дальнейших исследований отмеченные факторы во внимание не принимались.

Результаты исследований указанного прибора представлены в табл. 2.

2. Результаты исследования коэффициента трения покоя с фиксацией зерновок в вязкопластичном материале

№	Вид поверхности	Вид культуры	Диапазон углов ската α, °	Среднее значение коэффициента трения	Среднее квадратическое отклонение	Коэффициент вариации значений, %
1	Сталь необработанная	Ячмень	19…20	0,351	0,010	2,8
		Пшеница	17…18	0,319	0,008	2,5
2	Сталь оцинкованная	Ячмень	16…18	0,304	0,010	3,2
		Пшеница	19…20	0,357	0,007	1,9
3	Сталь окрашенная	Ячмень	18…19	0,336	0,010	2,9
		Пшеница	13…14	0,241	0,010	4,1
4	Дерево (дуб)	Ячмень	12…13	0,223	0,009	4,0
		Пшеница	13…14	0,238	0,010	4,2
5	Резина	Ячмень	23…24	0,424	0,008	1,8
		Пшеница	20…22	0,384	0,010	2,6

На рисунке 2 представлен прибор [7] для определения коэффициента силы трения покоя, разработанный нами на основе прибора, предложенного Р. Л. Зенковым [1, С. 45 – 47].

Прибор работает следующим образом. На платформу *1* устанавливают исследуемую поверхность. На нее устанавливают коробку *2* без днища, соединенную с грузовой чашкой *3* шнуром *4* через блок *5*. Винтовыми опорами *8* поднимают коробку *2* над исследуемой поверхностью на высоту, меньшую половины минимального размера исследуемых частиц. После загрузки исследуемого зернового материала в коробку устанавливается нажимная плат-

форма *6* с грузом *7*. Винтовые опоры *8* выкручиваются до момента исключения их соприкосновения с исследуемой поверхностью.

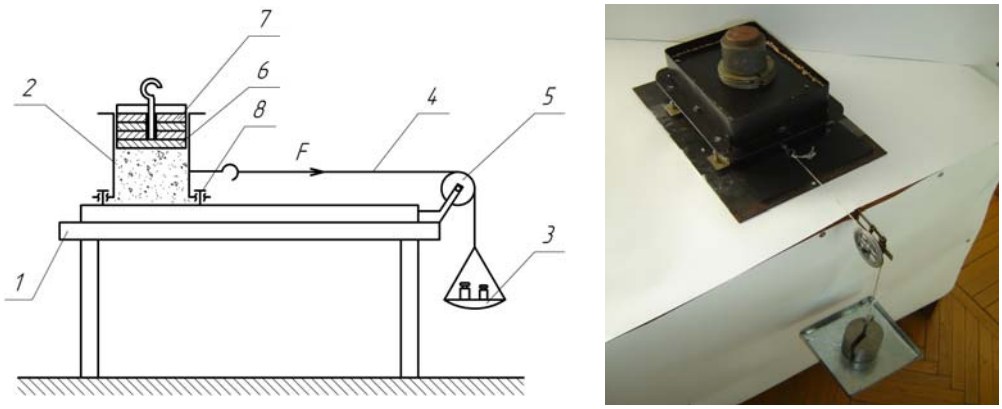


Рис. 2. Прибор для определения коэффициента силы трения покоя, исключающий погрешность контакта короба с поверхностью

В экспериментах масса короба составляла 1400 г, масса зерна – 2190 г, масса нажимной пластины – 435 г, масса тарелки – 222 г. Масса груза на нажимной пластине изменялась в диапазоне 0…3500 г.

Значения коэффициента силы трения покоя, полученные с помощью указанного прибора, оказались значительно ниже (табл. 3) значений коэффициента трения в желобах:

3. Результаты исследования коэффициента трения на модернизированном приборе

№	Вид поверхности	Масса гирь в тарелке $m_{г.тар}$	Масса гирь на нажимной пластине $m_{г.наж.пл}$	Коэффициент трения $f_{тр}$	Среднее квадратическое отклонение	Среднее значение $f_{тр.ср}$	Коэффициент вариации, %
1	Сталь холоднокатаная, необработанная	1160	0	0,319	0,047	0,368	1,4
		1420	380	0,362	0,015		4,1
		1680	960	0,370	0,015		4,0
		1700	2160	0,348	0,008		2,3
2	Сталь оцинкованная	840	380	0,234	0,004	0,228	1,7
		1160	2160	0,217	0,007		3,2
		3120	3120	0,228	0,012		5,2
		3500	3500	0,232	0,006		2,5
3	Дерево (дуб)	1200	0	0,343	0,01	0,345	2,9
		1440	380	0,362	0,01		2,8
		1520	1060	0,332	0,016		4,8
		1940	2160	0,339	0,009		2,6
4	Резина	1440	0	0,401	0,033	0,411	8,2
		1860	380	0,459	0,024		5,2
		1880	1150	0,394	0		0
		2000	1530	0,388	0,019		4,9

для холоднокатаной стали – в 2,78 раза, для дерева – в 1,62 раза, для резины – в 1,87 раза ниже. Это указывает на высокий уровень влияния эффекта заклинивания зерновок в желобах. В сравнении с прибором для определения коэффициента силы трения покоя с фиксацией зерновок в вязкопластичном слое получены сопоставимые значения.

Данные табл. 3 подтверждают, что величина груза $m_{г.наж.пл}$ не влияет на коэффициент силы трения покоя $f_{тр}$. Для стальных поверхностей все полученные значения находятся в узком диапазоне – 0,319…0,379. Значительно ниже получены значения $f_{тр}$ для оцинкованной стали, что очевидно связано с меньшей шероховатостью этой поверхности.

Заключение. Значения коэффициента силы трения покоя, полученные при фиксации зерновок в вязкопластичном слое, сопоставимы с величинами $f_{тр}$ при использовании модернизированного прибора Р. Л. Зенкова на одинаковых культурах и исследуемых поверхностях. Проведенные исследования позволяют утверждать о высокой стабильности получаемых значений с помощью прибора с фиксацией зерновок в вязкопластичном слое. Разность между границами диапазонов углов скатывания (α) в повторностях для разных исследуемых материалов и сред составляла 1…2º. Коэффициент вариации при этом находится в пределах 1,8…4,2%. Это подтверждает высокую точность полученных значений коэффициента силы трения покоя зерновых материалов.

Список литературы

1. Зенков, Р. Л. Механика насыпных грузов / Р. Л. Зенков. – М. : Машиностроение. – 1952. – 217 с.
2. А.с. 1523968 СССР, МКИ G 01 N 19/02. Способ определения сил трения покоя механических систем с конструктивной асимметрией / А. В. Ковтун, В. Ф. Греков, В. В. Барышников, В. А. Прокопов. – № 4326912/25-28 ; заявл. 12.10.1987 ; опубл. 23.11.1989, Бюл. 43.
3. Пат. 2254564 Российская Федерация, МПК G 01 N 19/02, 3/24. Способ определения механических характеристик предельного состояния сыпучего материала и устройство для его осуществления / Черкасов В. Г., Баландин О. А., Мязин В. П. – № 2003131554/28 ; заявл. 27.10.2003 ; опубл. 20.06.2005, Бюл. № 17.
4. А.с. 1415156 СССР, МКИ G 01 N 19/02. Устройство для определения коэффициента трения сыпучего материала / Л. Г. Кронов, В. П. Шишкин. – № 4198754/25-28 ; заявл. 24.02.1987 ; опубл. 07.08.1988, Бюл. 29.
5. Пат. 2488094 Российская Федерация, МПК G 01 N 19/02. Прибор для определения коэффициента силы трения покоя / Тишанинов Н. П., Амельянц А. Г., Анашкин А. В., Растюшевский К. А. – № 2012107007/28 ; заявл. 27.02.2012 ; опубл. 20.07.2013, Бюл. № 20.
6. Пат. 2247360 Российская Федерация, МПК G 01 N 19/02. Прибор для определения коэффициента силы трения покоя / Амельянц А. Г., Тишанинов М. А., Анашкин А. В. – № 2003109087/28 ; заявл. 31.03.2003; опубл. 27.02.2005. Бюл. № 6.
7. Пат. 2511615 Российская Федерация, МПК G 01 N 19/02. Прибор для определения коэффициента силы трения покоя / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин, А. Г. Амельянц. – № 2012145369/28 ; заявл. 24.10.2012 ; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 10.

С. Г. Хайруллина[1], магистр с.-х. наук,
аспирант ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
В. П. Капустин[2], д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Агроинженерия»,
С. П. Стрыгин[3], канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
А. А. Синельников[3], канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
([1]НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
имени Жангир хана», Уральск, Казахстан;
[2]Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия;
[3]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования
техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов, Россия)

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ПОСЕВА СЕМЯН СОИ

Аннотация. Важнейшее звено системы агротехнических мероприятий – посев, являющийся наиболее значимым технологическим процессом при возделывании сельскохозяйственных культур. В статье приведен анализ способов посева семян сои, выявлены их основные преимущества и недостатки.

Ключевые слова: анализ, способ посева, гнездовой посев, соя.

Введение

Посев – важнейшая агротехническая операция, от которой зависит урожайность. При посеве семян сои особенно важно правильно разместить семена в гнездах и высеять в каждое из них заданное число семян.

Среди агротехнических требований к посеву можно выделить четыре основных: равномерное распределение семян, соблюдение нормы высева, необходимая глубина заделки и время посева семян.

Выбор способов посева и установление норм высева – вопросы не только агротехнические, но и экономические. Прогрессивными способами посева или посадки считаются такие, которые обеспечивают получение хорошего урожая высокого качества при минимальных затратах.

Результаты и обсуждение

Высевают сою несколькими способами: рядовым, узкорядным, широкорядным, рядовым ленточным двухстрочечным, рядовым ленточным трехстрочечным, полосным, пунктирным, гребневым, квадратно-гнездовым и гнездовым [1].

Рядовой посев сои проводится на хорошо окультуренных почвах относительно чистых от сорняков при возделывании раннеспелых низкорослых сортов, которые высеваются зерновыми сеялками при высокой плотности стояния растений, что обеспечивает равномерное распределение большего количества растений по площади питания, а условия освещенности в большей степени соответствуют биологическим требованиям этих сортов.

На рядовых посевах сои раннеспелых сортов наблюдается низкое прикрепление бобов, что влияет на потери урожая при уборке [2, 3].

Узкорядный посев тоже эффективен вследствие более раннего затенения почвы, подавления развития сорняков, уменьшения испарения почвенной влаги и более эффективного использования солнечной энергии и питательных веществ почвы. При таком посеве урожаи увеличиваются на 10…20%, а затраты, вследствие исключения междурядных обработок, снижаются [4, 5].

При широкорядном способе посева ширина междурядий составляет более 15 см, чаще всего 30…45 см. Этот способ посева иногда используют при возделывании зерновых культур, для получения семян многолетних трав и других непропашных культур.

При большой засоренности посевов может проводиться междурядная обработка в начале вегетационного периода. Применительно к пропашным культурам широкорядными считаются посевы или посадки с шириной междурядий, превышающей обычную, установленную для каждой культуры [1, 6].

При ленточном посеве семена растений размещаются лентами в 2–3 рядка. Расстояние между отдельными рядками, «строчками», внутри каждой ленты от 7,5 до 15, а между лентами – 25…60 см и более.

Ленточный посев применяется для растений с небольшой площадью питания, но в связи с медленным их ростом в начальный период развития растения сильно угнетаются сорняками, и поэтому необходимо проводить их прополку. В зависимости от количества рядков в ленте посевы бывают двух-, трехстрочными и более [6].

Полосный посев используют при возделывании кормовых культур для повышения питательности корма. Так высевают кукурузу и сою, сорго и сою, кукурузу и кормовые бобы. При этом чередуют полосы злаков и бобовых, засеваемые одним или двумя проходами сеялки [7].

Известен пунктирный посев, при котором в каждое гнездо высевается по одному семени. Расстояние между семенами в ряду или шаг пунктира для семян сои 5 см, а расстояние между пунктирными рядами междурядье 45 см [7, 8].

При пунктирном способе посева сои повышение урожайности достигается за счет увеличения веса семян и дополнительных бобов с ветвей. В этом случае ветви являются довольно продуктивной частью растения [9, 10].

Однако при этом способе отмечается низкое прикрепление первых бобов, что приводит к большим потерям при механизированной уборке урожая, хотя жатка комбайна устанавливается на низкий срез [11]. Уборка сои при пунктирных посевах осуществляется с потерями, так как нижний срез растений ограничивается возможностью жатки зерноуборочного комбайна.

Гребневой посев проводится на специально образуемых гребнях в районах распространения избыточно увлажненных почв. Гребни быстрее прогреваются весной, в них создаются лучшие водно-воздушный и питательный режимы почв. Избыточная влага отводится по бороздам. Гребневой способ посева семян применяется на тяжелых плохо оструктуренных почвах [10, 11].

Известен квадратно-гнездовой посев сои, заключающийся в том, что семена высевают в почву отдельными группами по несколько штук (2 – 5) гнездами, а гнезда располагаются прямолинейно в продольном и поперечном направлениях по вершинам квадрата или четырехугольника [11].

Однако квадратно-гнездовой посев сои распространения не получил из-за отсутствия квадратно-гнездовых сеялок. Для квадратно-гнездового посева семян сои необходим высокий уровень плодородия почвы. В условиях дождливого лета невозможно провести междурядные обработки в двух направлениях [12].

Гнездовой способ посева характеризуется двумя размерами: шириной междурядий и расстоянием между гнездами, а также числом семян в гнезде [10]. Растения сои размещаются более разреженно в рядке, чем при пунктирном способе, а в гнезде растения размещены чаще. При этом количество растений в гнезде зависит от зон возделывания сои, а расстояние между гнездами от количества семян в гнезде. Чем больше семян в гнезде, тем больше расстояние между гнездами [9, 13].

При таком способе посева достигается лучшая освещенность, благодаря чему растения лучше развивают корневую систему и надземные части, что способствует высокому прикреплению нижних бобов на растениях и уменьшению потерь при уборке. Облегчается обработка посевов механизированным способом, а также требуется меньше семян на единицу площади, средств защиты для предпосевной обработки и инокулянтов, чем при рядовом способе посева [13, 14].

Заключение

Наиболее эффективным способом посева семян сои с агротехнической точки зрения является гнездовой, позволяющий равномерно распределять семена по площади питания с возможностью проводить междурядные обработки, отличающийся пониженной нормой высева и расходом средства защиты, а также обеспечивающий лучшую освещенность и высокое прикрепление нижних бобов.

Список литературы

1. Заверюхин, В. И. Сроки и способы сева сои / В. И. Заверюхин, А. С. Бардадименко // Технические культуры. – 1989. – № 1. – С. 14 – 16.

2. Технология высокобелковой сои / А. П. Устюжанин, В. Ф. Баранов, С. М. Березовская, Н. Ф. Гринев // Агрономическая тетрадь. – Краснодар : ИнформЛайн, 2005. – 112 с.

3. Баранов, В. Ф. О возможности и эффективности рядового сева сои / В. Ф. Баранов, А. Г. Ефимов // Земледелие. – 2004. – № 2. – С. 30–31.

4. Могутова, О. Б. Проявление хозяйственно ценных признаков сои в зависимости от сроков посева и площади питания растений // II съезд Вавилов. о-ва генетиков и селекционеров : тез. докл. – СПб, 2000. – Т. 3. – С. 248 – 250.

5. Овсянников, В. А. Сроки, способы и нормы посева сои / В. А. Овсянников // Вклад молодых ученых в развитие сибирской аграрной науки. – Новосибирск, 1999. – С. 64–65.

6. Пенчуков, В. М. Структура урожая сои при различных нормах и способах посева сои / В. М. Пенчуков, Н. В. Медянников // Селекция и агротехника сои. – Новосибирск, 1982. – С. 48 – 53.

7. Способы посева сои и пути совершенствования посевных машин / М. Г. Гершевич, Г. Ф. Калинич, Е. С. Довбенко, А. К. Слободян // Труды Приморского СХИ. 1974. – Вып. 29. – С. 102 – 106.

8. Шишлов, С. А. Совершенствование процесса посева сои пунктирно-полосным способом : дис. … канд. техн. наук: 05.20.01 / С. А. Шишлов. – Уссурийск, 2003. – 142 с.

9. Петриченко, В. Ф. Влияние способов сева и густоты стояния растений на структуру урожая сои / В. Ф. Петриченко // Генетика, селекция и технология возделывания сои на Украине и в Молдове : сб. науч. тр. ВСГИ. – 1991. – С. 79 – 82.

10. Поляков, А. И. Урожайность сои в зависимости от способов посева / А. И. Поляков, И. А. Полякова // Земледелие. – 1997. – № 6. – С. 21.

11. Пат. 2127032 Российская Федерация, МПК А 01 С 7/04. Способ высева семян и устройство для его осуществления / В. Д. Липин, С. А. Шишлов ; заявитель и патентообладатель Приморская государственная сельскохозяйственная академия. – № 97100615/13 ; заявл. 16.01.1997 ; опубл. 10.03.1999, Бюл. № 5. – 7 с. : ил.

12. Воложенин, А. Г. Основные вопросы агротехники сои в Приморском крае при комплексной механизации / А. Г. Воложенин // В сб. ст. «Соя». – М. : Сельхозгиз, 1963. – С. 76 – 84.

13. Исследование высевающего аппарата механической сеялки для гнездового посева семян сои / А. В. Балашов, С. П. Стрыгин, В. П. Капустин, С. Г. Хайруллина // Научно-практический журнал Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана. – 2018. – № 2(51). – 2018. – С. 108 – 112.

14. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров сеялки для гнездового посева семян сои / А. В. Балашов, С. П. Стрыгин, А. А. Синельников, Н. Ю. Пустоваров, С. Г. Хайруллина // Наука в центральной России. – 2017. – № 6. – С. 6 – 17.

А. А. Цыганова, студент кафедры «Архитектура и строительство зданий»,
Т. Ф. Ельчищева, канд. техн. наук, доц.
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ВИРТУАЛЬНОЕ (BIM) ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Аннотация. В статье описывается виртуальное проектирование современного сельскохозяйственного здания с разработкой несущих и ограждающих конструкций в виде параметрических объектов с заданными атрибутами.

Ключевые слова: BIM, сельскохозяйственное здание, несущие и ограждающие конструкции, параметрический объект.

Введение

Государства – члены Организации Объединенных Наций (ООН) 25 сентября 2015 г. приняли Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, которая 1 января 2016 года официально вступила в силу. Она содержит 17 поставленных целей в области устойчивого развития (ЦУР), направленных на ликвидацию нищеты, сохранение ресурсов планеты и обеспечение благополучия для всех людей. Одной из целей в области ЦУР является «Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства» [1]. Поэтому проектирование и строительство новых специализированных комплексов по производству сельскохозяйственной продукции, в том числе в нашей стране, является весьма актуальной задачей. Перспективно также применение BIM-технологий в проектировании, когда разработка всех элементов здания, в том числе его несущих и ограждающих конструкций, осуществляется в виде параметрических объектов с заданными атрибутами.

Характеристика места строительства, ситуационный план

В рамках учебного проектирования по дисциплине «Конструкции и инженерное оборудование сельскохозяйственных зданий» (направление подготовки 07.03.01 «Архитектура», профиль «Архитектурное проектирование») был разработан проект «Молочно-товарный комплекс на 1200 коров с отделением выращивания ремонтного молодняка». Участок по заданию на проектирование был выбран в Серпуховском районе Московской области, в Данковском сельском поселении рядом с деревнями Арнеево, Всходы и Петрухино (рис. 1) [2]. В районе проектирования развивается сельское хозяйство, особенное внимание уделяется разведению крупного рогатого скота. Карта сельскохозяйственного производства Московской области, по данным на 2004 года, представлена на рис. 2.

На первом этапе было выявлено местоположение района проектирования, а также его природно-климатические характеристики. Установлено, что Серпуховский район расположен в южной части Окско-Москворецкой равнины, на реке Наре, вблизи ее впадения в Оку. Площадь района составляет 1012,714 км². Наибольшая протяженность района с запада на восток – 39 км, с севера на юг – 48 км. Северная часть Серпуховского района расположена в лесной географической зоне, а южная – за Окой – в лесостепной географической зоне.

Рис. 1. Карта местности района проектирования (вид со спутника)

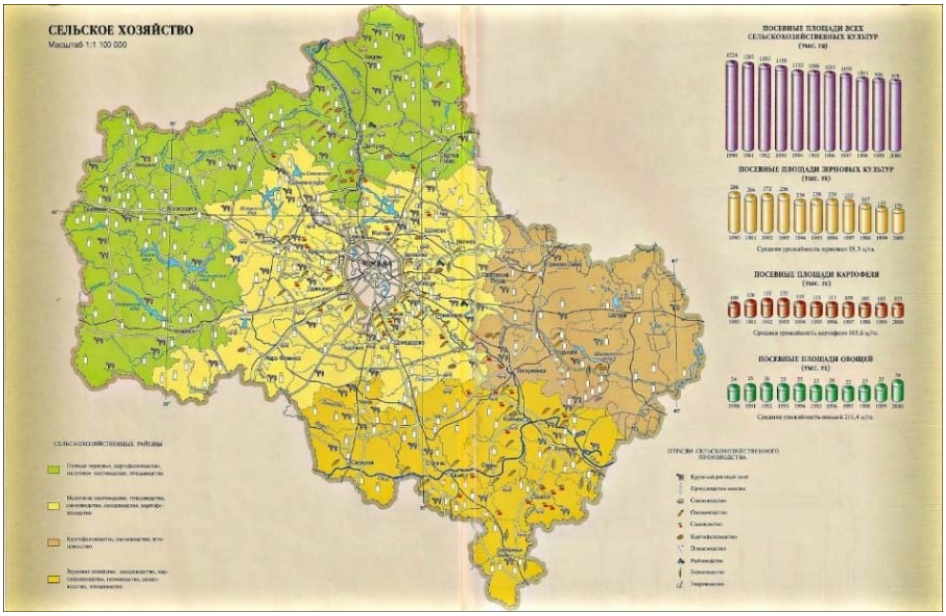


Рис. 2. Карта развития сельского хозяйства Московской области [3]

Климат Серпуховского района умеренно континентальный. Характеризуется теплым летом, умеренно холодной зимой с устойчивым снежным покровом. Среднегодовая температура воздуха составляет +5,2 °С. Самый холодный месяц – январь при среднем значении температуры –6,7 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха опускается до –33,9 °С (1987). Самый теплый месяц – июль со средними температурами +18,0 °С. Абсолютный максимум температуры может подниматься до +33,2 °С (1995 г.). Дни с заморозками зарегистрированы даже в летние месяцы, за исключением июля и августа.

Переход суточной температуры через 0 °С весной происходит в период с 4 апреля, осенью – с 7 ноября. Средняя продолжительность теплого периода со среднесуточной температурой выше 0 °С – 216 дней в году.

Средняя многолетняя сумма осадков составляет около 550 мм. За теплый период выпадает основное количество осадков – до 70%. Высота снежного покрова на открытых пространствах в среднем составляет 38 см. Наибольшей высоты снежный покров достигает в марте. Сроки образования устойчивого снежного покрова, так же как и сроки его появления и схода, из года в год сильно колеблются в зависимости от характера погоды [4].

Рядом с деревней Арнеево протекает река Речма. В целях обеспечения бесперебойного водоснабжения комплекса при аварийных ситуациях отключения воды и пожарного водоснабжения комплекс проектируется вблизи реки на расстоянии 1500 м (с учетом необходимой величины санитарно-защитной зоны, равной 500 м). Комплекс располагается, в соответствии с санитарными нормами проектирования, ниже по рельефу местности и ниже по течению реки относительно селитебной зоны.

Важным для определения местоположения комплекса относительно селитебной зоны, а также выявления требуемой ориентации генерального плана комплекса по сторонам света является установление господствующих ветров. Роза ветров по результатам анализа данных [5] для Серпуховского района Московской области изображена на рис. 3. Установлено, что преобладающее направление ветра – юго-западное в зимний период и западное – в летний. С учетом этого назначено подветренное расположение комплекса относительно селитебной зоны для недопущения попадания возможных запахов с комплекса на селитебную территорию в направлении с юго-запада. Ориентация вертикальной оси генерального плана (рис. 3) для недопущения попадания возможных запахов с сооружений для хранения и обработки навоза на остальные здания и сооружения комплекса назначена с учетом розы ветров в направлении с юго-запада на северо-восток.

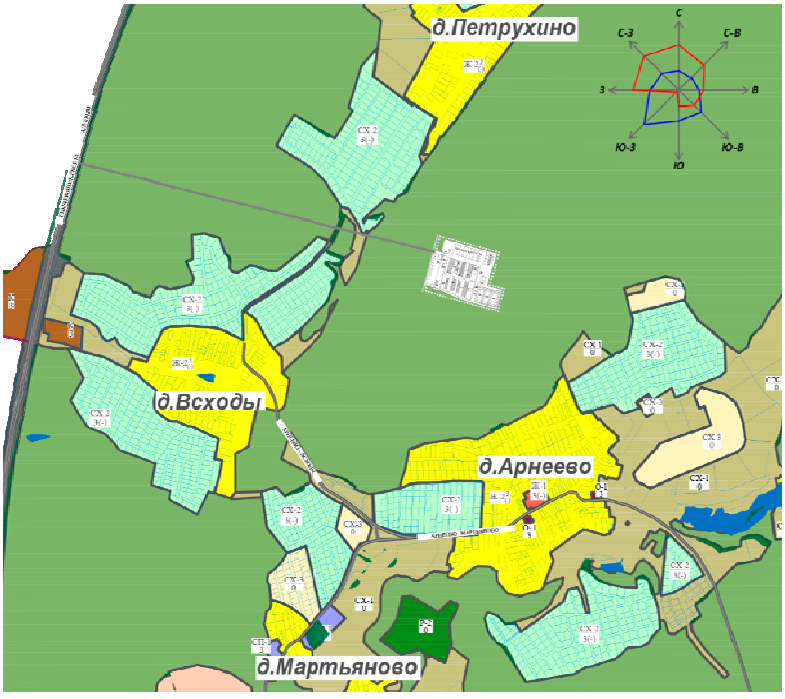


Рис. 3. Ситуационный план района строительства с розой ветров [7]

Ситуационный план района строительства с учетом вышеприведенных требуемых условий проектирования и подведения проектируемых дорог к существующей дорожной сети приведен на рис. 3.

Генеральный план

Молочно-товарный комплекс на 1200 коров с отделением выращивания ремонтного молодняка предназначен для производства молока и мяса и имеет набор зданий и сооружений для законченного производственного цикла [6]. Генеральный план и экспликация зданий предприятия представлены на рис. 4.

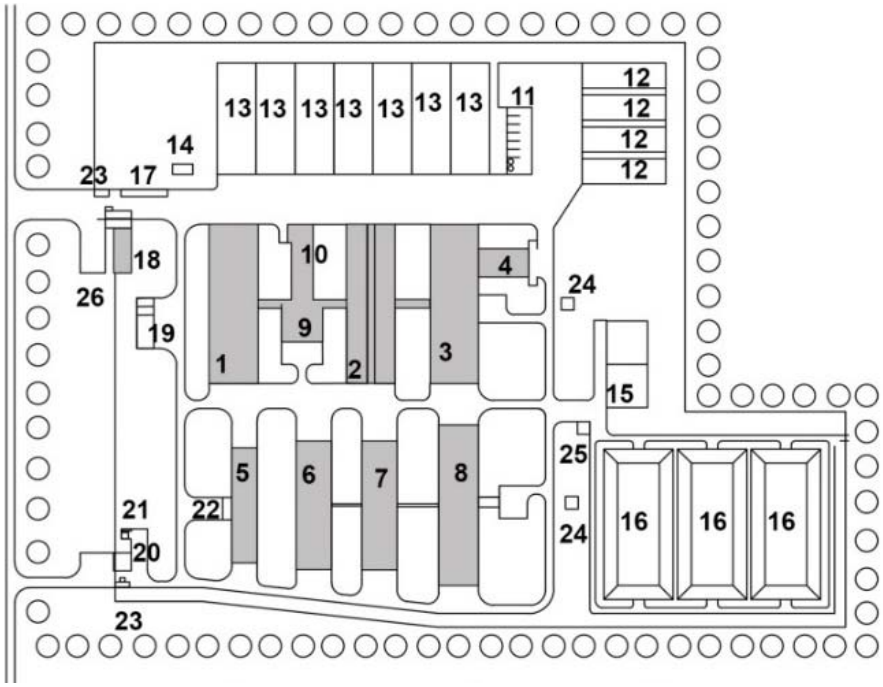


Рис. 4. Генеральный план предприятия с экспликацией зданий и сооружений:
1, *2* – коровник на 444 скотоместа; *3* – коровник на 400 скотомест; *4* – родильное отделение на 16 боксов отела; *5* – телятник на 240 скотомест (0 – 2 месяца); *6* – телятник на 440 скотомест (2 – 9 месяцев); *7* – телятник на 330 скотомест (9 – 15 месяцев); *8* – телятник на 360 скотомест (15 – 24 месяцев); *9* – ветеринарный профилакторий на 32 скотоместа; *10* – доильно-молочный блок с доильным залом типа «Параллель 2820 мест»; *11* – комбифуражный склад; *12* – навес для хранения сена и соломы; *13* – силосно-сенажная траншея (общей площадью 63 тыс. м^2); *14* – теплопункт; *15* – площадка для карантирования навоза; *16* – лагуны; *17* – весовая; *18* – административно-бытовой корпус с санпропускником и теплым дезинфекционным барьером; *19* – ангар на 10 единиц сельскохозяйственной техники; *20* – убойно-санитарный пункт; *21* – крематор; *22* – кормокухня для телят (0 – 2 месяца); *23* – дезбарьер; *24* – станция перекачки навозных стоков; *25* – станция разделения навозных стоков; *26* – стоянка для автотранспорта

Информационная модель здания

В качестве здания основного производственного назначения для детального проектирования и 3D-моделирования основных несущих и ограждающих конструкций и разработки информационной модели было выбрано здание телятника (объект № 8 на рис. 4). Основой для проектирования послужил типовой проект ТП 801-4-103.13.86, разработанный ФГУП «Севзапагропромпроект» в 1986 году [8]. Фасад и план телятника представлены на рис. 5 [9].

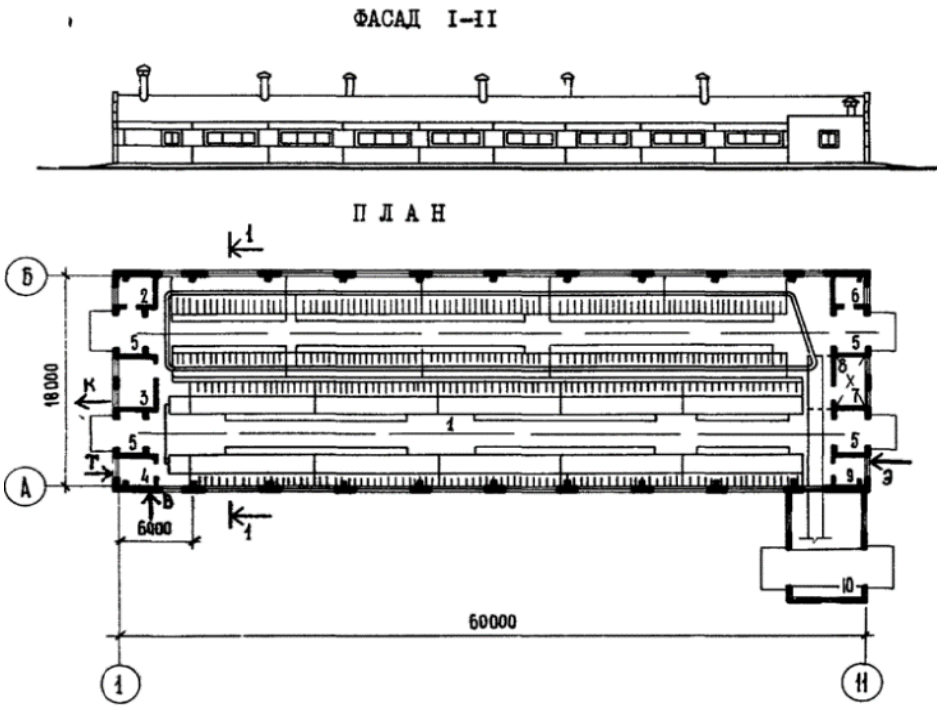


Рис. 5. Фасад и план типового проекта телятника на 360 голов (ТП 801-4-103.13.86) [9]

Проектирование телятника было осуществлено с помощью программного обеспечения Revit 2019 (рис. 6).

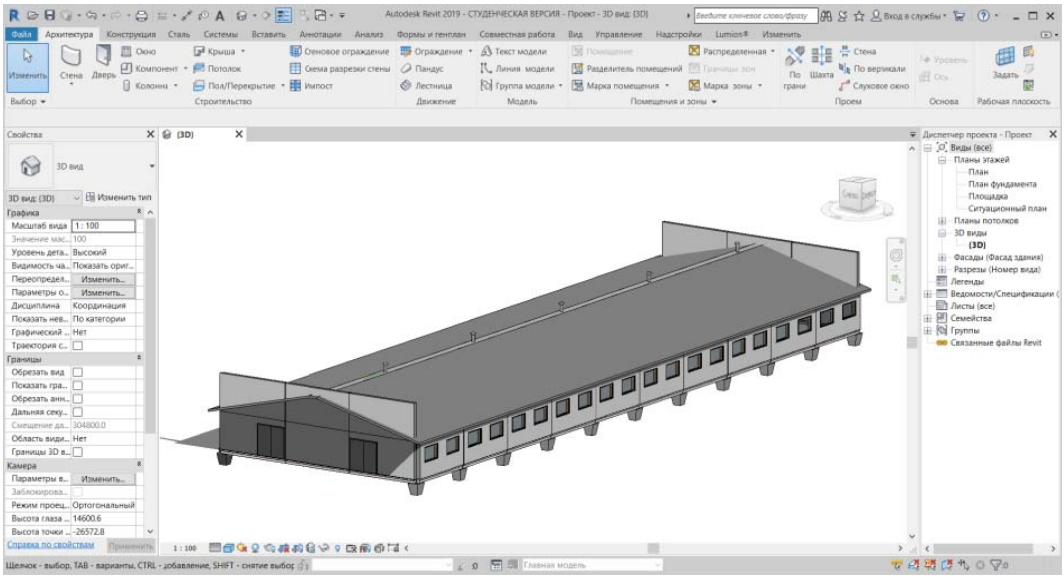


Рис. 6. Рабочее окно программы Revit 2019 с 3D-моделью здания телятника

Здание имеет в плане размеры 18×60 м и каркасно-панельную систему с шагом колонн 6 м и пролетом основных несущих конструкций покрытия 18 м.

Первый шаг в проектировании зданий – это расставление осей. По горизонтали плана назначены оси 1–11, по вертикали – А–Б.

Вторым этапом явилось создание в Revit 2019 параметрических библиотечных объектов, наделенных атрибутами, соответствующими реальным конструкциям.

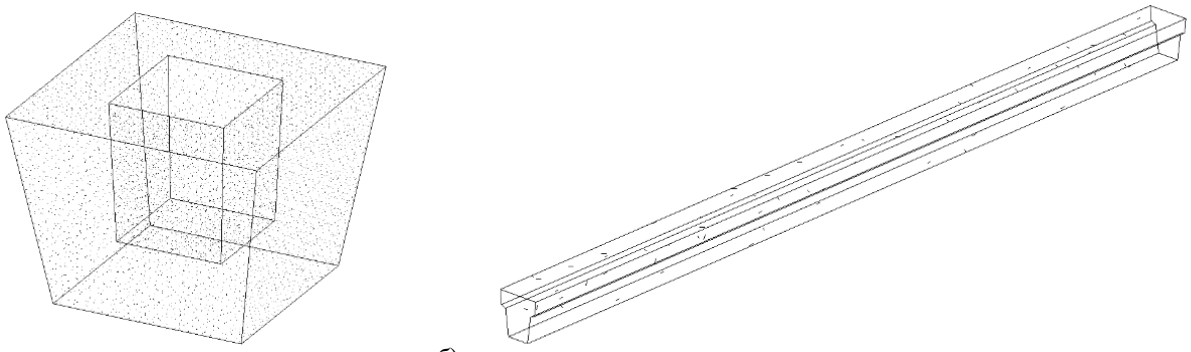
Колонны

Особенности технологических процессов в сельскохозяйственных зданиях обусловливают необходимость создания достаточно просторных производственных помещений [10]. В качестве основной схемы железобетонного каркаса здания используется стоечно-балочная схема.

В здании телятника были использованы железобетонные колонны сплошного сечения без оголовков размером 300×300 мм и высотой 3300 мм по серии 1.823.1-2 [11]. Колонны армируются пространственными металлическими каркасами, которые предназначены для применения в I – IV районах по скоростному напору ветра и весу снегового покрова при сейсмичности не выше 6 баллов, неагрессивной или слабо- и среднеагрессивной жидкой среде и газовых средах, в зданиях с самонесущими стеновыми панелями [1].

Фундаменты

Для зданий с несущими колоннами и самонесущими стеновыми панелями целесообразно применять забивные фундаментные блоки в форме усеченной пирамиды. В проекте были использованы блоки марки ЗБС 9-9-6 со стаканом для замоноличивания колонны (рис. 7, *а*) [1].



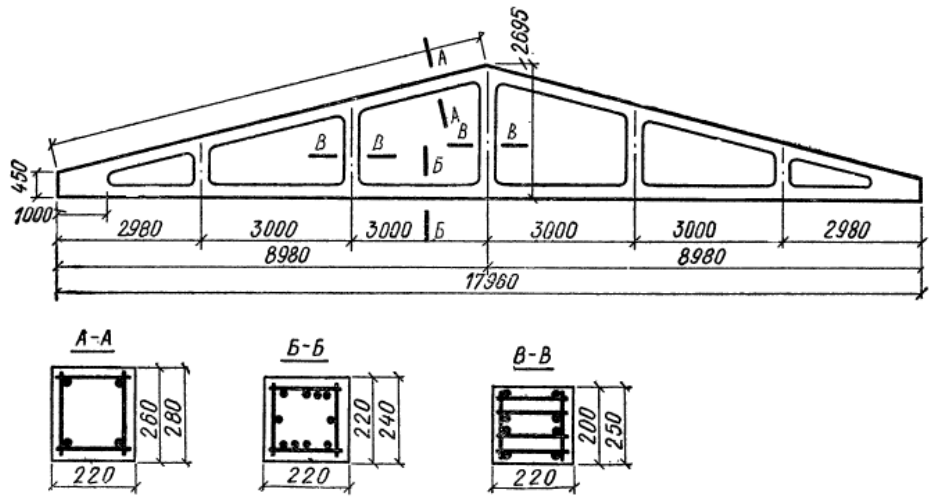
а) *б*)

Рис. 7. 3D-изображение в Revit 2019:
а – фундаментный блок ЗБС 9-9-6; *б* – фундаментная балка 2БФ6

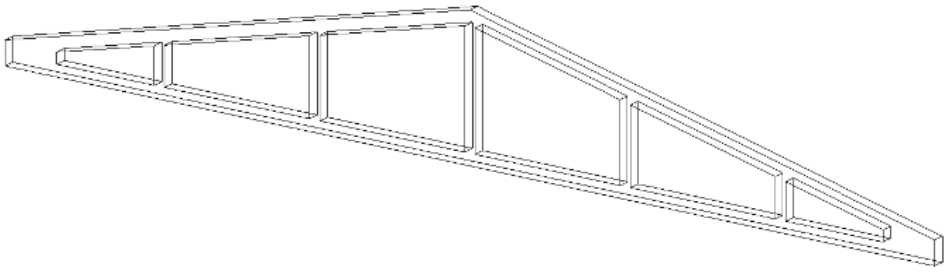
Железобетонные фундаментные балки марки 2БФ6 (рис. 7, *б*) для опирания стен принимались по серии 1.015.1-1.95 [12] длиной 6 м, толщиной 250 и 300 мм, балки укладываются на обрез фундаментов [1].

Фермы

Для покрытия здания телятника были выбраны предварительно напряженные безраскосные треугольные фермы пролетом 18 м марки ФТ 18. Эти фермы имеют два опалубочных размера сечений, элементы ферм имеют прямоугольные сечения и армируются объемными сварными каркасами (рис. 8).



а)



б)

Рис. 8. Ферма ФТ 18:

а – параметры и схемы армирования элементов [10]; *б* – 3D-изображение фермы в Revit 2019

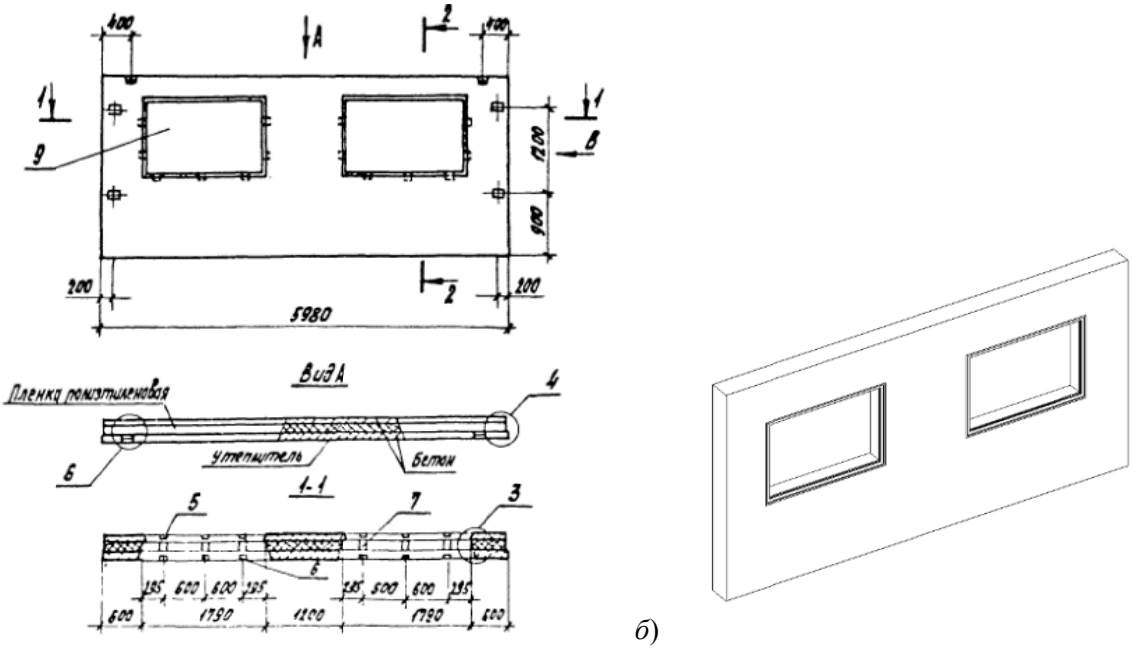
Проектирование полов

В проектируемом здании телятника содержится молодняк с 15 до 24-месячного возраста. Поэтому в соответствии с нормами проектирования [1, 5] и рекомендациями [9, 10] в местах отдыха животных (при содержании без подстилки молодняка с 3–4-месячного возраста) на откорме можно принимать полы типов П-2, П-5, П-6 и решетчатые (в местах каналов навозоудаления). В здании запроектированы полы П-5. Расчет полов выполнен в прикладной программе «Расчет теплоусвоения полов животноводческих зданий» [13], разработанной А. И. Антоновым и Т. Ф. Ельчищевой на кафедре «Архитектура и строительство зданий». Состав полов и характеристики слоев были определены исходя из расчета. Пол типа П-5 состоит из четырех слоев: сосна и ель поперек волокон толщиной 37 мм (плотность 500 кг/м^3, коэффициент теплоусвоения 4,54 Вт/(м^2·°С)), нефтяной строительный и кровельный битум толщиной 3 мм (плотность 1200 кг/м^3, коэффициент теплоусвоения 5,7 Вт/(м^2·°С)), керамзитобетон на кварцевом песке (с поризацией) толщиной 60 мм (плотность 1000 кг/м^3, коэффициент теплоусвоения 6,4 Вт/(м^2·°С)), уплотненный грунт основания толщиной 300 мм (плотность 1600 кг/м^3, коэффициент теплоусвоения 7,4 Вт/(м^2·°С)). В расчете теплоусвоения пола участвует один слой, показатель теплоусвоения пола 9,08 Вт/(м^2·°С) [13].

В местах проходов и проездов проектируются полы типа П-9, бетонные, с покрытием из бетона В25 по уплотненному грунту основания. Таким образом, в здании запроектированы три вида полов – П-5, П-9 и решетчатые.

Стены

Здание имеет каркасно-панельную систему с несущими колоннами и самонесущими стеновыми панелями размером 5980×2980 мм повышенной заводской готовности по серии 1.832.1-13, вып. 3 [14]. Панели трехслойные, толщина внутреннего слоя бетона – 80 мм, внешнего – 50 мм, толщина утеплителя (минераловатные плиты плотностью 200 кг/м^3) была определена по расчету и составила 150 мм.



а) *б*)

Рис. 9. Стеновая панель:
а – по серии 1.832.1-13; *б* – 3D-изображение в Revit 2019

Расчет тепловой защиты ограждающей конструкции здания выполнен в программе LIT THERMO ENGINEER. Ограждающие конструкции. Версия 1.2.5 [15]. Результаты расчета-конструкции: термическое сопротивление – 3,4 м^2·°С/Вт; сопротивление теплопередаче – 3,56 м^2·°С/Вт; тепловой поток через конструкцию – 12,65 Вт/м^2; сопротивление паропроницаемости – 2,27 м^2·ч·Па/мг; поток влаги через конструкцию – 506,92 мг/м^2. Нормируемая удельная теплозащитная характеристика – 0,77 Вт/(м^3·°С); расчетная удельная теплозащитная характеристика – 0,06 Вт/(м^3·°С); требуемое сопротивление теплопередаче – 3,42 м^2·°С/Вт; приведенное сопротивление теплопередаче – 3,56 м^2·°С/Вт.

Крыша и кровля

В здании применяется совмещенное вентилируемое покрытие: по несущему железобетонному настилу устраивается пароизоляция, утеплитель, укладываются деревянные рейки, к которым крепится обрешетка под асбестоцементные волнистые листы унифицированного профиля (рис. 10). Такое покрытие является наиболее надежным покрытием в животноводческих зданиях, оно менее материалоемко, конструкции его индустриальны и обеспечивают благоприятный режим эксплуатации утеплителя, в качестве которого применяются минераловатные плиты, являющиеся основным эффективным теплоизоляционным материалом в сельскохозяйственном строительстве.

Утеплитель проветривается через отверстия в карнизной части покрытия, вытяжную щель в коньке или за счет неплотностей сопряжений отдельных волнистых асбестоцементных листов [10].

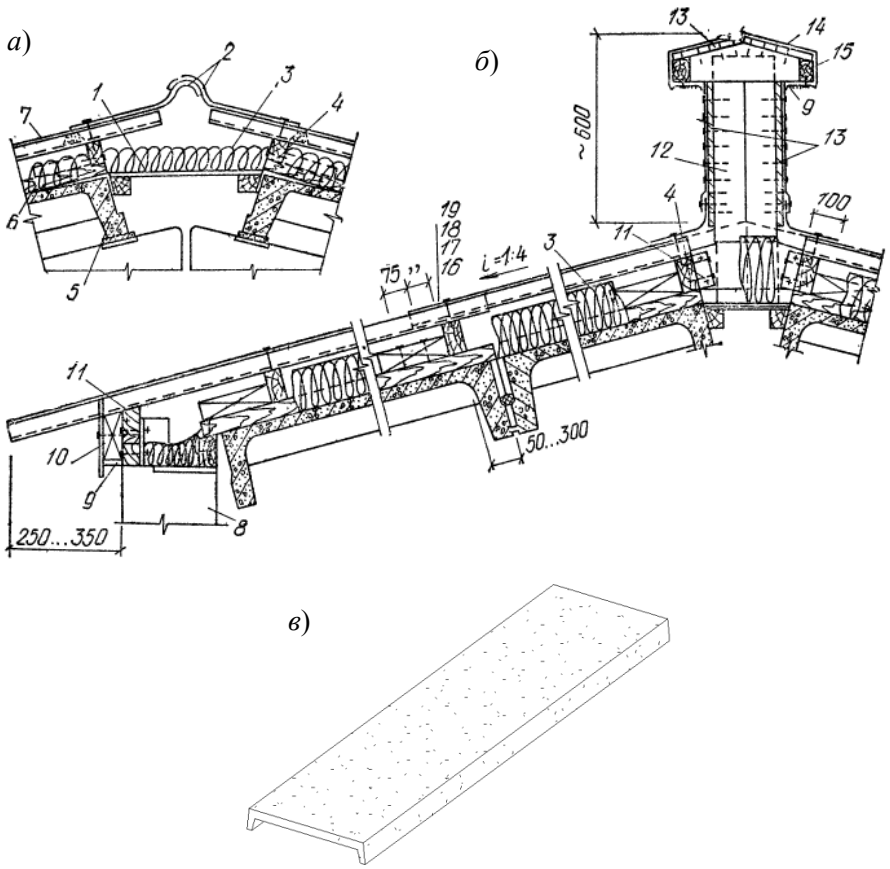


Рис. 10. Вентилируемое покрытие:
а – коньковый узел; *б* – вентиляционная шахта; *в* – 3D-изображение ребристой плиты в Revit 2019

Расчет тепловой защиты горизонтальных ограждающих конструкций здания выполнен в программе LIT THERMO ENGINEER. Ограждающие конструкции. Версия 1.2.5 [15]. Результаты расчета: термическое сопротивление конструкции: 3,61 м^2·°С/Вт; сопротивление теплопередаче – 3,77 м^2·°С/Вт; тепловой поток через конструкцию – 11,94 Вт/м^2; сопротивление паропроницаемости конструкции – 9,97 м^2·ч·Па/мг; поток влаги через конструкцию – 115,66 мг/м^2; нормируемая удельная теплозащитная характеристика – 0,77 Вт/(м^3·°С); расчетная удельная теплозащитная характеристика – 0,06 Вт/(м^3·°С); требуемое сопротивление теплопередаче – 3,42 м^2·°С/Вт; приведенное сопротивление теплопередаче – 3,77 м^2·°С/Вт.

Оборудование здания

В проектируемом телятнике содержатся телята в возрасте от 20 дней до 6 месяцев в групповых клетках с боксами.

Составление правильного рациона кормления для крупного рогатого скота, а особенно для телят возрастом до 6 месяцев – сложная задача, требующая значительных затрат времени и наличия специалистов. Решением данной проблемы может стать применение современных технологий, заключающихся во внедрении в хозяйство компьютерной программы для со-

ставления рационов по требуемому количеству показателей. При этом учитывается большое количество данных, например: вид, возраст и продуктивность животного; химический состав и питательность кормов; суточная потребность животных в энергии и питательных веществах; временной период, для которого рассчитывается рацион; стоимость используемых кормов и др. [16]. Облегчить эту задачу поможет чипирование животных и использование датчиков, которые считывают различную информацию, например количество съеденной еды, выпитой воды, перемещения животного и т.д.

Для раздачи грубых и сочных кормов на комплексе используются мобильные тракторные кормораздатчики, отличающиеся универсальностью, простотой обслуживания и высокой производительностью. Мобильные кормораздатчики позволяют повысить производительность труда по сравнению со стационарными раздатчиками примерно в 5 раз [17].

Основным методом уборки навоза на современных животноводческих фермах и комплексах является его удаление с помощью механических средств по каналам, закрытым сверху решетчатым настилом и оборудованным местной вытяжной вентиляцией. Навоз убирается с помощью дельта-скреперной установки. Основной способ утилизации навоза – использование его в качестве органического удобрения, а также переработка для получения газа и биотоплива [18].

Список литературы и источников

1. Ельчищева, Т. Ф. Проектирование конструкций сельскохозяйственных зданий [Электронный ресурс, мультимедиа] : учеб. пособие / Т. Ф. Ельчищева. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019.

2. Администрация Серпуховского района / Данковское сельское поселение [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://serpregion.ru/content/view/14966/45/ (дата обращения: 19.05.2019).

3. Карта сельского хозяйства Подмосковья [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.etomesto.ru/karta719/ (дата обращения: 19.05.2019).

4. Администрация Серпуховского района / Район в цифрах [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://serpregion.ru/content/section/16/44/ (дата обращения: 19.05.2019).

5. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01–99*. – М. : ФАУ «ФЦС», 2015. – 13 с.

6. Демин, О. Б. Проектирование агропромышленных комплексов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О. Б. Демин, Т. Ф. Ельчищева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 128 с.

7. Администрация Серпуховского района / Отдел архитектуры и градостроительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://serpregion.ru/content/view/14939/47/ (дата обращения: 19.05.2019).

8. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации / Типовой проект 801-4-103.13.86 Телятник на 360 голов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://docs.cntd.ru/document/471843507 (дата обращения: 19.05.2019).

9. Типовой проект 801-4-103.13.86. Телятник на 360 голов / ВЦИС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.tipdoc.ru/catalog/14248/150771/ (дата обращения: 19.05.2019).

10. Сельскохозяйственные здания и сооружения / Д. Н. Топчий, В. А. Бондарь, О. Б. Кошлатый, Н. П. Олейник, В. И. Хазин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ВО «Агропромиздат», 1985. – 480 с.

11. Серия 1.823.1-2. Вып. 0-1. Колонны железобетонные для сельскохозяйственных производственных зданий. Материалы для проектирования животноводческих, птицеводческих, подсобно-производственных и вспомогательных зданий [Электронный ресурс]. – Утв. 31.08.1984. – М. : Госстрой СССР, 1985. – 53 с. – Режим доступа : https://meganorm.ru/Index2/1/4293847/4293847404.htm (дата обращения: 19.05.2019 г.).

12. Серия 1.015.1-1.95. Балки фундаментные железобетонные для наружных и внутренних стен зданий промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Вып. 3. Балки сборные. Рабочие чертежи [Электронный ресурс]. – Утв. 30.06.1995. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1996. – 10 с. – Режим доступа : http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293848/4293848673.pdf (дата обращения: 19.05.2019 г.).

13. Антонов, А. И. Расчет теплоусвоения полов животноводческих зданий : метод. указания / А. И. Антонов, Т. Ф. Ельчищева. – Тамбов : ТГТУ, 2015. – 32 с.

14. Серия 1.832.1-13. Вып. 3. Панели повышенной заводской готовности. Технические условия. Опалубочные чертежи и армирование. Рабочие чертежи [Электронный ресурс]. – Утв. 12.08.1988 г. Госагропром СССР. – 50 с. – Режим доступа : https://meganorm.ru/Index2/1/4293848/4293848409.htm (дата обращения: 19.05.2019 г.).

15. Расчетная программа LIT THERMO ENGINEER [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://zavodlit.ru/support/lte.html (дата обращения: 19.05.2019).

16. Рацион кормления коров. Применение современных технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://agrarnyisector.ru/zhivotnovodstvo/racion-kormleniya-korov-primenenie-sovremennykh-tekhnologijj.html (дата обращения: 19.05.2019).

17. Машины и оборудование для раздачи кормов на фермах КРС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://studref.com/540646/agropromyshlennost/mashiny_oborudovanie_razdachi_kormov_fermah (дата обращения: 19.05.2019).

18. Удаление и утилизация навоза на фермах с привязным и беспривязным содержанием скота [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.activestudy.info/udalenie-i-utilizaciya-navoza-na-fermax-s-privyaznym-i-besprivyaznym-soderzhaniem-skota-2 (дата обращения: 19.05.2019).

И. Н. Шило[1], д-р техн. наук, проф., ректор,
С. О. Нукешев[2], д-р техн. наук, проф., декан технического факультета,
Н. Н. Романюк[1], канд. техн. наук, доц., первый проректор,
В. А. Агейчик[1], канд. техн. наук, доц.,
доц. кафедры «Механика материалов и детали машин»
([1]УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь;
[2]Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Нур-Султан,
Республика Казахстан)

ОРИГИНАЛЬНОЕ ОРУДИЕ ДЛЯ ОСНОВНОЙ И ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Аннотация. Качественная безотвальная обработка почвы определяется конструкцией и состоянием рабочих органов, а также свойствами почвы, от которых зависят: тяговое сопротивление орудия, качество крошения почвы, степень сохранения стерни, скорость движения, плотность почвы, выравненность поверхности и другие параметры. В статье предложена оригинальная конструкция орудия для основной и поверхностной обработки почвы, позволяющего расширить его функциональные возможности.

Ключевые слова: обработка почвы, плоскорезное орудие, функциональные возможности, патентные исследования, оригинальное орудие.

Главной задачей механической обработки почвы является создание благоприятных условий для развития культурных растений в целях получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур [1]. В процессе обработки почвы уничтожаются сорняки, происходит заделывание пожнивных остатков и удобрений, создаются условия для накопления влаги.

Модернизация существующих и разработка новых органов почвообрабатывающих машин является одной из приоритетных задач сельхозмашиностроения [2].

Целью данных исследований является расширение функциональных возможностей орудия для основной и поверхностной обработки почвы.

Для решения поставленной цели нами поставлены следующие задачи исследований:

1. Провести патентные исследования и проанализировать технические средства для обработки почвы.

2. Разработать конструкцию орудия для основной и поверхностной обработки почвы, позволяющего расширить его функциональные возможности.

Реализация поставленных задач исследований осуществлена следующим образом.

Проведенный патентный поиск показывает, что известно комбинированное орудие для послойного рыхления почвы без оборота пласта [3], содержащее раму с опорными колесами, механизм навески, механизм регулирования глубины обработки почвы с рабочими органами с эксцентриковым механизмом глубины обработки почвы.

Кроме того, известно комбинированное орудие для основной обработки почвы [4], содержащее раму плуга, опорные колеса с механизмом регулирования глубины обработки,

сменные рабочие органы, при этом рабочие органы выполнены в виде плоскорезных лап, закрепленных к кронштейнам рамы плуга посредством эксцентриковых шпилек.

Недостатком известных устройств является ограниченность их функциональных возможностей при обработке почв и высокая металлоемкость в общей конструкции.

Для выполнения плоскорезной обработки почвы известен культиватор-плоскорез-глубокорыхлитель КПГ-250 [5], содержащий раму с опорными колесами и механизмами регулирования глубины обработки почвы, в свою очередь на раме размещены на вертикальных стойках кронштейны с регулировочными упорами для регулировки угла вхождения рабочих органов в почву, плоскорезные ножи, при этом рама выполнена прямоугольной формы из двух секций, снабженных замком автосцепки треугольной формы.

Однако данный культиватор-плоскорез-глубокорыхлитель КПГ-250 обладает существенными недостатками, заключающимися в повышенной металлоемкости, и ограниченными функциональными возможностями, так как при обработке плотных почв возникает необходимость в уменьшении количества рабочих органов, а при обработке легких почв возникает необходимость в увеличении количества рабочих органов. Известное устройство не позволяет это выполнить по конструктивным признакам.

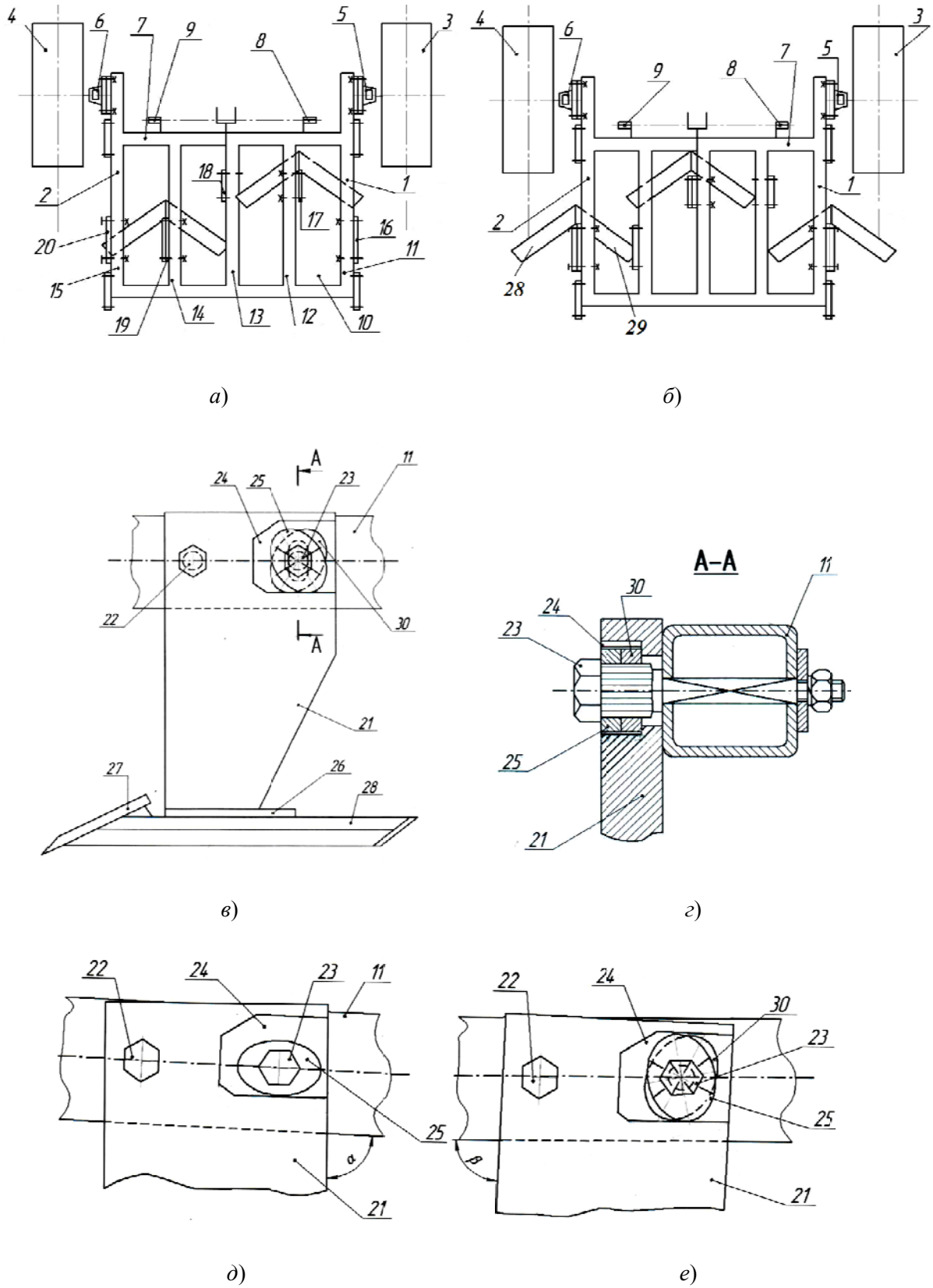
Известно плоскорезное орудие для обработки почвы [6], содержащее раму с опорными колесами и механизмом регулирования глубины обработки, сменные рабочие органы, при этом рама выполнена четырехсекционной из продольных и поперечных балок, образуя прямоугольник, причем на продольных балках симметрично размещены стойки рабочих органов с элементами регулировки угла вхождения в почву в форме восьмигранной шайбы.

Недостатком известного плоскорезного орудия для обработки почвы является ограниченный диапазон регулировки угла вхождения в почву, что не позволяет учесть в процессе эксплуатации все многообразие почвенных условий, культуры предшественника, предшествующей обработки и влажности почвы.

На основании проведенных патентных и поисковых методов исследований предлагается оригинальная конструкция плоскорезного орудия для обработки почвы [7] (рис. 1: а) – общий вид плоскорезного орудия для обработки почвы, вид сверху; б) – вариант с тремя рабочими органами; в) – схема установки рабочего органа в сборе с регулированной шайбой; г) – узел крепления рабочего органа; д) – разрез А-А; е) – схема установки угла заглубления рабочего органа α при обработке плотных почв; ж) – схема установки угла заглубления рабочего органа β при обработке легких по механическому составу почв).

Плоскорезное орудие для обработки почвы представляет собой четырехсекционную раму, на продольных боковых балках *1*, *2* которой размещены опорные колеса *3* и *4* с механизмами регулирования глубины обработки почвы *5*, *6*. На поперечной балке *7* размещены кронштейны *8*, *9* крепления элементов механизма навески (на рис. 1 не показан).

Рама выполнена в виде четырех секций *10* прямоугольной формы, на продольных брусьях *11*, *12*, *13*, *14*, *15* которых выполнены отверстия для крепления стоек *16*, *17*, *18*, *19*, 20 рабочих органов, соответственно при работе с одним, двумя и тремя рабочими органами, количество которых устанавливается в зависимости от вида обработки – поверхностное или основное глубокое, выполняемые на глубину до 15 и 30 см соответственно.



а) *б*) *в*) *г*) *д*) *е*)

Рис. 1. Плоскорезное орудие для обработки почвы

В свою очередь на продольных брусьях *11*, *12*, *13*, *14*, *15* рамы размещены рабочие органы для обработки почвы, представляющие собой стойку *21* с выполненными отверстиями для размещения болтов *22* и *23*, а также пазом *24* для размещения регулировочной шайбы, выполненной в виде двух одинаковых наружной *25* и внутренней *30* пластин

в форме эллипса с отношением его большой оси к малой *1*, *5*, установленных вплотную друг к другу на части стержня болта *23*, примыкающей к его головке, с помощью выполненного на этой части болта *23* и центральных отверстиях пластин *25* и *30* в форме эллипса треугольного зубчатого шлицевого соединения [8, 9], с возможностью автономного изменения при монтаже шайбы положения пластин в форме эллипса относительно друг друга и паза *24* стойки *21*, что обеспечивается за счет возможного числа зубьев такого соединения от 20 до 70.

Для удобства эксплуатации орудия на поверхности пластин в форме эллипса, а также наружной относительно бруса *11* поверхности стойки *21* в районе паза *24* могут быть нанесены градуировки (на рис. 1 не показаны), с помощью которых требуемое положение рабочих органов относительно поверхности поля может быть установлено с помощью предварительно подготовленной таблицы. Средняя часть стержня болта *23* выполнена квадратного сечения и сопрягается плотной посадкой с соответствующему этому болту по месту его установки квадратными отверстиями в продольном брусе *11*.

Стойка *21* снабжена башмаком *26* для крепления долота *27* и боковых правостороннего *28* и левостороннего *29* лемехов.

Узел крепления рабочего органа представляет собой болтовое соединение продольного бруса *11* стойки *21* с выполненным пазом *24* для размещения пластин в форме эллипса *25* и *30*.

Плоскорезное орудие работает следующим образом. После размещения орудия на ровной площадке устанавливают глубину обработки почвы с помощью механизмов глубины обработки *5* и *6*, разметив под опорными колесами *3*, *4* бруски соответствующие глубине обработки почвы с допуском ±3 см соответствующего уплотнению почвы под опорными колесами. После установки глубины обработки почвы регулируют угол вхождения рабочего органа в почву с помощью изменения положения относительно стержня болта пластин в форме эллипса *25* и *30*, обеспечивая углы α или β.

Подобное выполнение плоскорезного орудия для обработки почвы позволяет размещать на раме один, два или три рабочих органа, работая в разных почвенно-климатических зонах с механическими средствами от 1,5 до 3,0 Кт тяги, обеспечивая расширение функциональных возможностей почвообрабатывающего орудия в зависимости от вида обработки почвы – поверхностная или глубокая, плотная или легкая по механическому составу, а также при различных влажностях почвы и предшественниках.

1. Проанализированы технические средства для обработки почвы.
2. Предложена оригинальная конструкция орудия для основной и поверхностной обработки почвы, позволяющего расширить его функциональные возможности.

Список литературы

1. Производственно-экономический потенциал сельского хозяйства Беларуси: анализ и механизмы управления / Т. А. Тетеринец, В. М. Синельников, Д. А. Чиж, А. И. Попов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 160 с.
2. Влияние числа осей ходовой системы машинно-тракторных агрегатов на изменение плотности почвы / И. Н. Шило, Н. Н. Романюк, А. Н. Орда и др. // Вестник ТГТУ. – 2018. – Т. 24, № 1. – С. 149 – 160.

3. Изобретение Европейского Патентного ведомства № CA 1138700, кл. A 01 B 49/00 ; опубл. 01.04.1983.

4. Пат. на изобретение РФ 2315457, кл. A 01 B 49/02 ; опубл. 27.01 2008 г.

5. Культиватор-плоскорез-глубокорыхлитель КПГ-250 : инструкция по эксплуатации. – Караганда, 1980. – С. 6–7.

6. Плоскорезное орудие для обработки почвы : инновационный патент на изобретение 26530 Респ. Казахстан, МПК A 01 B 49/00 ; опубл. 25.10.2012, Бюл. № 12.

7. Плоскорезное орудие для обработки почвы : патент 9549 U Респ. Беларусь, МПК A 01 B 49/00 ; A 01 B 35/00 / И. Н. Шило (BY), Н. Н. Романюк (BY), В. А. Агейчик (BY), С. О. Нукешев (KZ), Д. З. Есхожин (KZ), С. К. Тойгамбаев (KZ) ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20130231 ; заявл. 20.03.2013 ; опубл. 30.10.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 5. – С. 147–148.

8. Детали машин. Расчет и конструирование : справочник / И. А. Биргер и др. ; под ред. Н. С. Ачеркана. – М. : Машиностроение, 1968. – С. 193 – 195.

9. Попов, А. И. Творческие задачи динамики : учеб. пособие / А. И. Попов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННО-ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России в рамках проектной части государственного задания № 10.3533.2017/ПЧ

Е. И. Акулинин, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств»,
О. О. Голубятников, канд. техн. наук, ст. преп. кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств»,
Д. С. Дворецкий, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Технологии и оборудование пищевых и химических производств»,
С. И. Дворецкий, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ АДСОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. Разработан алгоритм аппаратурно-технологического оформления промышленных энерго- и ресурсосберегающих циклических адсорбционных процессов и установок для разделения газовых смесей.

Ключевые слова: циклический адсорбционный процесс, аппаратурно-технологическое оформление, математическое моделирование, оптимизация.

Решение проблемы совершенствования аппаратурно-технологического оформления (АО) энерго- и ресурсосберегающих циклических адсорбционных процессов/установок разделения газовых смесей зависит от уровня доступной экспериментальной информации о технологическом процессе во время его будущей реализации и возможных средств управления, результатов экспериментального исследования на стадии предпроектных научных исследований и математического моделирования, разработки методологии, методов и быстродействующих алгоритмов решения задач оптимизации и интегрированного проектирования адсорбционных процессов, аппаратов, установок и системы автоматического управления режимами их функционирования в условиях неопределенности исходных данных для проектирования на примере промышленных циклических адсорбционных процессов с изменяющимся давлением при разделении воздуха и синтез-газа и их обогащении кислородом и водородом соответственно.

Стратегия проектирования промышленных образцов энерго- и ресурсосберегающих циклических адсорбционных процессов/установок разделения газовых смесей предусматривает решение задач оптимизации конструктивных и режимных параметров циклических адсорбционных установок в условиях частичной (неполной) неопределенности и представлена на рис. 1 (в виде реализации некоторой логической последовательности блоков принятия решений). Дадим описание основных блоков принятия решений при АО энерго- и ресурсосберегающих циклических адсорбционных установок разделения газовых смесей.

Рис. 1. Стратегия принятия решений при аппаратурно-технологическом оформлении энерго- и ресурсосберегающих циклических адсорбционных установок для разделения газовых смесей

В блоке 1 производится анализ технического задания (ТЗ) и исходных данных для проектирования циклического адсорбционного процесса/установки разделения газовых смесей; задаются альтернативные варианты (множество *A*) аппаратурно-технологического оформления установки (процесс с выравниванием давления (многоадсорберные установки), короткоцикловая безнагревная адсорбция (КБА), вакуумная КБА, температурная КБА) и множество *B* типов адсорбентов (цеолиты NaX, CaA, KA, LiLSX, CaLSX, ZSM-5, углеродные молекулярные сита и др.).

В блоке 2 формируется облик проектируемой циклической адсорбционной установки, производится выбор структуры ее технологической схемы и аппаратурно-технологического оформления из заданных в блоке 1 множеств *A* и *B* вариантов.

В блоке 3 на базе современного программно-аппаратного комплекса получают экспериментальные данные, необходимые для построения математических моделей функционирования циклического адсорбционного процесса/установки разделения газовых смесей с помощью активного эксперимента.

В блоке 4 исследуются задачи оптимального проектирования промышленного циклического адсорбционного процесса/установки разделения газовых смесей в условиях частичной неопределенности исходных данных для проектирования.

При проектировании/расчете динамики циклического адсорбционного процесса/установки разделения газовых смесей часто используют так называемую неопределенную («неточную») информацию о физико-химических параметрах, характеристиках исходных/«сырьевых» веществ, конструктивных/геометрических показателях технологического оборудования, внешних условиях эксплуатации установки, финансовых/стоимостных дан-

ных и т.п., что опосредованно оказывает заметное влияние на качество функционирования проектируемой установки, характеризуемое известными технико-экономическими показателями, например степенью извлечения целевого продукта, себестоимостью продукции, прибылью и др. Количественный учет ряда указанных «неточных»/случайных факторов составляет суть проектирования циклического адсорбционного процесса и установки в условиях частичной (неполной) неопределенности.

При оптимальном проектировании адсорбционной установки должны быть удовлетворены некоторые проектные ограничения (требования технического задания на проектирование), связанные с обеспечением требуемого качества выпускаемой продукции (чистота концентрируемого газа, степень извлечения и т.п.) и заданной производительности установки, энерго- и ресурсосбережения (потребляемая мощность, сбережение адсорбента от разрушения при эксплуатации, перепад давлений в слое), безопасности ее функционирования (минимального набора управляющих элементов, габаритных размеров установки, давления и расходы, создаваемыми компрессором, вакуум-насосом, скорости срабатывания управляющих и отсечных клапанов, регуляторов автоматической системы регулирования технологических параметров), экологической безопасности и др.

Они могут быть разделены на две группы. Первая группа содержит ограничения, которые должны безусловно выполняться, несмотря на наличие неопределенности ξ:

$$g_i(d, y, u) \le 0, j = \overline{1, m} \ .$$

Вторая группа включает ограничения, которые должны выполняться либо в среднем, либо с заданной доверительной вероятностью $P_д$:

$$\text{Вер}\{g_i(d, y, u, \xi) \le 0, j = \overline{1, m}\} \ge P_д \ .$$

Постановка задачи оптимального проектирования в условиях частичной неопределенности заключается в определении конструктивных параметров d и управляющих переменных u объекта таких, при которых обеспечивается сохранение работоспособности (выполнение проектных ограничений) технологического объекта, несмотря на случайные изменения вектора ξ в пределах области неопределенности Ξ. Введем понятие области работоспособности адсорбционной установки для разделения газовых смесей. Она состоит из точек области неопределенности, для которых можно найти значения управляющих переменных, обеспечивающих выполнение проектных ограничений. Если проектные ограничения являются жесткими, т.е. область работоспособности совпадает со всей областью неопределенности Ξ, то обеспечение работоспособности процесса/установки в условиях частичной неопределенности требует нахождение таких значений векторов $d \in D$ и $u \in U$, при которых достигается экстремум среднего значения выбранного в качестве целевой функции технико-экономического показателя, например себестоимости выпускаемой продукции, и выполнение проектных ограничений $g_\lambda(d, y, u, \xi) = g_\lambda(\bullet) \le 0, \lambda = 1,2$ для всех возможных значений $\xi = \{\xi_k, k = 1,2\}$ из области неопределенности Ξ. Условие работоспособности ТП можно записать в аналитической форме [1]:

$$\max_{\xi \in \Xi} g_\lambda(d, y, u, \xi) \le 0, \lambda = 1,2 \ ,$$

которое мы и будем использовать в постановке задачи проектирования циклического адсорбционного процесса и установки при разделении газовых смесей для проверки выполнения проектных ограничений, а в качестве целевой функции математического проектирования выберем среднее значение себестоимости $M_{\xi}(\varphi(x_{\text{н}}^{\text{p}}, d, y, u, \xi))$ выпускаемой продукции, где $M_{\xi}(\cdot)$ – символ математического ожидания.

Сформулируем одноэтапную задачу математического проектирования с жесткими ограничениями в условиях неопределенности параметров $\xi \in \Xi$: при заданной нагрузке $x_{\text{н}}^{\text{p}}$ по сырью требуется определить векторы конструктивных параметров $d^* \in D$ и управляющих переменных $u^* \in U$, такие, что

$$I(d^*, u^*) = \min_{d,u} \{M_{\xi}(\varphi(x_{\text{н}}^{\text{p}}, d, y, u, \xi))\} \quad (1)$$

при связи в форме уравнений математической модели [2, 3]

$$\mathbf{f}(x_{\text{н}}^{\text{p}}, d, y, y_t, y_x, u, a, \xi) = 0 \quad (2)$$

и ограничениях:

$$\max_{\xi \in \Xi} g_{\lambda}(d, y, u, \xi) \le 0, \lambda = 1, 2. \quad (3)$$

В случае применения «мягких» ограничений вместо ограничений (3) следует использовать вероятностное условие:

$$\text{Вер}\{g_{\lambda}(d, y, u, \xi) \le 0\} \ge P_{\text{д}}, \ \lambda = 1, 2. \quad (4)$$

Сформулированные задачи оптимизации (1) – (3) или (1), (2), (4) относятся к классу задач нелинейного программирования в условиях неопределенности, и для их решения целесообразно использовать новые подходы и практически реализуемые инженерные методики и алгоритмы, а также высокоэффективный метод последовательного квадратичного программирования (блок 4(1)).

В блоке 5 разрабатываются подходящая для решения сформулированных в блоке 4 задач оптимизации (1) – (3) или (1), (2), (4) математическая модель (ММ) динамики циклического адсорбционного процесса и установки при разделении газовых смесей, комплекс модельных представлений и вычислительных алгоритмов; проводится численный анализ адсорбционных процессов: а) областей допустимых режимов функционирования, гибкости (работоспособности) циклической адсорбционной установки в пространстве режимных (управляющих) переменных; б) допустимых областей изменения параметров сырья, технологических переменных и параметров (коэффициентов) математической модели установки, в пределах которых обеспечивается оптимальное (в смысле безопасности, энерго- и ресурсосбережения и качества получаемой продукции) ее функционирование.

Процедура построения ММ включает пять этапов: 1) получение структуры $\mathbf{f}(x_{\text{н}}^{\text{p}}, d, y, y_t, y_x, u, a, \xi)$ математической модели; 2) получение экспериментальных данных об исследуемом циклическом адсорбционном процессе/установке; 3) определение вектора параметров a математической модели (параметрический синтез ММ); 4) анализ адекватности ММ; 5) обеспечение адекватности ММ. При оценке качества математической модели динамики циклического адсорбционного процесса и установки при разделении газовых смесей использовали следующие критерии: трудоемкость построения ММ; удобство/простота использования математической модели; адекватность, точность ММ.

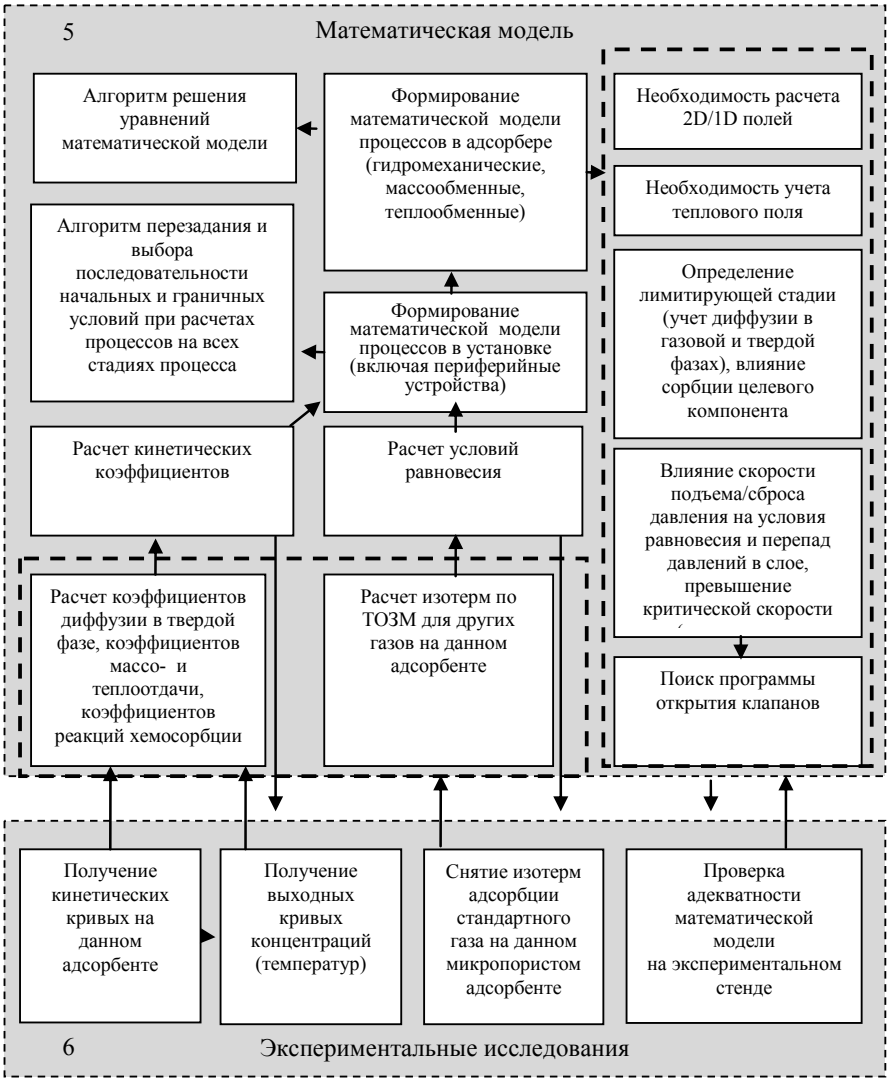


Рис. 2. Схема взаимодействия блоков математической модели и экспериментальных исследований

На каждом этапе данной процедуры требуется решать одну или несколько частных задач, используя при этом разные методы или алгоритмы решения [4].

В блоке 4(2) разрабатываются новые подходы и практически реализуемые инженерные методики и алгоритмы оптимального проектирования циклических адсорбционных процессов/установок разделения газовых смесей в условиях неопределенности исходных данных, специальное математическое и алгоритмическое обеспечение систем оптимизации и принятия решений при аппаратурно-технологическом оформлении циклических адсорбционных процессов/установок разделения газовых смесей.

В блоке 6 обеспечивается проверка выполнения требований ТЗ на проектирование и условий исчерпания множеств *A* и *B* альтернативных вариантов АО адсорбционной установки и применяемых адсорбентов, а также условие окончания процедуры принятия решений.

В блоке 7 проводится конструктивная разработка аппаратов установки газоразделения, проведение технологических и прочностных расчетов адсорберов, разработка системы автоматического регулирования технологических параметров, оценка эффективности и надежности конструкторских решений; обеспечивается проверка выполнения требований ТЗ на про-

ектирование и условий исчерпания множеств *A* и *B* вариантов АО установки и применяемых адсорбентов, а также окончание процедуры принятия решений при АО циклического адсорбционных процессов/установок разделения газовых смесей.

Все разработанные варианты принятия решений по АО циклических адсорбционных установок разделения газовых смесей: математическое описание в форме дифференциальных уравнений в обыкновенных/частных производных или системы конечных уравнений; формулы для вычисления многих физико-химических параметров по экспериментальным данным; рекомендации по решению задач оптимального проектирования при наличии неопределенности в форме постановок задач оптимизации и алгоритмов их решения; рекомендации по автоматизации режимов функционирования газоразделительной установки, по выбору регулирующих и отсечных клапанов и алгоритмы автоматического управления ими запоминаются в базе данных (блок 8) и далее используются при проектировании новых установок газоразделения.

Список литературы

1. Островский, Г. М. Технические системы в условиях неопределенности / Г. М. Островский, Ю. М. Волин. – М. : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2008. – 319 с.

2. Моделирование и оптимизация циклических адсорбционных процессов обогащения газовых смесей / А. А. Ишин и др. // ТОХТ. – 2019. – Т. 53, № 4. – С. 1 – 13.

3. Оптимальное проектирование короткоцикловых адсорбционных установок для концентрирования кислорода / Е. И. Акулинин и др. // Известия СПбГТИ (ТУ). – 2017. – № 41(67). – С. 119 – 127.

4. Математическое моделирование технологических процессов : учеб. пособие / под ред. В. С. Балакирева. – Ярославль : Издательский дом Н. П. Пастухова, 2018. – 352 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке
Министерства науки и высшего образования России
в рамках проектной части государственного задания № 10.3533.2017/ПЧ

Е. И. Акулинин, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств»,
О. О. Голубятников, канд. техн. наук, ст. преп. кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств»,
Д. С. Дворецкий, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Технологии и оборудование пищевых и химических производств»,
С. И. Дворецкий, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ АДСОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И УСТАНОВОК РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. Методом математического моделирования проведено численное исследование влияния нагрузки по сырью и управляющих переменных на динамику циклического адсорбционного процесса обогащения газовой смеси водородом. Сформулирована и решена задача адаптивной оптимизации режимных переменных этого процесса.

Ключевые слова: короткоцикловая безнагревная адсорбция, изотерма адсорбции, математическая модель, численный анализ, оптимизация

Одним из наиболее эффективных и универсальных процессов очистки и разделения газовых сред является циклический адсорбционный процесс, связанный с механизмом физико-химического взаимодействия адсорбента и адсорбата и реализуемый в технологической установке с разнообразным аппаратурным оборудованием и сложной схемой технологических связей. В аппаратах такой установки протекают различные физико-химические, массо- и теплообменные процессы (диффузия адсорбтива в потоке газовой смеси, массообмен адсорбтивом и теплообмен между газовой фазой и адсорбентом, адсорбция адсорбтива из газовой фазы на поверхности и в микропорах гранул адсорбента с выделением тепла и десорбция адсорбата из микропор и с поверхности гранул адсорбента в газовую фазу с поглощением тепла).

Отличительная черта современных циклических адсорбционных процессов и установок – большая сложность внутренних взаимосвязей их параметров и характеристик, многостадийность (стадии адсорбции и десорбции адсорбтива, осуществляемые при циклически изменяющемся давлении; стадии сушки и охлаждения адсорбентов, т.е. стадии, взаимно влияющие одна на другую), различие энергозатрат для проведения стадий процесса, а также внешние связи с другими аппаратами химико-технологической схемы в целом. Успешное их внедрение в промышленность зависит, в частности, от совершенствования действующих процессов, инженерных методов расчета равновесия систем «адсорбент – адсорбат», кинетики в отдельном зерне адсорбента и динамики макрослоя адсорбента, конструктивных решений и методов оптимизации циклических адсорбционных процессов. Вследствие этого важным звеном разработки циклических адсорбционных процессов на этапе проектирования служит выбор оптимальных вариантов аппаратурного оформления процессов, режимов проведения

различных стадий циклического адсорбционного процесса для конкретных условий его эксплуатации при разделении газовых смесей [1, 2].

Принимая во внимание разнообразие аппаратурного оформления циклических адсорбционных процессов, количество параметров, характеризующих каждый аппарат технологической установки, число возможных структурных соединений аппаратов в химико-технологическую схему адсорбционной установки, легко убедиться в том, что число возможных альтернативных вариантов исполнения циклических адсорбционных установок огромно. Чтобы найти эти варианты, необходимо проверить их техническую осуществимость (работоспособность), экономическую целесообразность и, сравнивая между собой, выбрать наилучший вариант.

Основные принципы математического моделирования и оптимизации циклических адсорбционных процессов

При постановке задач оптимизации необходимо выбрать критерии качества функционирования адсорбционной установки (технологические, кинетические, термодинамические и экономические), построить связи в форме уравнений математических моделей различных аппаратов и адсорбционной установки в целом, сформулировать ограничения задачи, связанные с чистотой целевых продуктов разделения, экологической безопасностью, энерго- и ресурсосбережением адсорбционной установки и др.

Требования, предъявляемые к критериям оптимизации, могут быть сформулированы так: однозначность, полнота, универсальность, чувствительность к технологическим (управляющим) переменным, простота и экономичность вычисления и т.п. В этом случае большую роль играют технологические критерии, которые выбираются так, чтобы целевая функция отражала экономическую эффективность процесса, т.е. должна быть однозначно связана, например, с себестоимостью адсорбционного разделения и производительностью установки.

Наиболее универсальными показателями эффективности функционирования циклических адсорбционных процессов и установок являются экономические показатели: приведенные затраты, себестоимость, прибыль, так как они обладают свойством аддитивности и позволяют суммировать капитальные вложения и эксплуатационные затраты для различных технологических схем адсорбционной установки.

При выборе технологических (управляющих) переменных (параметров оптимизации) необходимо иметь в виду те обстоятельства, что они являются независимыми переменными, изменяются непрерывно и оказывают существенное влияние на величину целевой функции (критерия качества функционирования адсорбционной установки).

В процессе оптимизации адсорбционных аппаратов необходимо учитывать три основных типа ограничений: 1) связи в форме систем дифференциальных уравнений в частных производных и нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих циклические адсорбционные процессы и установки при разделении газовых смесей; 2) допустимый диапазон изменения независимых переменных $u_i (u_i^- \le u_i \le u_i^+)$; 3) нелинейные жесткие ограничения (для обеспечения безопасности технологического процесса и заданного качества разделения и очистки газовых смесей) типа $g_i(x_{\text{н}}^{\text{р}}, u, y) \le 0, j = \overline{1, m}$, которые должны выполняться для любых значений аргументов $x_{\text{н}}^{\text{р}}, u, y$. Ко второму типу, как прави-

ло, относятся ограничения габаритных размеров, перепада давления или мощности на транспортирование газовой смеси. Любой из указанных выше критериев качества может выступать в роли ограничения.

Например, можно искать параметры, соответствующие минимальной стоимости адсорбера при ограничении на объем, массу, высоту аппарата и т.д. Кроме того, если скорость или расход газовой смеси (нагрузка по сырью $x_{\text{н}}^{\text{р}}$) не является независимой переменной, но может изменяться, то возникает ограничение по минимальному расходу, удовлетворяющему производительности адсорбционной установки. При постановке задач оптимизации типичными являются ограничения на концентрацию целевого продукта в газовой смеси, выходящей из аппарата, степень очистки или разделения газовой смеси.

Системный анализ и оптимизация циклического адсорбционного процесса и установки процесса обогащения газовых смесей водородом

Технологический процесс концентрирования водорода методом адсорбционного разделения газовой смеси с циклически изменяющимся давлением осуществляется в четырехадсорберной установке короткоцикловой безнагревной адсорбции (КБА), предназначенной для обогащения водородом до 99.99 об. % исходной водородсодержащей смеси с составом: водород – 65 ± 2 об. %, диоксид углерода – 34 ± 2 об. %, оксид углерода –1 ± 0,5 об. % [2].

В качестве адсорбентов в циклических адсорбционных процессах широко используются гранулированные активные угли и цеолит CaA, обладающие наибольшей емкостью и селективностью по CO_2 и CO. При адсорбции (десорбции) H_2, CO_2 и CO цеолитовым адсорбентом в адсорберах А1 – А4 установки КБА протекают следующие массо- и теплообменные процессы: а) диффузия H_2, CO_2 и CO в потоке газовой смеси; б) массообмен H_2, CO_2, CO и теплообмен между газовой фазой и адсорбентом; в) адсорбция H_2, CO_2, CO на поверхности и в микропорах гранул цеолитового адсорбента с выделением тепла и десорбция H_2, CO_2, CO из микропор и с поверхности гранул с поглощением тепла. Анализ результатов физического моделирования показал, что диффузия H_2, CO_2, CO и распространение тепла в газовом потоке и гранулированном адсорбенте осуществляются в основном в продольном направлении относительно движения потока газовой смеси в адсорбере (по высоте слоя адсорбента). При этом процесс обогащения газовой смеси водородом при адсорбции преимущественно CO_2 и CO гранулированным цеолитовым адсорбентом осуществляется в смешанно-диффузионной области и определяется коэффициентами внешней массоотдачи и внутренней диффузии, скоростью газовой смеси в слое адсорбента, а также равновесными соотношениями концентраций H_2, CO_2 и CO в фазах.

Математическое описание динамики циклического процесса адсорбционного разделения многокомпонентной газовой смеси и концентрирования водорода в установке КБА включает следующие уравнения (дифференциальные уравнения в частных производных параболического типа, обыкновенные дифференциальные уравнения и конечные уравнения): 1) покомпонентного (k = 1 – H_2, 2 – CO_2, 3 – CO) материального баланса в потоке газовой смеси по высоте слоя адсорбента, учитывающего скорости накопления k-го компонента смеси в газовой фазе и адсорбенте, конвективный перенос и продольное перемешивание k-го компонента вещества в слое адсорбента; 2) массопереноса адсорбтива (H_2, CO_2, CO) из газо-

вой фазы в твердую фазу адсорбента (через границу раздела фаз), при этом величина адсорбции, равновесная текущей концентрации адсорбтива в потоке на внешней поверхности гранул, рассчитывается по нелинейному уравнению изотермы Ленгмюра – Фрейндлиха; 3) распространения тепла в потоке газовой смеси и в адсорбенте; 4) изменения давления и скорости газовой смеси по высоте адсорбента (уравнение Эргуна); 5) для начальных и граничных условий дифференциальных уравнений, расчета параметров (коэффициентов) математической модели [1]. Максимальная относительная погрешность рассогласования расчетных и экспериментальных данных на стадии адсорбции не превышает 11,4%, что позволяет с приемлемой для практики точностью использовать модель для целей технологического расчета, оптимизации и управления процессом концентрирования водорода методом адсорбционного разделения газовой смеси.

В целях исследования системных связей, закономерностей и повышения эффективности функционирования установки КБА проводился численный анализ влияния входных переменных и управляющих воздействий на выходные переменные процесса адсорбционного разделения газовой смеси и концентрирования водорода [1, 2], позволившие определить наиболее опасные возмущения (состав, температуру и давление газовой смеси на входе в адсорберы установки КБА) и эффективные управляющие воздействия (давление газовой смеси и длительность стадии адсорбции), а также диапазоны их возможных изменений.

Сформулируем задачу оптимизации технологического процесса концентрирования водорода: при заданных диапазонах изменения возмущающих воздействий требуется найти вектор допустимых управлений, при котором целевая функция – среднее значение концентрации продукционного водорода на отрезке времени $[0, t_{\text{pr}}]$, соответствующем выходу установки КБА на стационарный периодический режим работы, – достигает максимального значения, т.е.

$$I(\mathbf{u}^*) = \left(\frac{1}{t_{\text{pr}}} \int_0^{t_{\text{pr}}} y_1^{\text{out}}(\mathbf{u}^*) dt \right) = \max_{\mathbf{u}=\{P_{\text{ads}}, t_{\text{ads}}\}} \left(\frac{1}{t_{\text{pr}}} \int_0^{t_{\text{pr}}} y_1^{\text{out}}(\mathbf{u}) dt \right),$$

выполняются связи в форме уравнений математической модели [1] и ограничения на чистоту продукционного водорода $y_1^{\text{out}}(\mathbf{u}) \geq \underline{y}_1^{\text{out}}$, производительность Q установки КБА $Q(\mathbf{u}) \geq \underline{Q}$, скорость газовой смеси в «лобовом» слое адсорбента $\max\limits_{t \in t_{\text{ads}}} v_{\text{g}}(\mathbf{u}) \leq v_{\text{g}}^{+}$, перепад давления в слое адсорбента на стадиях адсорбции и десорбции:

$$\Delta P_{\text{ads}} = \max_{t \in [0, t_{\text{ads}}]} P_{\text{ads}}^{\text{out}}(\mathbf{u}, L) - P_{\text{ads}}^{\text{in}}(\mathbf{u}, 0) \leq \Delta P_{\text{ads},}^{+};$$

$$\Delta P_{\text{des}} = \max_{t \in [0, t_{\text{des}}]} P_{\text{des}}^{\text{out}}(u, 0) - P_{\text{des}}^{\text{in}}(u, L) \leq \Delta P_{\text{des}}^{+},$$

где t_{ads}, t_{des} – длительности стадий адсорбции и десорбции; P_{ads}, P_{des} – давления на стадиях адсорбции и десорбции соответственно; $\underline{y}_1^{\text{out}}$ – заданное значение концентрации кислорода в продукционном потоке воздуха; $\underline{Q}$ – заданное значение производительности (расхода продукционного потока воздуха при заданной концентрации $\underline{y}_1^{\text{out}}$ кислорода) установки КБА;

v_g^+ – максимально допустимое значение скорости газовой смеси в слое адсорбента; $\Delta P_{ads}^+, \Delta P_{des}^+$ – максимально допустимые значения перепада давления в адсорбционном слое адсорбера на стадиях адсорбции и десорбции.

Сформулированная аргументная задача оптимизации относится к классу задач нелинейного программирования, для решения которой использовали высокоэффективный метод последовательного квадратичного программирования. Результаты сравнительного анализа работы установки КБА при наличии адаптивной оптимизации (+) и без адаптивной оптимизации (–) в системе управления представлены в таблице.

К анализу эффективности работы установки КБА

Возмущающее воздействие – ступенчатое увеличение	I^*, об. % (+)	I, об. % (–)	ΔI, об. %
Концентрация CO от 34 до 45 об. %	95,76	89,46	6,3
Температура исходной смеси от 30 до 50 ºС	98,92	94,13	4,79

Список литературы

1. Mathematical Modeling of Hydrogen Production Process by Pressure Swing Adsorption Method / E. I. Akulinin, A. A. I shin, S. A. Skvortsov, D. S. Dvoretsky, S. I. Dvoretsky // Advanced Materials and Technologies. 2017. – No. 2. – P. 38 – 49.

2. Моделирование и оптимизация циклических адсорбционных процессов обогащения газовых смесей водородом / А. А. Ишин, С. А. Скворцов, В. Г. Матвейкин, Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий // ТОХТ. – 2019. – Т. 53, № 4. – С. 1 – 13.

А. А. Баламутова, магистрант кафедры «Природопользование
и защита окружающей среды»,
О. С. Филимонова, магистрант кафедры «Природопользование
и защита окружающей среды»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

К ПРОБЛЕМЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНОВ

Аннотация. Проблема рекультивации полигонов в Российской Федерации является одной из самых злободневных. Недостаток внимания к ней приводит к социальной напряженности в различных городах России. В докладе предложены типовые мероприятия по решению проблемы: отведение биогаза на сжигание и очистка фильтрата на локальных сооружениях.

Ключевые слова: рекультивация полигонов, Указы Президента РФ, экология, инженерные мероприятия экологической защиты.

Проблема твердых отходов наиболее характерна для современных городов в связи с ограниченностью их территорий и большой численностью населения. Однако захоронение отходов в землю остается наиболее широко практикуемым методом их ликвидации, невзирая на отсутствие свалочных мест.

В Указе Президента Российской Федерации «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» дано поручение Правительству РФ разработать и рассмотреть на заседании Совета при Президенте РФ вопросы экологии, в частности:

1) эффективное обращение с отходами производства и потребления, включая ликвидацию несанкционированных свалок в границах городов;

2) формирование комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами, включая ликвидацию свалок и рекультивацию территорий, на которых они размещены, создание условий для вторичной переработки всех запрещенных к захоронению отходов производства и потребления;

3) создание современной инфраструктуры, обеспечивающей безопасное обращение с отходами I и II классов опасностей, и ликвидация наиболее опасных объектов накопленного экологического вреда.

Тема рекультивации полигонов твердых коммунальных отходов в последнее десятилетие приобрела особое звучание. Создаваемые 20 и более лет назад в условиях централизованного планирования хозяйственной деятельности в России полигоны в настоящем периоде стали образовываться хаотично, без учета природоохранных требований и при отсутствии должного контроля за их использованием. Инженерно-защитные мероприятия до начала их строительства и в процессе эксплуатации не проводились.

В итоге в современной России сложилась ситуация с накоплением ТКО, на которую вынужден был обратить внимание Правительства РФ Президент В. В. Путин.

В числе недостатков, связанных с эксплуатацией и обслуживанием полигонов, можно назвать следующие:

1. Нерациональное использование территорий вблизи населенных пунктов, заимствование ценных земельных ресурсов в таких субъектах РФ, как, например, Тамбовская область.

2. Рост объемов ТКО на полигонах сверх проектных значений.

3. Отсутствие строгого контроля (мониторинга) за состоянием веществ, вывезенных на полигоны.

4. Негативное воздействие газовых и жидких компонентов, образуемых на полигонах, на состояние окружающей среды и здоровье людей.

Определенным решением названных выше проблем является комплексная рекультивация полигонов отходов, включающая систему мероприятий по эколого-экономическому восстановлению нарушенных земель. При этом возможны: рекреационное, санитарно-гигиеническое или природоохранное направления рекультивации. Тогда как рекультивация полигона вблизи г. Мичуринска предполагает одновременное решение задач всех трех направлений в результате технической и биологической рекультивации, с обустройством системы по сбору газа.

Главные проблемы рекультивации полигона связаны с предотвращением образования фильтрата, возникающего из-за поступления атмосферных осадков и запахов от гниения органических веществ. Для устранения воды, попадающей внутрь тела полигона, требуется прокладка специальных противофильтрационных экранов на поверхности полигона и по его периметру. А от проникновения грунтовых вод в тело полигона необходима противофильтрационная защитная стенка, заглубленная в водоупор. После создания защитного экрана и дренажной системы сбора фильтрата по всей поверхности наносят грунт и плодородный слой почвы. Очистка фильтрата осуществляется на локальных очистных сооружениях, а сбор биогаза производят с помощью специальной коллекторной сети подачи газа на установку для сжигания.

Список литературы

1. Мир 80-х годов / пер. с англ. ; предисл. Г. А. Арбатова ; ред. и послесл. Г. В. Сдасюк. – М. : Прогресс, 1989. – 496 с.

2. Бертокс, П. Стратегия защиты окружающей среды от загрязнений / П. Бертокс, Д. Радд. – М. : Мир, 1980. – 606 с.

П. Н. Бернацкий[1], д-р хим. наук, доц., доц. кафедры химии и экологической безопасности,
И. В. Зарапина[2], канд. хим. наук, доц., доц. кафедры «Химия и химические технологии»,
А. Ю. Осетров[2], канд. хим. наук, доц., доц. кафедры «Химия и химические технологии»
([1]Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина, Тамбов, Россия;
[2]Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ В КАЧЕСТВЕ АНТИКОРРОЗИОННЫХ КОНСЕРВАЦИОННЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ В СЕРОСОДЕРЖАЩИХ АТМОСФЕРАХ

Аннотация. Исследована коррозия углеродистой стали в насыщенных растворах SO_2, находящихся в равновесии с газовой фазой оксида серы (IV). Исходная концентрация оксида в газовой фазе находилась в интервале 0,1…10,0 об. %, соответственно, его равновесная концентрация составляла $1{,}1\cdot10^{-5}$…$6{,}7\cdot10^{-2}$ об. %. Изучена защитная эффективность эмульгина при его содержании в пленке на основе моторного отработанного масла 1…10 масс. %.

Ключевые слова: коррозия, защита, сталь, пленка, отработанное масло.

В Тамбовской области значительное количество автотранспорта, и поэтому проблема увеличения отходов нефтепродуктов и отработанного моторного масла является как никогда актуальной. Накопленное отработанное моторное масло (ММО) на автотранспортных предприятиях и у частных лиц необходимо собирать и утилизировать.

Грамотная утилизация, переработка использованных моторных масел, безусловно, приведет к уменьшению загрязнения окружающей среды [1].

Отработанное моторное масло представляет собой смесь минеральных нефтяных и синтетических моторных масел. Использование его в качестве растворителя-основы для создания антикоррозионных композиций позволяет решить целый ряд проблем, а именно:

– экономическую, поскольку стоимость композиций на основе отработавшего моторного масла значительно ниже, чем на основе свежих масел;

– экологическую, за счет альтернативного применения больших количеств отработавших товарных нефтяных масел [4].

Гравиметрические коррозионные испытания проведены в насыщенной сернистым газом дистиллированной воде, а также в находящейся с ней в равновесии газовой фазе. Для исследования использовали образцы стали марки Ст3 следующего массового состава, %: железо Fe – 98,36; углерод C – 0,2; марганец Mn – 0,5; кремний Si – 0,15; медь Cu – 0,2; никель Ni – 0,2; хром Cr – 0,3; фосфор P – 0,04; сера S – 0,05.

В качестве полифункциональной присадки предлагается использовать эмульгин, который имел следующий компонентно-массовый состав, %: первичные алифатические амины фракции C_{16}…C_{20} – 22…30; вторичные алифатические амины фракции C_{10}…C_{15} – 12…23; первичные алифатические амины фракции C_{10}…C_{15} – 5…20; вторичные алифатические амины фракции C_{16}…C_{20} – 10…26; парафиновые углеводороды фракции C_{18}…C_{20} – остальное.

Интересно было выяснить и оценить эффективность эмульгина как ингибирующей добавки к отработавшим товарным моторным маслам при защите стальных изделий от коррозии в атмосфере оксида серы (IV) SO_2. Для этого рассчитали защитный эффект (Z, %) масля-

ных консервационных композиций ММО по отношению к стали Ст3. В каждой серии экспериментов относительную влажность воздушной атмосферы считали равной 100%. Продолжительность коррозионных испытаний составляла 14 суток (336 часов).

Результаты исследования ингибирующей эффективности масляной консервационной композиции эмульгина в растворителе-основе в отсутствие SO_2 приведены в табл. 1 и 2.

Экспериментальные данные табл. 1 свидетельствуют о том, что с ростом концентрации присадки эмульгина наблюдается увеличение толщин пленок (в таблице обозначены *h*, мкм) консервационных материалов, покрывающих металлоизделие. Они изменяются в пределах от 18,8 микрон – для покрытий чистым ММО и до 108,09 микрон – для покрытий составами, содержащими 10 масс. % эмульгина в растворителе-основе.

1. Толщина консервационной пленки при разных концентрациях полифункциональной присадки эмульгина в масле

$C_{эмульгина}$, масс. % в масле	0	1	3	5	7	10
h, мкм	18,80	19,73	32,51	35,44	50,23	108,09

2. Влияние концентрации эмульгина на защитный эффект (*Z*, %) масляной композиции на основе ММО

$C_{эмульгина}$, масс. % в масле	*Z*, %	$K \cdot 10^3$, г/(м^2·ч)
0	98,45	0,333
10	99,19	0,173
7	99,03	0,202
5	98,94	0,219
3	98,88	0,228
1	98,77	0,261
Без композиции	–	20,960

Из таблицы 2 также можно увидеть, что с увеличением концентрации эмульгина в ММО от 1 до 10 масс. % скорость коррозии *K* несколько снижается, а защитная эффективность соответственно увеличивается. Причем наибольший тормозящий эффект проявляют покровные пленки, содержащие 10 масс. % эмульгина в ММО, величина *Z* при этом составляет 99,19%.

При введении в воздушную атмосферу 10,0 об. % коррозионно-агрессивного сернистого газа SO_2 наблюдается явный рост величины скорости коррозии (табл. 3) и на образцах без покрытия достигает максимальной величины $33{,}49 \cdot 10^{-3}$ г/(м^2·ч). Однако защитная способность при этом также повышается с ростом толщины защитной пленки и концентрации

эмульгина в растворителе-основе, имея значение 88,13% при покрытии поверхности пленками, содержащими 10 масс. % добавки в растворителе-основе.

3. Влияние концентрации эмульгина на защитный эффект масляной композиции на основе ММО в атмосфере, содержащей 10 об. % SO_2

$C_{эмульгина}$, масс. % в масле	Z, %	$K \cdot 10^3$, г/(м^2·ч)
0	68,29	10,62
10	88,13	3,98
7	84,35	5,24
5	80,05	6,68
3	78,97	7,05
1	77,68	7,48
Без композиции	–	33,49

Далее в рабочую атмосферу вводили 5 об. % сернистого газа (табл. 4).

Полученные данные в табл. 4 свидетельствуют о том, что ингибирующая эффективность предлагаемых масляных покрытий незначительно отличается от предыдущих испытаний. По-прежнему убыль концентрации коррозионно-агрессивного газа приводит к увеличению скорости коррозии образца без покрытия до величины $31{,}69 \cdot 10^{-3}$ г/(м^2·ч). И опять-таки наилучший защитный эффект демонстрирует пленка с 10 масс. % присадки в ММО.

4. Влияние концентрации эмульгина на защитный эффект масляной композиции на основе ММО в атмосфере SO_2, содержащей 5 об. % SO_2

$C_{эмульгина}$, масс. % в масле	Z, %	$K \cdot 10^3$, г/(м^2·ч)
0	85,34	4,64
10	91,65	2,69
7	90,74	2,92
5	89,59	3,31
3	89,05	3,51
1	87,79	3,85
Без композиции	–	31,69

Далее снова изменили концентрацию сернистого газа. Падение концентрации оксида серы (IV) в воздушной атмосфере до 3 (табл. 5) и 1 (табл. 6) об. % картину существенно не меняет и она остается приблизительно такой же.

5. Влияние концентрации эмульгина на защитный эффект масляной композиции на основе ММО в атмосфере, содержащей 3 об. % SO_2

$C_{эмульгина}$, масс. % в масле	Z, %	$K \cdot 10^3$, г/(м^2·ч)
0	90,29	2,58
10	94,29	1,52
7	94,02	1,59
5	93,11	1,85
3	92,58	2,00
1	92,43	2,03
Без композиции	–	26,62

Из данных табл. 5 и 6 следует, что ингибирующий эффект консервационных масляных композиций находится в пределах 90…96%. Он достигает максимального значения 96,83% в случае нанесения на электроды пленок, содержащих 10% защитной добавки в масляном растворителе-основе.

6. Влияние концентрации эмульгина на защитный эффект масляной композиции на основе ММО в атмосфере, содержащей 1 об. % SO_2

$C_{эмульгина}$, масс. % в масле	Z, %	$K \cdot 10^3$, г/(м^2·ч)
0	94,14	1,390
10	96,83	0,749
7	96,22	0,894
5	95,73	1,011
3	95,04	1,181
1	94,71	1,261
Без композиции	–	23,640

При введении в воздушную атмосферу 0,1 об. % SO_2 по-прежнему наблюдается рост величины скорости коррозии (табл. 7). С ростом толщины покровной пленки и концентрации эмульгина в растворителе-основе защитная способность также повышается, достигая 99,00% при нанесении на образца композиции, содержащей 10 масс. % добавки в растворителе-основе.

7. Влияние концентрации эмульгина на защитный эффект масляной композиции на основе ММО в атмосфере, содержащей 0,1 об. % SO_2

$C_{эмульгина}$, масс. % в масле	Z, %	$K \cdot 10^3$, г/(м^2·ч)
0	98,39	0,356
10	99,00	0,220
7	98,78	0,271
5	98,77	0,279
3	98,59	0,307
1	98,34	0,366
Без композиции	–	21,950

Можно однозначно утверждать, что исследуемая присадка эмульгина проявляет достаточно высокую ингибирующую способность по отношению к коррозии низкоуглеродистой стали в серосодержащей воздушной атмосфере. При этом с ростом концентрации полифункциональной добавки, защитный эффект составов на базе отработавших моторных масел возрастает, достигая 99,00%.

Список литературы

1. Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология / В. Н. Луканин. – М. : Высшая школа, 2001. – 273 с.
2. Некоторые проблемы ингибирования атмосферной коррозии стали отработавшими моторными маслами / Л. Г. Князева, А. П. Акользин, В. И. Вигдорович, Н. В. Шель // Практика противокоррозионной защиты. – 2012. – № 1(63). – С. 60 – 65.
3. Колотыркин, Я. К. Металл и коррозия / Я. К. Колотыркин. – М. : Металлургия, 1985. – 88 с.
4. Консервационные смазочные материалы / Ю. Н. Шехтер, В. М. Школьников, Т. И. Богданов и др. – М. : Химия, 1979. – 256 с.
5. Защита металлов от атмосферной коррозии масляными покрытиями / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова, Н. В. Шель, Л. Г. Князева, А. Н. Зазуля. – М. : Изд-во КАРТЕК, 2014. – 73 с.
6. Антикоррозионные консервационные материалы / В. И. Вигдорович, И. Г. Насыпайко, В. Д. Прохоренков. – М. : Агропромиздат,1987. – 127 с.

Работа выполнена при поддержке РФФИ,
грант № 17-07-01368-а

Т. О. Бочкарева, П. М. Мурашов, аспиранты,
В. В. Кушнаренко, магистр
(Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия)

АНАЛИЗ АКУСТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И СИСТЕМ

Аннотация. В работе рассматривается возможность возникновения акустоэлектрического канала утечки информации за счет преобразования информативного сигнала из акустического в электрический в элементах вспомогательных технических средств и систем.

Ключевые слова: акустоэлектрический преобразователь, информативный сигнал, технические средства и системы.

Технические средства и системы, не задействованные для обработки защищаемой информации, но которые находятся в электромагнитном поле побочных излучений технических средств обработки информации, в результате чего на них наводится опасный сигнал, который по токопроводящим коммуникациям может распространяться за пределы контролируемой зоны, являются вспомогательными техническими средствами и системами (далее ВТСС) [1, 2].

ВТСС своим присутствием, за счет наличия в их структуре акустоэлектрических преобразователей и случайных переизлучающих антенн, могут создавать потенциальные каналы утечки защищаемой информации – каналы утечки информации за счет акустоэлектрических преобразований.

Некоторые элементы ВТСС, в том числе различные моточные элементы, конденсаторы с сегнетодиэлектриками, ряд конструкций полупроводниковых компонентов и т.п., обладают свойством изменять свои параметры (емкость, индуктивность, магнитное и электрическое сопротивление, коэффициент передачи) под действием механического воздействия акустического поля, создаваемого источником колебаний.

Изменение этих параметров приводит либо к появлению на выводах элементов электродвижущей силы (ЭДС), либо к изменению протекающих через них токов в соответствии с изменениями воздействующего акустического поля [3].

Канал утечки информации за счет акустоэлектрических преобразований может возникнуть вследствие физических явлений, таких как электромагнитная индукция, магнитострикция, пьезоэлектрический и конденсаторный эффекты.

По закону электромагнитной индукции (закон Фарадея) ЭДС электромагнитной индукции E_i в контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока Φ_m сквозь поверхность, ограниченную этим контуром:

$$\frac{d\Phi_m}{dt}. \qquad (1)$$

Если замкнутый контур состоит из *N* последовательно соединенных витков (например, имеет вид соленоида), то под Φ_m следует понимать полный магнитный поток сквозь поверхность, ограниченную всеми *N* витками. В электротехнике эту величину называют потокосцеплением контура:

$$\psi = \sum_1^N \Phi_{mi}\,, \tag{2}$$

и закон электромагнитной индукции записывается в форме

$$E_i = -\frac{d\psi}{dt}\,. \tag{3}$$

Знак минус выражает правило Ленца о том, что индукционный поток в контуре всегда имеет такое направление, что создаваемый им магнитный поток сквозь поверхность, ограниченную контуром, уменьшает те изменения магнитного потока, которые вызвали появление этого индукционного тока.

Магнитный поток, охватываемый контуром, может изменяться по ряду причин:

– вследствие деформации контура;
– вследствие перемещения контура во внешнем магнитном поле;
– вследствие изменения величины магнитного поля во времени [4].

Для того чтобы решить вопрос о необходимости принятия мер по защите конкретного технического средства от возможности утечки информации, необходимо провести предварительный анализ. Наиболее подвержены акустоэлектрическим преобразованиям такие технические средства, как: трансформатор, электромагнитное реле, электромотор, датчики систем пожарной и охранной сигнализации.

Рассмотрим подробно на примере работы трансформатора и датчиков систем пожарной и охранной сигнализаций.

Трансформатор. Как преобразователь, трансформатор работает только тогда, когда по одной из обмоток протекает ток. Эффект акустоэлектрического преобразования в трансформаторе возникает, как только перемещаются катушки относительно их исходного положения на сердечнике, и в них возбудится ЭДС самоиндукции. Причиной этому явилось изменение потока Φ_{m1} (Φ_{m2}) через витки катушки. В том случае, когда на корпусе трансформатора действует акустическая волна P_1 и P_2, то катушки трансформатора и его сердечник деформируются или перемещаются относительно своего первоначального положения. В этом случае витки катушки пересекают переменный магнитный поток Φ_{m1} или Φ_{m2}, и в витках катушек, даже при отсутствии тока, возбуждается ЭДС самоиндукции. Из выражения

$$E_i = -\frac{d\psi}{dt} \tag{4}$$

следует, что величина ЭДС определяется скоростью изменения потока сцепления через катушку.

Трансформатор под воздействием акустического поля становится источником ЭДС акустоэлектрического преобразования. Поэтому в отношении трансформатора всегда требуется проверка величины сигналов акустоэлектрического преобразования и принятия мер по его снижению до допустимого уровня.

Датчики систем пожарной и охранной сигнализации. Пожарная и охранная сигнализации строятся по лучевому принципу. Есть центральный пульт и есть лучи (проводные линии), идущие в охраняемые помещения, где установлены датчики. Датчики могут быть различного назначения – все зависит от контролируемых параметров пространства помещения.

Датчики пожарных сигнализаций контролируют в помещении наличие высоких температур и задымление. Наиболее простым и весьма надежным считается тепловой датчик (типа ДТЛ). Этот датчик представляет собой два пружинистых электрода, соединенных между собой электропроводным легкоплавким сплавом. При достижении в помещении температуры критической величины спай расплавляется, и электроды расходятся в разные стороны – контакт разрывается. Пульт фиксирует факт срабатывания датчика.

С точки зрения защиты информации такой датчик не представляет опасности потому, что он не подвержен воздействию акустического поля.

Датчики, улавливающие наличие дыма в помещении, строятся по принципу оптического канала. Оптический источник излучает сигнал в сторону фотоприемника. При появлении дыма в помещении дым перекрывает оптический канал датчика, и датчик вырабатывает сигнал тревоги. Датчики такого типа практически не подвержены воздействию акустического поля, так как вырабатываемый сигнал тревоги не содержит в себе признаков воздействующего акустического поля.

В охранных системах также используется лучевой принцип с датчиками на конце луча. Датчики в первую очередь контролируют закрытое состояние дверей, окон, форточек и т.п. Для этой цели используют магнитоконтактные датчики на герконовых контактах.

Постоянный магнит крепится на открываемую часть двери, форточки, окна или любую другую перемещаемую поверхность, стояние которой необходимо контролировать. Если магнит отодвигается от герконового контакта, то контакт размыкается. В принципе здесь также, как и в предыдущем рассмотренном примере, имеем короткозамкнутый шлейф, но магнитный контакт подвержен воздействию акустического поля, наблюдается зависимость переходного сопротивления контакта при воздействии акустического поля. Так как шлейф постоянно обтекается током, то при воздействии акустического поля на контакт появляется модуляция тока, пропорциональная воздействующему полю.

При проведении мероприятий по аттестации объектов информатизации выполняется оценка соответствия уровня защищенности ВТСС требованиям нормативных документов по безопасности информации, утвержденных ФСТЭК России. Если уровень защищенности не соответствует норме, то определяются технические и организационные меры, обеспечивающие защиту информации, и оценивается их эффективность.

Для качественного решения задач аттестационных испытаний специалист должен знать теоретические основы разных областей науки – акустики, спектрального анализа, теории измерений, законов распространения электромагнитных волн и знать нормативно-методические и руководящие документы по защите технических каналов утечки информации.

Список литературы

1. Терминология в области защиты информации : справочник. – М. : ВНИИ «Стандарт», 1993. – 110 с.

2. Дураковский, А. П. Контроль защищенности речевой информации в помещениях. Аттестационные испытания вспомогательных технических средств и систем по требованиям безопасности информации / А. П. Дураковский, И. В. Куницин, Ю. Н. Лаврухин. – М. : Национальный Исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2015.

3. Кондратьев, А. В. Организация и содержание работ по выявлению и оценке основных видов ТКУИ, защита информации от утечки : справ. пособие / А. В. Кондратьев. – М. : МАСКОМ, 2011.

4. Покровский, Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи / Н. Б. Покровский. – М. : Гос. изд-во литературы по вопросам связи и радио, 1962. – 392 с.

5. Железняк, В. К. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации / В. К. Железняк, Ю. К. Макаров, А. А. Хореев // Специальная техника. – 2000. – № 4. – С. 39 – 45.

С. М. Ведищев[1], заведующий кафедрой, канд. техн. наук, доц. кафедры «Агроинженерия»,
А. И. Завражнов[1,2], д-р техн. наук, проф., академик РАН,
А. В. Прохоров[1], канд. техн. наук, доц. кафедры «Агроинженерия»,
А. А. Кажияхметова[3], старший преподаватель
([1]Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия;
[2]Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия;
[3]Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, Уральск, Казахстан)

ЭНЕРГРОЗАТРАТЫ КОРМОРАЗДАТЧИКА СО ШНЕКОВЫМИ ДОЗАТОРАМИ-СМЕСИТЕЛЯМИ ПРИ ВЫДАЧЕ В ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ КОРМУШКИ

Аннотация. Предложен дозатор-смеситель кормораздатчика с активным каналом обратного хода, а также методика расчета мощности на привод шнековых рабочих органов. Получены выражения для определения сил сопротивления на перемещение кормовой массы.

Ключевые слова: дозатор, канал, мощность, скорость, сопротивление, шнек.

У шнекового дозатора с активным каналом обратного хода загрузочная и выгрузная части дозирующего шнека соединены каналом обратного хода, в котором установлен возвратный шнек [1, 3, 5 – 7]. Выгрузное отверстие дозирующего шнека перекрыто заслонкой.

Суммарная мощность на привод дозатора складывается из затрат мощности на привод дозирующего и возвратного шнеков:

$$P = \sum P_{\text{д}} + \sum P_{\text{в}} \ , \tag{1}$$

где $\sum P_{\text{д}}$ – мощность на привод дозирующего шнека, Вт; $\sum P_{\text{в}}$ – мощность на привод возвратного шнека, Вт.

Мощность на привод дозирующего шнека [9]

$$\sum P_{\text{д}} = P_{1g} + P_{2g} + P_{3g} + P_{5g} + P_{6g} \ , \tag{2}$$

где P_{1g}, P_{2g}, P_{3g}, P_{5g}, P_{6g} – мощность на преодоление подъема или спуска корма в желобе, по преодолению сопротивления о желоб, дозирующего шнека, на преодоление сопротивления трения о винт, на преодоление трения в упорных подшипниках, на преодоление сопротивления внутреннего трения в транспортирующим корме соответственно, Вт.

Мощность на преодоление подъема или спуска [9]

$$P_{1g} = W_{1g} V_{mpg} \ , \tag{3}$$

где W_{1g} – сопротивление спуску (подъему) корма, Н; V_{mpg} – осевая скорость перемещения корма по желобу дозирующего шнека, м/с.

После преобразования получим

$$P_{1g} = \pm \frac{\pi\left(D_2^2 - D_1^2\right) S_1 n_1 \rho \varphi_{\text{зап}} g L_{\text{д}} \sin\beta}{4}, \tag{4}$$

где $L_{\text{д}}$ – длина дозатора, м.

Мощность на преодоления сопротивления корма о желоб дозирующего шнека [9]

$$P_{2g} = W_{2g} V_{mpg}, \tag{5}$$

где W_{2g} – сопротивление трения корма о желоб в дозирующем шнеке, Н.

Сопротивление трения корма о желоб в дозирующем шнеке [9]

$$W_{2g} = q_q H_g f_{cm} \cos\beta. \tag{6}$$

Или после преобразования

$$P_{2g} = \frac{\pi\left(D_2^2 - D_1^2\right) S_1 n_1 \rho\varphi_{\text{зап}}\, g L_{\text{д}} f_{\text{ст}} \cos\beta}{4}. \tag{7}$$

Мощность на преодоление сопротивления трения корма и винт дозирующего шнека [9]

$$P_{3g} = W_{3g} V_{\text{окрg}}, \tag{8}$$

где W_{3g} – сопротивление трения корма о винт дозирующего шнека, Н; $V_{\text{окрg}}$ – окружающая скорость перемещения спирали винта дозирующего шнека относительно корма, м/с.

После преобразования получим

$$P_{3g} = \frac{\pi^3 D_2 L_g g\left(D_2^2 - D_1^2\right)\rho\varphi_{\text{зап}} K_0 n_1 \left(D_2 + D_1\right)}{16 S_1}\left(f_{\text{ст}} \cos\beta \pm \sin\beta\right). \tag{9}$$

Мощность на преодоление сопротивления трения в упорных подшипниках [9]

$$P_{5g} = W_{5g} V_{ng}, \tag{10}$$

где W_{5g} – сопротивление трения в упорных подшипниках, Н; V_{ng} – окружная скорость в подшипнике, м/с,

или

$$P_{5g} = \frac{\pi^2\left(D_2^2 - D_1^2\right)\rho g \varphi_{\text{зап}} L_g D_2 f_{ng} d_{\text{пд}} n_1}{4 \cdot S_1}\left(f_{\text{ст}} \cos\beta \pm \sin\beta\right), \tag{11}$$

где f_{ng} – коэффициент трения в подшипнике; $d_{\text{пд}}$ – диаметр подшипника, м.

Мощность на преодоление сопротивления внутреннего трения в транспортируемом корме [9]

$$P_{6g} = W_{6g} V_{\text{окрg}}, \tag{12}$$

где W_{6g} – сопротивление внутреннего трения в транспортируемом корме, Н.

После преобразования получим

$$P_{6g} = \frac{\pi^3\left(D_2^2 - D_1^2\right) L_g\, D_2\, \rho\, g\, \varphi_{\text{зап}}\left(1 - R_2\right) K_0\, n_1 \left(D_2 + D_1\right) f_2}{16 S_1}, \tag{13}$$

где R_2 – коэффициент скорости подачи, $R_2 = 0{,}6\ldots0{,}7$ [11].

Мощность на привод возвратного шнека определяется по выражению [9]

$$\sum P_{\text{в}} = P_{1\text{в}} + P_{2\text{в}} + P_{3\text{в}} + P_{5\text{в}} + P_{6\text{в}}, \tag{14}$$

где $\sum P_{в}$ – мощность на привод возвратного шнека, Вт; $P_{1в}$, $P_{2в}$, $P_{3в}$, $P_{5в}$, $P_{6в}$ – мощность на преодоление подъема или спуска корма, на преодоление сопротивления о желоб, на преодоление сопротивления трения о винт, на преодоление трения в упорных подшипниках, на преодоление сопротивления внутреннего трения в транспортируемом корме возвратного шнека соответственно, Вт.

Затраты мощности на привод возвратного шнека рассчитываются аналогично, как для дозирующего шнека с учетом коэффициента заполнения межвиткового пространства φ_{bi}.

Удельные энергозатраты характеризуют затраченную энергию на единицу продукции в единицу времени, т.е. [8, 10]

$$N_{уд} = \frac{P}{Q_{д}}. \qquad (15)$$

где $Q_{д}$ – подача дозирующего органа кормораздатчика, кг/с.

Рациональные параметры дозатора должны обеспечивать качество работы в соответствии с зоотехническими требованиями при минимальных удельных затратах энергии.

Подача шнекового дозатора с активным каналом обратного хода будет определяться подачей дозирующего шнека и величиной открытия заслонки в зоне выгрузного окна [2, 4].

Список литературы

1. Ведищев, С. М. Двухшнековый дозатор / С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, А. Ю. Глазков // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства : сб. науч. докл. XVII Междунар. науч.-практ. конф., 06 ноября 2013 г. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2013. – С. 113 – 115.

2. Ведищев, С. М. Дозатор / С. М. Ведищев, А. В. Прохоров // Прогрессивные технологии развития : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., 10–11 декабря 2005 г. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2005. – С. 139 – 142.

3. Дозатор кормов / С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, С. В. Мешков, А. С. Тарасов // Фундаментальные и прикладные исследования, инновационные технологии, профессиональное образование : сб. тр. XI науч. конф. ТГТУ. В 2 ч. – Тамбов : Изд-во Тамбов. гос. техн. ун-та, 2006. – Ч. 2. – С. 31–32.

4. Теоретическое определение параметров и производительности дозирующего устройства мобильного кормораздатчика / С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, А. Г. Сорокин, А. А. Поплевин // Фундаментальные и прикладные исследования, инновационные технологии, профессиональное образование : сб. тр. XIII науч. конф. ТГТУ / Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2008. – С. 263 – 266.

5. Ведищев, С. М. Управление подачей дозатора с изменяющимся шагом шнека / С. М. Ведищев, А. В. Прохоров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 4(54). – С. 81 – 85.

6. Ведищев, С. М. Шнековый дозатор с каналом обратного хода / С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, Д. Н. Балахонова // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве с.х. продукции – новые технологии и техника нового поколения для расте-

ниеводства и животноводства : сб. науч. докл. XVIII Междунар. науч. практ. конф. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2015. – С. 123 – 127.

7. Шнековый дозатор с каналом обратного хода / С. М. Ведищев, Д. Н. Балахонова, В. В. Сорокин, М. А. Гарина, А. В. Козлов // Наука в центральной России. – 2015. – № 5(17). – С. 29 – 33.

8. Завражнов, А. И. Совершенствование машин и технологических линий приготовления и раздачи кормов на молочных фермах и комплексах : автореф. дис. … д-ра техн. наук в форме научн. докл.: 05.20.01 / Завражнов Анатолий Иванович. – Ленинград- Пушкин, 1991. – 75 с.

9. Коба, В. Г. Машины для раздачи кормов. Теория и расчет / В. Г. Коба. – Саратов : Изд-во Саратовского СХИ, 1974. – 140 с.

10. Коновалов, В. В. Повышение эффективности средств механизации приготовления и выдачи кормосмесей в свиноводстве : автореф. дис. … д-ра. техн. наук: 05. 20. 01 / Коновалов Владимир Викторович. – Пенза, 2005. – 40 с.

11. Кукта, Г. М. Технология переработки и приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М. : Космос, 1978. – 240 с.

И. А. Глазырина, магистрант кафедры Государственного и муниципального управления
(Вятский государственный университет, Киров, Россия)

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ НА ОБЪЕКТЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются методы оценки эффективности инновационных проектов и эффекты от внедрения инновационного решения управления системами объекта. В частности, описаны эффекты от установки автоматизированной системы диспетчерского управления инженерными системами зданий и сооружений.

Ключевые слова: АСДУ, оценка эффективности, эффекты внедрения АСДУ, внедрение технологических инноваций.

Внедрение современных инновационных решений в области управления различными системами оказывает значительное влияние как на развитие предприятий, так и на развитие в целом отдельных сегментов экономики России, взявших курс на цифровизацию и автоматизацию.

Одним из решений в области управления инженерными системами на объектах с широким спектром оборудования является автоматизированная система диспетчерского управления (далее АСДУ) инженерной инфраструктурой.

Цель работы – исследование теоретических аспектов проведения оценки эффективности инноваций и оценку возможности применения данных методов при определении эффективности внедрения АСДУ на объектах, зданиях, сооружениях.

Задачи исследования – рассмотрение отдельных эффектов, получаемых при эксплуатации объекта, на котором внедрена АСДУ, и рассмотрение методов оценки эффективности инновационного проекта.

Помимо решения таких первоочередных задач, как повышение эффективности управления и контроля над состоянием процессов и систем объекта (здания, сооружения), внедрение АСДУ позволяет обеспечить сбережение ресурсов и снижение затрат, повышение энергоэффективности объекта, снижение рисков потери функциональности и безопасности инженерной инфраструктуры объектов.

«Как известно, внедрение новшеств может дать четыре вида эффекта: экономический, научно-технический, социальный и экологический. В процессе коммерциализации инноваций в первую очередь ориентируются на получение экономического эффекта в форме прибыли. Остальные виды эффекта несут в себе потенциальный экономический эффект» [1, с. 175].

Так, социальный эффект от внедрения на объекте АСДУ может проявляться в улучшении качества условий пребывания людей в данной среде, улучшении условий труда и отдыха, т.е. в улучшении здоровья людей и повышении степени удовлетворенности их физиологических потребностей, изменении структуры персонала организации и др.

Экологический эффект проявляется в улучшении показателей среды по уровню шума, освещенности, повышению экологической безопасности объекта.

Для полноты учета эффективности внедрения инновационного проекта на объекте рекомендуется помимо расчета экономического эффекта приводить к стоимостному выражению и неэкономические эффекты, возможные от внедрения инновации.

АСДУ является одним из инструментов, способствующих увеличению доходов компании за счет снижения эксплуатационных расходов объекта недвижимости. Экономическая эффективность установки АСДУ состоит в том, что вложенные в систему средства будут окупаться через экономию затрат на эксплуатацию здания, сооружения.

Рассмотрим некоторые эффекты, получаемые при эксплуатации здания, сооружения, на котором внедрена АСДУ:

1. Контролируемое распределение и оптимальное использование энергоресурсов, вследствие чего снижаются затраты на электроэнергию и теплоснабжение здания, сооружения. Достижение этого эффекта обеспечивается за счет схемно-параметрической оптимизации потребления электрической и тепловой энергии объектами инфраструктуры. Например, внедрение наиболее экономного режима автоматического перевода инженерной инфраструктуры здания из дневного в ночной режим работы, применение режима работы в зависимости от времени суток и внешних погодных условий (автоматическое отключение освещения, регулирование кондиционирования и вентилирования, снижение температуры отопительных систем и пр.).

2. Снижение затрат на оплату труда и отчисления в фонды в результате сокращения численности обслуживающего персонала. Эффект достигается за счет применения в процессе эксплуатации зданий с АСДУ полуавтоматического и автоматического контроля за управлением инженерными системами. Обеспечение требуемого уровня контроля меньшим количеством специалистов технической поддержки позволяет снизить совокупную стоимость владения системой.

3. Повышение надежности оборудования и увеличение срока его службы. Непрерывный мониторинг параметров работы оборудования и оповещение диспетчера об отклонениях его работы от нормы позволяет своевременно принять решение о необходимости ремонта инженерного оборудования. Своевременное ТО и ремонт оборудования экономнее, чем ремонт в результате аварийного выхода систем из работы.

4. «Снижение вероятности возникновения экстремальных ситуаций (пожар, затопление или форс-мажорные ситуации), а при их наступлении возможность предотвращать или сокращать до минимума материальные и человеческие потери. Снижение вероятности возникновения страховых случаев и минимизация последствий техногенных аварий. Экономический смысл влияния этого фактора заключается в том, что минимизируется не только вероятность наступления негативного события, но и время, необходимое на его обнаружение, что значительным образом влияет на величину возможного ущерба» [2, с. 32].

5. Улучшение потребительских качеств объекта недвижимости.

6. Повышение экономической привлекательности объекта в качестве коммерческой недвижимости.

Помимо экономической оценки рассмотренных выше эффектов необходимо рассмотреть объект с внедренной АСДУ с точки зрения эффективности инвестиционного проекта с применением статистических и динамических методов оценки. Статистические методы отличает простота расчетов. Однако существенным недостатком рассчитанного статистическим методом показателя является то, «что он не учитывает деятельность проекта за преде-

лами срока окупаемости и не может применяться при сопоставлении вариантов, различающихся по продолжительности жизненного срока» [3, с. 15]. Динамические методы учитывают фактор времени и обеспечивают сопоставимость денежных потоков в разных временных периодах за счет их дисконтирования. На основе анализа существующих подходов в литературе [4, 5] согласимся с видением авторов, рекомендующих проведение оценки инвестиционного проекта с использованием следующих показателей:

1. Показатели, базирующиеся на учетных оценках:
- затраты, прибыль;
- период окупаемости (PP);
- учетная норма рентабельности (ARR).

2. Показатели, базирующиеся на дисконтированных оценках:
- читая приведенная стоимость (NPV);
- индекс рентабельности (PI);
- внутренняя норма доходности (IRR);
- дисконтированный период окупаемости (DPP).

«Таким образом, результатами определения инвестиционной привлекательности установки АСДУ будут являться рассчитанные показатели инвестиционной привлекательности, характеризующие данный проект экономической целесообразностью его реализации» [6, с. 174].

В результате исследования делаем вывод о том, что эксплуатация на объекте АСДУ не только обеспечивает эффективное управление всеми инженерными системами здания, но также приводит к экономическим и неэкономическим эффектам. В частности, за счет оптимизации стоимости эксплуатации объекта, на котором установлена АСДУ, улучшаются показатели эффективности инновационного проекта.

Список литературы

1. Оценка неэкономического эффекта от инновации для целей их коммерциализации / К. Ж. Сибгатуллин, Ю. В. Храмов, С. С. Ахметзянова, И. В. Гилязутдинова // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 22. – С. 175 – 181.
2. Мурашова, О. В. Оценка экономической эффективности строительства «интеллектуальных зданий» : дис. … канд. экон. наук: 08.00.05 / О. В. Мурашова. – М., 2010. – с. 171.
3. Соболева, О. Н. Экономическая оценка установки малой ГЭС на реке Коса Зуевского района Кировской области / О. Н. Соболева // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 75(01). – С. 509 – 525.
4. Михайлова, Э. А. Экономическая оценка инвестиций : учеб. пособие / Э. А. Михайлова, Л. Н. Орлова. – Рыбинск : РГАТА, 2008. – 176 с.
5. Непомнящий, Е. Г. Экономическая оценка инвестиций : учеб. пособие / Е. Г. Непомнящий. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2005. – 292 с.
6. Герман, С. В. Оценка инвестиционной привлекательности применения автоматизированной системы управления и диспетчеризации на коммерческих объектах недвижимости / С. В. Герман, В. И. Раковский // Наука и образование в XXI веке : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. – ООО «АР-Консалт», 2018. – С. 173 – 175.

Г. С. Гумаров[1], д-р техн. наук, проф. кафедры информатики,
А. А. Рахимов[2], канд. техн. наук, доц. кафедры нефтегазового дела,
Л. А. Рахимова[2], ст. преп. кафедры нефтегазового дела,
Т. Н. Амангельды[2], магистрант
([1]Западно-Казахстанский государственный университет
имени М. Утемисова, Уральск, Республика Казахстан;
[2]Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
имени Жангир хана, Уральск, Республика Казахстан)

ПОДГОТОВКА ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ ДЛЯ ЗАКАЧКИ В ПЛАСТ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КАРАТУРУН

Аннотация. В статье на основе обзора литературных источников сделан анализ и выбор оптимального варианта разработки для повышения нефтеотдачи пласта. Горячая закачка воды в пласт позволяет интенсифицировать текущую добычу нефти, увеличить степень извлечения углеводородов.

Ключевые слова: нефтеотдача, пласт, высокопарафинистые нефти, тепловые методы, низкопотенциальные источники тепла, тепловые насосы.

В настоящее время нефтегазовая отрасль является одной из приоритетных в экономике нашей республики. Поэтому одним из направлений увеличения объемов добычи нефти и газа является применение современных ресурсосберегающих технологий, направленных на увеличение нефтеотдачи залежей, одним из которых является поддержание пластового давления заводнением.

Опыт применения заводнения позволил не только вполне определенно выявить его технологические возможности, но и определиться с проблемами, связанными с этим методом воздействия на пласты. Первая проблема заводнения возникла при анализах результатов разработки месторождений с различной вязкостью пластовой нефти. Вторая проблема заводнения связана с принципиальной невозможностью достижения полного вытеснения нефти водой даже при наиболее благоприятных условиях проницаемости коллекторов. Главная причина невозможности полного вытеснения нефти водой из заводненных областей пластов заключается в несмешиваемости нефти и воды. Решить проблему обеспечения полного вытеснения нефти из пластов можно, либо обеспечив смешиваемость нефти с вытесняющим ее веществом, либо применив высокотемпературное воздействие на пласт, при котором происходило бы улучшение жидкотекучих свойств или даже выпаривание нефти [1].

На месторождении Каратурун поддержание пластового давления осуществляется путем закачки воды в пласт. Для увеличения нефтеизвлечения был осуществлен переход в 2015 году на закачку горячей воды. Товарная нефть с пункта подготовки нефти месторождения Каратурун нефтевозами доставляется на пункт учета и сдачи нефти (ПСН). Слив нефти производится с нефтевозов на специально оборудованных сливных стояках. Насосами нефть перекачивается в печи подогрева. После подогрева на печах нефть поступает в отстойники, затем в резервуары для хранения нефти РВС-1 объемом 1000 м^3. Товарная нефть подпорными насосами направляется на блок-бокс системы измерения количества и показателей качества нефти (СИКН) и магистральными насосами перекачивается в магистральный нефтепровод АО «КазТрансОйл».

В нагнетательном фонде числится 8 скважин, в том числе действующих 5. С начала разработки в продуктивные пласты месторождения Каратурун закачано в общей сложности 6100 тыс. $м^3$ воды, в том числе за первое полугодие 2015 г. 1219 тыс. $м^3$. При этом компенсация отбора закачкой составила 56,2%. Показатели системы поддержания пластового давления (ППД) в сравнении проектных и фактических показателей разработки приведены в табл. 1.

Основным источником воды для закачки в пласт в настоящее время является попутная пластовая вода, отделяемая в системе подготовки продукции (сточная, подтоварная). Для обеспечения дополнительно растущих объемов подготовленной попутно добываемой воды в связи с ростом общей добычи жидкости применяются установки предварительного сброса воды (УПС) с использованием технологии совмещенной подготовки нефти и воды (СПОН и В), что позволяет без перегрузок и перебоев качественно готовить воду.

1. Показатели системы ППД месторождения Каратурун Восточный (по состоянию на 01.07.2015 г.)

Показатель разработки	Единица измерения	I объект		II объект		Всего	
		проект	факт	проект	факт	проект	факт
Закачка воды	тыс. $м^3$	3995	1130	1527	116	5523	1219
Накопленная закачка воды	тыс. $м^3$	10 462	7965	2074	159	12536	6244
Компенсация отбора жидкости текущая	%	104	67,1	104	34,8	104	56,2
Фонд нагнетательных скважин	шт.	7	4	1	1	8	5
Средняя приемистость нагнетательных скважин	$м^3$/сут	130,8	156	129,3	65	151,1	121,4

Результаты исследований совместимости сточной попутно добываемой воды, подаваемой на ППД, с пластовыми водами мела и юры месторождения, а также с альбской водой, проведенных в АО «НИПИнефтегаз» в начале 2008 г., показали их совместимость. По содержанию механических примесей и нефтепродуктов в соответствии с СТ РК 1662–2007 определены следующие нормы.

Для коллекторских свойств пластов месторождения Каратурун Восточный, принятых для расчетов, требования к концентрации механических примесей и нефтепродуктов по пористости и проницаемости имеют показатели, приведенные в табл. 2.

2. Требования к качеству закачиваемых вод согласно емкостно-фильтрационных характеристик пласта

Показатель	Единица измерения	Горизонт	
		мел	юра
Пористость	%	25,8	28,8
Проницаемость	мг/л	1,382	1,375
Механические примеси	мг/л	50	50
Нефтепродукты	мг/л	50	50

Анализ закачиваемых вод проводится 3 раза в сутки, количество нефтепродуктов составляло от 8,8 до 28 мг/л и механических примесей – от 198 до 337 мг/л.

Подготовка закачиваемых вод направлена на следующее:

– удаление механических примесей и нефтепродуктов до нормируемых показателей;
– подавление роста сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ);
– снижение коррозионной агрессивности.

Удаление механических примесей и нефтепродуктов осуществлялось отстоем и тщательной фильтрацией воды.

Подавление роста СВБ, а значит, предотвращение развития сульфатредукции в пласте производится бактерицидами, которые вводятся дозировочными насосами в закачиваемую воду.

Разработка месторождения Каратурун Восточный осуществляется с применением системы поддержания пластового давления (ППД) путем закачки в пласт холодной и частично подогретой воды. Согласно Технологической схеме 2014 года температура рабочего агента для поддержания давления должна быть 90 ^{o}C. До 2014 года велась закачка холодной воды, начиная с 2014 года и по состоянию на 01.07.2015 г. подогретой с фактическими значениями температуры, замеренными на устьях нагнетательных скважин до 54,4 ^{o}C.

В качестве рабочего агента по состоянию на 01.07.2015 г. в системе ППД применяется сточная вода, выделившаяся из нефтяной эмульсии в процессе ее подготовки на центральном пункте подготовки нефти (ЦППН).

Сточная попутно добываемая вода представляет собой смесь пластовых вод месторождения. Перед закачкой в пласт попутно добываемая вода проходит подготовку в системе подготовки воды на ЦППН. Технология подготовки попутно добываемой воды включает в себя основные технологические процессы: отстой в водяных резервуарах, улов нефтепродуктов и возврат в технологию, площадку насосов для откачки воды в систему нагнетания. Очистка от нефтепродуктов осуществляется в емкости-отстойнике объемом 400 м^3 с успокоительным кольцом и линией для слива нефтяной пленки в емкость. Очистка от механических примесей осуществляется путем отстоя без использования фильтров. В очищенную и отстоянную воду подается ингибитор коррозии Е-1151 с помощью дозаторной установки марки MiltonRay. Производительность блока дозирования 2,63 л/ч при максимальном давлении 2 МПа. Бактерицидная обработка воды перед закачкой в пласт не производится.

Для обеспечения требуемого качества для более эффективной и глубокой очистки воды от механических примесей в 2015 г. проведены работы по проектированию модернизации системы подготовки воды путем установки фильтров в рамках проекта модернизации и расширения ЦППН в целях повышения его производительности.

Предварительно отделенная от нефти и отстоянная пластовая вода в резервуаре поступает в резервуары пластовой воды для осаждения механических примесей, которые оборудованы электрическими подогревателями для поддержания постоянной температуры 50 ^{o}C. Далее пластовая вода насосами подается на доочистку в отстойники. Отстойники представляют собой напорную горизонтальную емкость объемом 200 м^3, где очистка обеспечивается за счет многоступенчатого прохождения пластовой воды через сообщающиеся между собой отсеки.

В соответствии с техническими характеристиками отстойники позволяют очищать сточную воду от мелкодисперсных частиц до 20 мг/л и нефтепродуктов до 15…20 мг/л, что

соответствует требованиям к качеству рабочего агента на месторождении Каратурун Восточный.

Функциональная схема определяет общую структуру системы закачки воды и способ соединения основного и вспомогательного оборудования.

Технические характеристики установки нагрева воды приведены в табл. 2.

2. Технические характеристики установки нагрева воды

Установка нагрева воды УНВ-1/2		
Количество	шт.	2
Объем установки	$м^3$	60
Максимальная рабочая температура	°С	95
Производительность по воде	кг/с ($м^3$/сут)	4,6 (400)
Тепловая мощность	МВт (Гкал/ч)	0,73 (0,63)
Расход газа	$м^3$/ч	360
Масса установки без воды	кг	20 000

При составлении функциональной схемы решаются следующие вопросы: сбор и хранение теплой пластовой воды, ее очистка, подача нагретой воды в скважину, наиболее полная утилизация теплоты скважинной продукции, назначение и тип основного оборудования. Предлагается внедрить новый способ теплового воздействия на призабойную зону нагнетательных скважин и разработать технологическую схему оборудования для получения тепла, используя возобновляемые источники энергии совершенствованием системы поддержания пластового давления при добыче высокопарафинистых нефтей тепловыми методами за счет применения эффективных источников тепла, тем самым решается проблема снижения потребления топлива тепловыми установками путем использования вторичных энергоресурсов, которая направлена на решение проблемы снижения вредных выбросов с отработавшими газами и улучшения общей экологической обстановки. Исследуя возможности утилизации отработавших газов тепловых двигателей, в частности газопоршневого двигателя, применяемого для привода компрессора парокомпрессионной теплонасосной установки, также обосновываем возможности использования низкопотенциального тепла источников естественного (добываемая горячая нефть, теплота сжигаемого попутного газа и т.д.) тепла [2].

Спроектированная система горячего водоснабжения для закачки в пласт с использованием теплоты скважинной продукции в тепловых насосах (ТН) при следующих исходных данных и параметрах:

Температура воды для закачки $t_О$ = 95 °С.

Температура пластовой воды после сепаратора $t_{ХВ}$ = 35 °С.

Температура охлажденной оборотной воды $t_{ОХ}$ = 20 °С.

Температура теплой оборотной воды $t_{НП}$ = 40 °С.

Тепловые нагрузки:

– горячего водоснабжения $Q_{ГВ}$ = 1400 кВт;
– отопления $Q_О$ = 800 кВт;
– вентиляции $Q_В$ = 600 кВт.

Расход горячей воды для закачки $V_{ОВ}$ = 260 $м^3$/ч ($V_{ОВ}$ = 0,072 $м^3$/с).

Функциональная схема определяет общую структуру системы водоснабжения и способ соединения основного и вспомогательного оборудования. При составлении функциональной схемы решаются следующие вопросы: сбор и хранение теплой пластовой воды, ее очистка, подача нагретой воды в скважину, наиболее полная утилизация теплоты скважинной продукции, назначение и тип основного оборудования.

Рассмотрим функциональную схему энергосберегающей системы поддержания пластового давления с наиболее полным использованием теплоты скважинной продукции (рис. 1).

Система подогрева состоит из 2-х каскадов и работает следующим образом. Скважинная продукция подводится к испарителю *3* при средней температуре 40 °С, отдает тепло хладагенту и поступает в 3-фазный сепаратор, где разделяется на газ, нефть и воду. Пары хладагента из испарителя *3* всасываются компрессором *4*, где при компримировании его температура повышается до 70 °С, после чего он направляется в конденсатор, куда поступает пластовая вода из трехфазного сепаратора с температурой 35 °С. В конденсаторе происходит теплопередача от хладагента и нагревание воды. Из конденсатора вода выходит с температурой 65 °С (к сожалению, для закачки в пласт нам вода с такой температурой не подходит). Поэтому нагретая вода из первой ступени поступает к конденсатору второй ступени. Хладагент первой ступени с температурой 60 °С служит теплоносителем – источником тепла для второй ступени, поступая в испаритель *7* второй ступени, выходит с испарителя с температурой 55 °С, затем движется к компрессору 2 ступени, хладагент 2 поступает в компрессор 2 ступени, где происходит процесс его сжатия, в процессе сжатия повышается температура до 120 °С, и направляется в конденсатор 2 ступени, где нагревает воду до температуры 100 °С. Нагретая вода 2 ступени закачивается насосом в пласт.

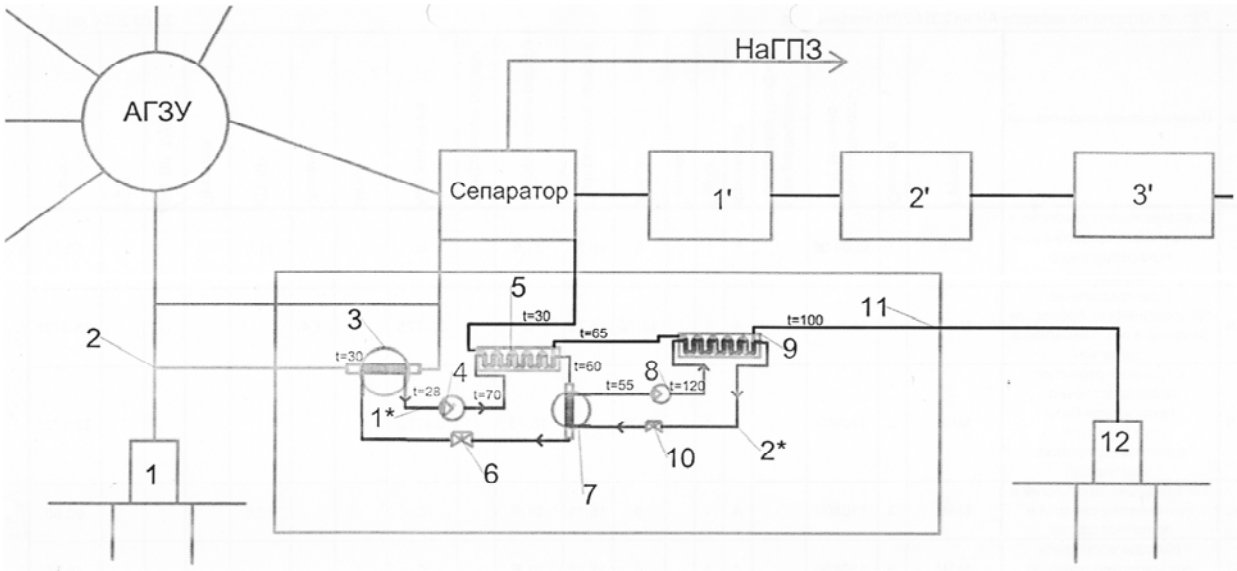


Рис. 1. Схема двухкаскадного теплового насоса для подготовки горячей воды:

1 – эксплуатационная скважина № 12; *2* – выкидная линия скважины; *3* – испаритель № 1 теплового насоса; *4* – компрессор 1-го каскада ТН; *5* – конденсатор № 1 ТН; *6* – терморегулирующий вентиль ТРВ-1 1-го каскада ТН; *7* – испаритель № 2 2-го каскада ТН; *8* – компрессор 2-го каскада ТН; *9* – конденсатор № 2 ТН; *10* – терморегулирующий вентиль ТРВ-2 2-го каскада ТН; *11* – труба горячей воды для закачки в скважину; *12* – нагнетательная скважина; *1′*, *2′*, *3′* – блоки подготовки нефти; *1** – хладагент № 1; *2** – хладагент № 2; АГЗУ – автоматическая групповая замерная установка

Каждый тепловой насос ТН снабжен регенеративным теплообменником РТО, что снижает потери энергии в терморегулирующем вентиле ТРВ. Нагреваемая вода промежуточного контура подается в конденсатор, где при конденсации пара фреона происходит ее нагрев. В компрессоре осуществляется сжатие пара фреона, что приводит к повышению его давления и температуры.

Терморегулирующий вентиль при дросселировании жидкого фреона снижает его давление и температуру. В регенеративном теплообменнике теплота жидкого фреона, выходящего из конденсатора, используется для перегрева пара фреона при входе в компрессор.

Поскольку в тепловом насосе применяется винтовой маслозаполненный компрессор, охлаждение масла производится в маслоохладителе (МО) водой промежуточного контура.

Каждый тепловой насос ТН снабжен регенеративным теплообменником, что снижает потери энергии в терморегулирующем вентиле Др. Нагреваемая вода промежуточного контура подается в конденсатор, где при конденсации пара фреона происходит ее нагрев. В компрессоре осуществляется сжатие пара фреона, что приводит к повышению его давления и температуры.

Терморегулирующий вентиль при дросселировании жидкого фреона снижает его давление и температуру. В регенеративном теплообменнике теплота жидкого фреона, выходящего из конденсатора, используется для перегрева пара фреона при входе в компрессор.

Поскольку в тепловом насосе применяется винтовой маслозаполненный компрессор, охлаждение масла производится в МО водой промежуточного контура.

Мерой энергетической эффективности реальной теплонасосной установки (ТНУ) служит коэффициент преобразования энергии, характеризующий отношение отданной потребителю теплоты к затраченной (механической или электрической) энергии. Анализ использования ТНУ показывает, что для удачно спроектированных систем теплоснабжения коэффициент преобразования энергии изменяется от 2,5 до 6,8, а при >2,5 использование ТНУ может оказаться выгоднее, чем теплоснабжение от индивидуальных котельных [3].

Следовательно, если на механическую работу компрессора расходуется 1 кВт электроэнергии, то в систему теплоснабжения передается 4,5 кВт теплоты, т.е. в несколько раз больше, чем при чисто электрическом приводе. Работа электрического компрессора теплового насоса позволяет потреблять в несколько раз меньше электрической энергии, если бы нагревали теплоноситель системы теплоснабжения в теплообменнике простым электрическим нагревателем.

Парокомпрессионные тепловые насосы (ПТН) с приводом от теплового двигателя (газовой турбины или дизеля) оказываются еще более экономичными. Хотя КПД этих двигателей не превышает 35%, при работе в составе ТНУ может быть утилизирована и направлена в общий поток нагреваемой ТНУ среды большая часть потерь, которые воспринимаются охлаждающей двигатель жидкостью и выхлопными газами. В результате коэффициент использования первичной энергии привода возрастает в 1,5 раза, утилизатор тепла антифриза (УТА) позволяет в значительной степени повысить суммарный КПД – коэффициент полезного действия (коэффициент использования топлива) теплоэлектроагрегата, доведя его значение до 85…90%.

Таким образом, разработана принципиальная схема системы технического горячего водоснабжения и выполнена компоновка оборудования теплонасосной установки. Технологическое оборудование размещено компактно по ходу движения пластовой и горячей воды, в соответствии с принципиальной схемой, группируя машины и аппараты по их функциональному назначению. При этом соблюдены правила техники безопасности и условия обеспечения удобства обслуживания.

Список литературы

1. Лысенко, В. Д. Разработка нефтяных месторождений / В. Д. Лысенко. – М. : Недра, 2007. – 408 с.

2. Боровков, В. М. Тепловой насос с двухступенчатым конденсатором / В. М. Боровков, А. А. Аль Алавин // Промышленная энергетика. – 2007. – № 8. – С. 40 – 43.

3. Накоряков, В. Е. Энергетическая эффективность комбинированных отопительных установок на базе тепловых насосов с электроприводом / В. Е. Накоряков, С. Л. Елистратов // Промышленная энергетика. – 2008. – № 3. – С. 28 – 33.

О. С. Дмитриев, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой физики,
Г. С. Баронин, д-р техн. наук, проф., директор НОЦ «Твердофазные технологии»,
В. А. Попов, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры высшей математики,
В. В. Худяков, соискатель НОЦ «Твердофазные технологии»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТВЕРДОФАЗНОГО ФОРМОВАНИЯ ФТОРПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Аннотация. Рассмотрена технология твердофазного формования изделий из фторполимерных нанокомпозитов. Показана необходимость определения температуры пресс-формы и скорости формования, для расчета которых построена математическая модель процесса.

Ключевые слова: математическая модель, твердофазное формование, фторполимерные нанокомпозиты.

Технология твердофазного формования полимеров на современном этапе является одной из перспективных. Наиболее пригодными для этой технологии являются фторполимерные нанокомпозиты, модифицированные дисперсным наполнителем, благодаря их пластичности. Такое свойство им придают наночастицы кобальта и титана, применяемые в качестве наполнителя [1]. Технология процесса производства изделий из фторполимерных нанокомпозитов включает в себя операции получения нанокомпозита, в которой происходит смешение полимерной матрицы с наночастицами, холодное прессование заготовки, спекание и объемная твердофазная штамповка изделия или формование.

Процесс твердофазного формования, как правило, протекает при определенной температуре пресс-формы и скорости формования, потому что при твердофазном формовании за счет диссипации механической энергии может возникнуть перегрев заготовки и деструкция нанокомпозита. Поэтому актуальной задачей является математическое моделирование процесса твердофазного формования в целях дальнейшего расчета параметров процесса.

При твердофазном формовании изделия заготовку нанокомпозита с начальной температурой $T_{НК}$ помещают в пресс-форму и нагревают до температуры пресс-формы $T_{ПФ}$. Затем прикладывают давление P. В результате начинает протекать пластическая деформация и формование изделия с заполнением пресс-формы нанокомпозитом, повторяющим форму внутренней полости пресс-формы, которая может быть различной, от простых цилиндрических шайб до сложных шестерен с любой конфигурацией зубьев.

Для построения математической модели твердофазного формования рассмотрим упрощенную задачу изменения формы цилиндрической заготовки в цилиндрической пресс-форме и будем использовать теорию теплопереноса и упругопластического течения [2, 3]. При этом материал будем считать жесткопластическим, т.е. выполняется условие несжимаемости. Схема деформации заготовки при формовании представлена на рис. 1.

Заготовка под действием давления P заполняет пресс-форму. Ее высота уменьшается от h_0 до H, а радиус увеличивается от R_1 до R_2. При этом деформируемая заготовка нагревается за счет тепла пластической деформации $Q(t)$ и работы сил трения поверхностей, зависящие от скорости деформации $\frac{dh}{dt}$. Поэтому время прессования $t_К$ должно быть выбрано так, чтобы скорость деформации не вызывала значительный перегрев заготовки. Таким образом,

скорость прессования $\frac{dh}{dt}$ и температура пресс-формы $T_{\text{ПФ}}$ являются управляющими воздействиями и подлежат определению на основе математического моделирования.

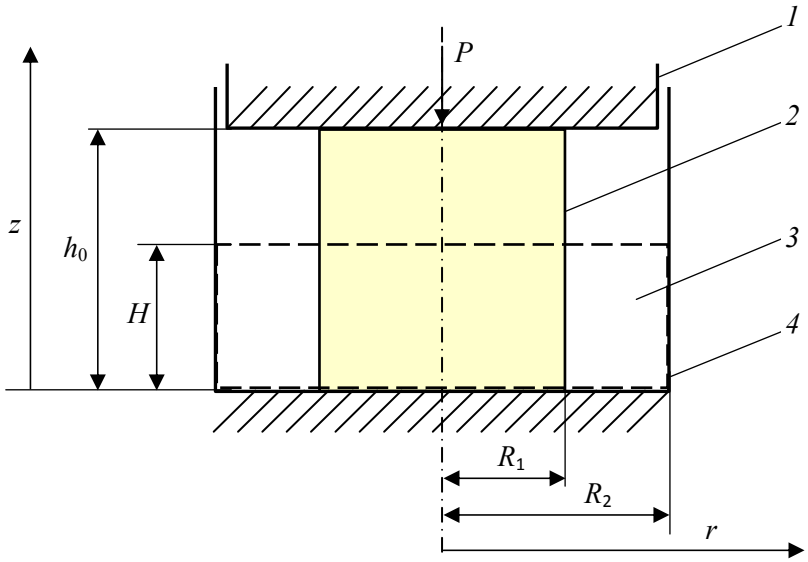


Рис. 1. Схема деформации заготовки при формовании:
1 – пуансон; *2* – заготовка; *3* – изделие; *4* – матрица

С учетом схемы расположения и деформации заготовки в пресс-форме математическая модель процесса твердофазного формования изделий из нанокомпозита представляет собой систему дифференциальных уравнений теплопроводности, изменения формы и диссипации механической энергии:

$$C_i(T)\frac{\partial T}{\partial t}=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\lambda_i\frac{\partial T}{\partial r}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_i(T)\frac{\partial T}{\partial z}\right)+Q(t),$$

$$T\equiv T(r,z,t),\ 0\le r<R_2,\ 0<t\le t_{\text{K}},$$

$$Q\ne 0,\ C_1\equiv C_1(T),\ \lambda_1\equiv\lambda_1(T),\ 0\le r<\hat{r}(t),\ 0\le z<h(t),$$

$$Q=0,\ C_2\equiv C_2(T),\ \lambda_2\equiv\lambda_2(T),\ R_1\le r<R_2,\ h(t)\le z<H,$$

$$T(r,z,0)=T_{\text{НК}},\ 0\le r<R_1,\ 0\le z<h(t),$$

$$T(R_1,h,t)=T_{\text{ПФ}},\ 0<t\le t_{\text{K}},$$

$$\lambda_i\frac{\partial T}{\partial r}\bigg|_{r=R_i-0}=\lambda_{i+1}\frac{\partial T}{\partial r}\bigg|_{r=R_i+0},\ 0<t\le t_{\text{K}},\ i=1,2,$$

$$T(r,z,t)\big|_{r=R_i-0}=T(r,z,t)\big|_{r=R_i+0},\ 0<t\le t_{\text{K}},\ i=1,2,$$

$$\lambda_i\frac{\partial T}{\partial z}\bigg|_{z=h-0}=\lambda_{i+1}\frac{\partial T}{\partial z}\bigg|_{r=h+0},\ 0<t\le t_{\text{K}},\ i=1,2,$$

$$T(r,z,t)\big|_{z=h-0}=T(r,z,t)\big|_{z=h+0},\ 0<t\le t_{\text{K}},\ i=1,2,$$

$$\frac{dh}{dt}+\frac{2}{R}\sqrt{\frac{h^3}{H}}\frac{d\hat{r}}{dt}=0\,,\ R_1\le\hat{r}(t)\le R_2\,,\ h_0\le h(t)\le H\,,\ 0<t\le t_{\text{К}},$$

$$Q(t)=\frac{\gamma m}{2}\left(\frac{dh}{dt}\right)^2,\ \gamma=0{,}84...0{,}96,$$

где C – объемная теплоемкость материала, Дж/(м^3·К); h – толщина заготовки, м; H – толщина готового изделия и полости пресс-формы, м; i – номер технологического слоя 1, 2; m – масса заготовки материала, кг; Q – тепловой эффект диссипации механической энергии, Вт/м^3; r – радиальная координата, м; $\hat{r}$ – радиус заготовки, м; R – радиус изделия и пресс-формы, м; t – время, с; T – температура, К; γ – коэффициент выхода тепла при пластической деформации; λ – теплопроводность, Вт/(м·К).

Слои: 1 – заготовка, нанокомпозит – НК; 2 – пресс-форма – ПФ.

Параметры математической модели и характеристики нанокомпозита определяются экспериментально. В результате моделирования и расчетов получены диапазоны параметров прессования для получения изделий с улучшенными качественными характеристиками, которые на практике показали эффективность математического моделирования.

Список литературы

1. Полимерные композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена, модифицированного нанодобавками / Г. С. Баронин, В. М. Бузник, В. В. Худяков, О. С. Дмитриев, В. Л. Полуэктов // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21, № 3. – С. 886 – 889.

2. Расчет тепловыделения при сжатии заготовки без предварительного нагрева / Ю. С. Додин, М. Н. Каменский // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2015. – № 1. – С. 93 – 100.

3. Тепломассоперенос при твердофазной штамповке полимерных нанокомпозитов на основе политетрафторэтилена / О. С. Дмитриев, Г. С. Баронин, В. А. Попов, В. В. Худяков // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент : Материалы X Междунар. науч.-инновац. Молодеж. конф. – 2018. – С. 135 – 137.

Н. А. Дутикова, Ю. Е. Павлова, магистры,
В. И. Богуш, доц., канд. техн. наук,
Е. А. Юшина, доц., канд. техн. наук
(Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПИРТОВОГО ЭКСТРАКТА МОЖЖЕВЕЛОВОЙ ЯГОДЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ВКУСОАРОМАТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МЯСНЫХ РУБЛЕНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования влияния кавитационной акустической технологии для создания вкусоароматической добавки в виде спиртового экстракта можжевеловой ягоды. Доказано, что использованная технология улучшает вкусоароматическую составляющую мясных рубленых полуфабрикатов.

Ключевые слова: ультразвук, кавитация, экстракт, можжевеловая ягода.

Использование ультразвуковой сонохимии в пищевой промышленности является относительно новым способом обработки продукции по сравнению с другими, например механической или тепловой.

Наука о сонохимии ежегодно развивается, а исследования о ее влиянии на пищевые продукты все глубже позволяют оценить и доказать ее потенциал. Основным преимуществом ультразвука для пищевой промышленности является то, что широкой публикой он воспринимается как доброкачественный, безопасный метод обработки продуктов в отличие от микроволн, гамма-излучения, импульсного электрического поля и др.

Звуковые волны, как правило, считаются безопасными, нетоксичными и экологически чистыми – это предопределяет актуальность темы исследования настоящей работы по использованию ультразвука в производстве вкусоароматического спиртового раствора и рецептуры колбасы для реализации в общественном питании.

Цель исследования – использовать кавитационную акустическую технологию для улучшения вкусоароматической составляющей рубленого полуфабриката – колбас для жарки. Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать данные научной литературы в целях ознакомления с кавитационной акустической технологией и выявить преимущества ее использования, получить спиртовой экстракт можжевеловой ягоды для улучшения вкусоароматической составляющей мясных полуфабрикатов, изучить влияние кавитационной акустической технологии на физико-химические изменения спиртового экстракта можжевеловой ягоды, провести исследования, подтверждающие эффективность данной технологии.

Объектом исследования является ультразвуковая кавитация. Предметом исследования – спиртовой раствор из можжевеловой ягоды, служащий для улучшения вкусоароматической составляющей мясных рубленых полуфабрикатов, из которых вырабатываются колбаски для жарки на предприятиях общественного питания.

Для реализации цели и задач применяли следующие методы и исследования: экстрагирование (мацерация), рефрактометрия, проведение исследований по высокоинтенсивной ка-

витационной обработке жидких сред погружным методом, проведение исследований по высокоинтенсивной кавитационной обработке жидких сред проточным методом, определение состава компонентов аромата на газовом хроматографе, определение вязкости, органолептической оценки.

В исследовании для извлечения ароматических и других растворимых веществ из растительного сырья, а именно плодов можжевельника использовали способ экстрагирования, основанный на обработке сырья спиртовым раствором. Развели спирт этиловый с концентрацией 95% до концентрации 40% водой дистиллированной в соотношении 1:1,441. При этом важно добавлять спирт в воду, так как при нарушении технологии есть вероятность получить мутную смесь.

Ягоды можжевельника подвергли мелкому дроблению в мельнице в течение 15 секунд для сокращения пути диффундирования внутри растительных тканей, увеличения поверхности диффузии и резкого возрастании числа разрушенных клеток.

Для получения экстракта за основу брали 25 г измельченных плодов можжевельника и 250 мл 40%-ного спирта этилового. Выполняли два эксперимента. В первом проводили обработку 40%-ного спирта этилового проточным методом установкой сонохимической обработки с реактором кавитационным типа РКУ. Во втором – обработку спиртовых настоек осуществляли погружным методом аппаратом серии «Волна-Л». Название и описание режима обработки образцов представлены в табл. 1.

1. Наименование образцов

Название образца	Мощность обработки *P*,%
1	2
Контроль	Необработанный спирт
Эксперимент 1 – Обработанный спирт в проточном аппарате типа РКУ	
Образец 1	60
Образец 2	Обработанный спирт в проточном аппарате типа РКУ на режиме с мощностью (*P* = 100%)
Эксперимент 2 – Смесь можжевеловой ягоды и спирта, обработанная погружным методом аппаратом серии «Волна-Л»	
Образец 3	40
Образец 4	60
Образец 5	80
Образец 6	100

Образцы настаивали в течение 3 суток, после чего были процежены и подверглись исследованиям.

В процессе настаивания было отмечено на поверхности контрольного образца образование пены, а на опытных образцах 1 – 6 не обнаружено, что служит доказательством – активированная жидкость, обработанная акустической кавитацией, обладает бактерицидным действием и не вызывает процесс брожения.

Группой независимых экспертов количеством 30 человек провели органолептическую оценку всех образцов полученных экстрактов. Отмечено респондентами в количестве 78%, что наилучшими вкусоароматическими характеристиками обладают экстракты, обработанные проточным методом в аппарате типа РКУ при мощности 60% (образец 1).

В таблице 2 приведены результаты органолептических показателей спиртовых экстрактов, полученных при обработке проточным методом.

2. Органолептические показатели спиртового экстракта

Образец	Критерий оценки		
	Вкус	Запах	Цвет
1	2	3	4
Контроль	Жгуче-еловый вкус с резким послевкусием горечи в полости рта и онемением поверхности языка	Резко спиртовой, терпкий, приятный, с ощутимым запахом еловых пород древесины	Черно-красный, прозрачный
Образец 1 (P = 60%)	Жгуче-еловый вкус с более ощутимым резким вкусом спирта. Без горечи в полости рта и без онемения поверхности языка. Послевкусие на поверхности гортани ощущается приятно-сладкий мягкий вкус	Резко спиртово-шишковый, терпкий с последующим ощущением запаха смолы	Черно-красный, прозрачный

Из данных таблицы видно изменение органолептических показателей спиртовых настоек, а именно: в сравнении с контрольным образцом у образца 1 улучшение вкусовых характеристик, отсутствие горечи и появление приятного сладко-мягкого послевкусия. Таким образом, можно отметить увеличение насыщенности вкуса можжевеловой ягоды. Как видно из табл. 2, лучшим по аромату и вкусу оказался образец 1, полученный с помощью обработки ультразвуком при мощности P = 60%.

Определение показателя преломления и содержания сухих веществ в спиртовых экстрактах показали, что наибольшее количество сухих веществ и показатель преломления отмечены в растворах, полученных в проточной установке. С увеличением мощности обработки увеличивается содержание сухих веществ. Однако, взяв за основание результаты органолептической оценки, следует более детально рассмотреть образец 1 при мощности P = 60%, который показал содержание 19,9 ± 0,15% сухих веществ.

Контрольный и опытный образец 1 исследовали методом газовой хроматографии для определения состава ароматических веществ, содержащихся в спиртовом настое можжевеловой ягоды.

Полученные данные отражены на рис. 1. В ходе исследования было выявлено 190 вкусоароматических соединений с последовательным временем выхода, контрольный образец дал 3 пика. У образца 1 выявлено 232 вкусоароматических соединения с последовательным временем выхода, образец 1 дал 3 значимых пика (рис. 1, 2).

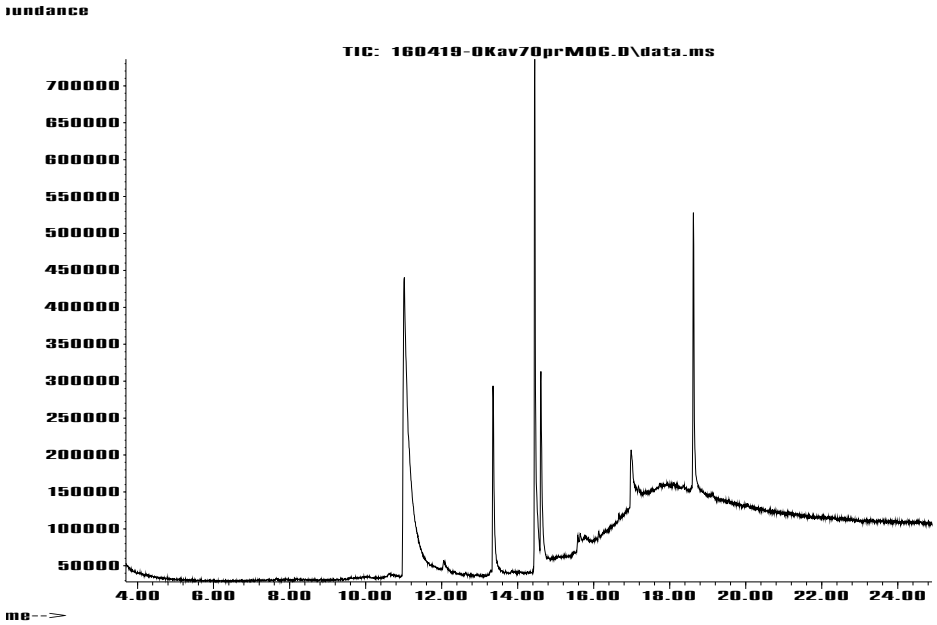


Рис. 1. Хроматограмма растворенных в спирте летучих органических соединений (контроль)

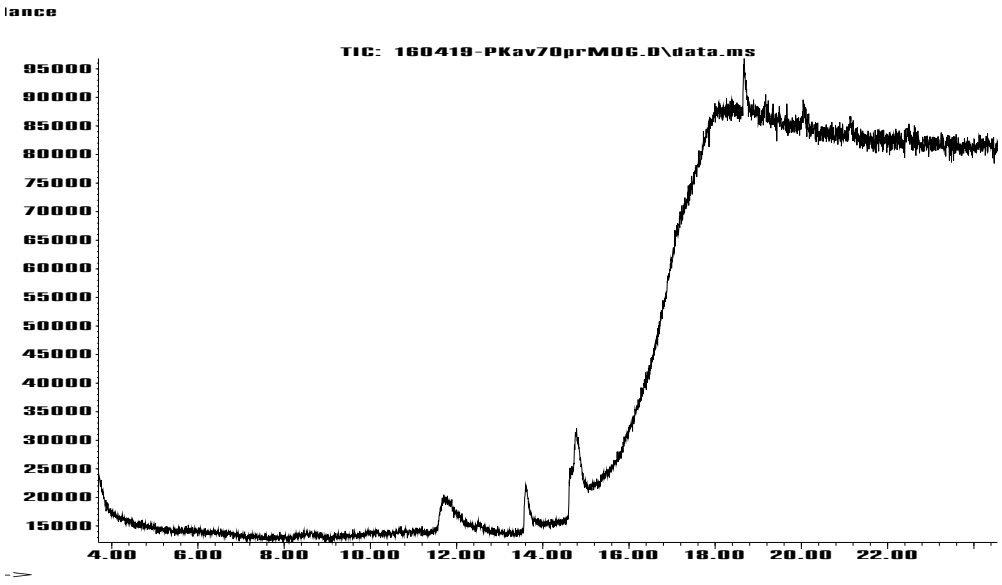


Рис. 2. Хроматограмма растворенных в спирте летучих органических соединений (образец 1 при *P* = 60%)

Результат органолептической оценки и содержания сухих веществ подтверждены результатами исследования газовой хроматографией. Полученный спиртовой экстракт (образец 1) был добавлен в рецептуру колбасок для жарки, полученные органолептические данные записаны в табл. 4.

4. Органолептические показатели колбасы

Критерий	Образец	
	Контроль	Опыт
Внешний вид	Поверхность чистая, сухая, без выхватов мяса, без бахромок, края ровно обрезаны	
Консистенция	Упругая, неоднородная, волокнистая	Упругая, однородная
Вид и цвет на разрезе	Равномерно серая с наличием светло-коричневых кусочков мяса. При разрезе нарушается однородность ломтика. Распадается при разрезе	Равномерно серая с наличием светло-розовых кусочков мяса. Сохраняет рисунок и форму, не распадается при разрезе
Запах и вкус	Запах соответствует вареному продукту из свинины, приятный. Вкус салистый. Продукт сухой, грубый, неприятный	Запах соответствует вареному продукту из свинины, приятный. Вкус сладкий, приятный, сочный, нежный

Сравнивая контрольный и опытный образцы, можно сделать вывод о том, что опытный образец обладает наилучшими органолептическими показателями. Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что кавитационная акустическая технология улучшила вкусоароматическую составляющую рубленого полуфабриката – колбасу для жарки. Проанализированы данные научной литературы и выявлены преимущества ее использования. Получены спиртовые экстракты можжевеловой ягоды, сравнены их органолептические и физико-химические показатели, выявлен лучший образец для улучшения вкусоароматической составляющей мясных полуфабрикатов. Проведены исследования, подтверждающие эффективность данной технологии. Проведенные исследования позволяют рекомендовать предложенную технологию в разработке мясной продукции в качестве улучшения ее вкусоароматической составляющей.

Список литературы

1. Хмелев, В. Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленном, сельском и домашнем хозяйстве / Д. В. Леонов, Р. В. Барсуков, С. Н. Цыганок // Барнаул, 2007. – 407 с.

2. Леснов, П. П. Ароматизированные вина / П. П. Леснов, Г. И. Фертман. – М., 1978. – 263 с.

И. В. Зарапина[1], канд. хим. наук, доц., доц. кафедры «Химия и химические технологии»,
А. Ю. Осетров[1], канд. хим. наук, доц., доц. кафедры «Химия и химические технологии»,
Д. В. Карташов[1], магистрант направления «Химическая технология»,
П. Н. Бернацкий[2], д-р хим. наук, доц., доц. кафедры химии и экологической безопасности
([1]Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия;
[2]Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина, Тамбов, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ СТАЛИ СОСТАВАМИ НА БАЗЕ ОТРАБОТАВШИХ НЕФТЯНЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Аннотация. Целью работы является исследование защитной эффективности консервационных составов на базе отработавших моторных масел различной природы. В качестве консервационных материалов предлагается использовать минеральное и синтетическое отработанные моторные масла.

Ключевые слова: сталь, пленка, отработанное масло, коррозия, защита.

По оценкам специалистов в литосферу и гидросферу сбрасывается до 84% всех отработанных масел [1, 2]. Такой значительный объем загрязнений представляет несомненную опасность для окружающей среды. В отличие от сырой нефти, отработанные нефтяные масла при попадании в окружающую среду еще в меньшей степени обезвреживаются естественным путем (например, путем биоразложения, окисления или фотохимических реакций).

Представляет интерес использовать отработавшие моторные масла для защиты металлоизделий от атмосферной коррозии. Сегодня человечество ежегодно теряет сотни тысяч тонн высококачественной конструкционной стали по причине выхода ее из строя в результате коррозионного разрушения.

Актуальность выбранной темы обусловлена, с одной стороны, необходимостью рационального хранения и использования металлофонда, а с другой стороны – возможностью альтернативного применения отработавших моторных масел в качестве противокоррозионных композиций.

Цель работы заключается в исследовании защитной эффективности консервационных составов на базе отработавших моторных масел различной природы. К отработанным маслам относят минеральные масла, получаемые из сырой нефти, или синтетические масла, загрязненные химическими и (или) физическими примесями.

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены образцы из Стали 20 со средней площадью поверхности 14,7092 см^2. Полный химический состав Стали 20 следующий: железо (Fe) – до 98%; углерод (C) – от 0,17 до 0,24%; марганец (Mn) – от 0,35 до 0,65%; мышьяк (As) – 0,08%; медь (Cu) – до 0,25%; сера (S) – до 0,04%; фосфор (P) – до 0,04%; хром (Cr) – до 0,25%; никель (Ni) – до 0,25%.

Поверхность стали предварительно подготавливали путем химического травления 2М соляной кислотой, механической шлифовки, обезжиривания, после чего образцы сушили в сушильном шкафу и взвешивали на аналитических весах.

В качестве консервационных материалов использовали минеральное (ММО-М) и синтетическое отработанное моторное масло (ММО-С). Оба вида масла отработали не менее

500 мото-ч в сельскохозяйственной технике и представляют собой смесь, состав которой носит усредненный характер.

Отработанные нефтепродукты, сдаваемые организациям нефтепродуктообеспечения, по физико-химическим показателям должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в табл. 1.

1. Физико-химические характеристики отработанных моторных масел [3]

Наименование показателя	Норма ММО
1. Кинематическая вязкость при 50 °С, мм^2/с или условная вязкость при 20 °С, с	Свыше 35 Свыше 40
2. Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С	Не ниже 100
3. Плотность при 20 °С, кг/м^3	Не более 905
4. Массовая доля воды, %	Не более 2
5. Массовая доля механических примесей, %	Не более 1
6. Массовая доля фракций, выкипающих до 340 °С, %	Не более 10
7. Температура застывания фракций, выкипающих выше 340 °С, °С	Не выше –10

Для нанесения покрытия изучаемой композиции образцы погружали в бюксы с защитным составом. После этого они выдерживались в подвешенном состоянии на воздухе при комнатной температуре в течение суток для стекания избытка масляной композиции и формирования защитной пленки. Далее избыток масла снимали механическим путем.

Коррозионные испытания осуществлялись в герметичном эксикаторе, в котором с помощью дистиллированной воды поддерживалась 100%-ная влажность воздуха. Время испытаний составляло 504 ч. После образцы Стали 20 механически очищались от масляной пленки и продуктов коррозии, обезжиривались и взвешивались на аналитических весах.

Коррозионные потери оценивали гравиметрическим методом по разнице масс образцов до и после опыта. Скорость коррозии K определяли по формуле

$$K = \frac{\Delta m}{S\tau},$$

где $\Delta m = m_1 - m_2$, m_1 и m_2 – соответственно массы образцов до и после испытаний, г; S – площадь поверхности образца, см^2; τ – время экспозиции образца, ч.

Для каждого защитного состава, а также на образцах без покрытия, проводили три параллельных измерения.

$$K_{ср} = \Sigma K_i / n,$$

где n – число параллельных испытаний.

Величина защитного действия масляных композиций определялась по формуле

$$Z = \frac{K_0 - K}{K_0} \cdot 100\%,$$

где K_0 и K – величины скорости коррозии образцов стали без покрытия и с нанесенным консервационным материалом соответственно.

Визуальный осмотр образцов после проведения испытаний показал отсутствие явных очагов коррозионных разрушений.

Были рассчитаны величины скорости коррозии стальных образцов без покрытия, с пленками ММО-М и ММО-С, представленные в табл. 2.

2. Результаты гравиметрических измерений на стали, покрытой пленками исследуемых композиций в условиях 100%-ной влажности воздуха

τ, ч	$K_{б.п}$	$K_{ММО-М}$	$K_{ММО-С}$
96	$3{,}47\cdot10^{-6}$	$2{,}66\cdot10^{-6}$	$2{,}34\cdot10^{-6}$
120	$6{,}04\cdot10^{-6}$	$3{,}84\cdot10^{-6}$	$2{,}43\cdot10^{-6}$
312	$8{,}51\cdot10^{-6}$	$4{,}87\cdot10^{-6}$	$2{,}76\cdot10^{-6}$
408	$9{,}67\cdot10^{-6}$	$6{,}99\cdot10^{-6}$	$3{,}15\cdot10^{-6}$
504	$9{,}68\cdot10^{-6}$	$7{,}89\cdot10^{-6}$	$3{,}98\cdot10^{-6}$

В таблице 2 величина $K_{б.п}$ – скорость коррозии на стали без покрытия; $K_{ММО-М}$ и $K_{ММО-С}$ – скорость коррозии на стали, покрытой пленками минерального и синтетического моторных отработавших масел соответственно.

Зависимость скорости коррозии от времени испытаний представлена на рис. 1.

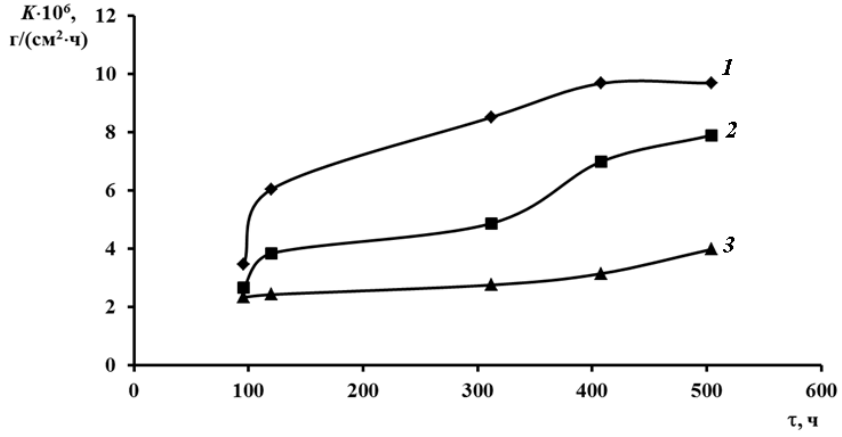


Рис. 1. Зависимость скорости коррозии от времени испытаний:
1 – сталь без покрытия; *2* – покрытие ММО-М; *3* – покрытие ММО-С

В результате проведенных экспериментов было установлено, что в течение 504 ч скорость коррозии на образцах стали без покрытия возрастает почти в 3 раза.

При нанесении защитной пленки на начальном этапе исследования (96 ч) оба масла показывают близкие величины защитной эффективности. С увеличением продолжительности эксперимента величина скорости коррозии образцов, покрытых пленкой ММО-М, начинает расти и к моменту окончания исследования (504 ч) превышает скорость на начальном этапе почти в 3 раза. Применение в качестве консервационного материала синтетического моторного отработанного масла демонстрирует несколько иную картину. Скорость величины коррозии длительное время (312 ч) практически не меняется, а затем начинает плавно возрастать

и на момент завершения исследования превышает скорость коррозии на начальном этапе исследования в 1,7 раза.

3. Защитная эффективность пленок ММО-М и ММО-С

τ, ч	$Z_{ММО-М}$, %	$Z_{ММО-С}$, %
96	35,3	60,4
120	36,4	59,7
312	32,7	63,5
408	27,7	62,4
504	18,4	58,8

Так же были рассчитаны величины защитного эффекта для используемых защитных покрытий. Результаты представлены в табл. 3.

На рисунке 2 показана зависимость защитной эффективности консервационных составов от времени проведения коррозионных испытаний.

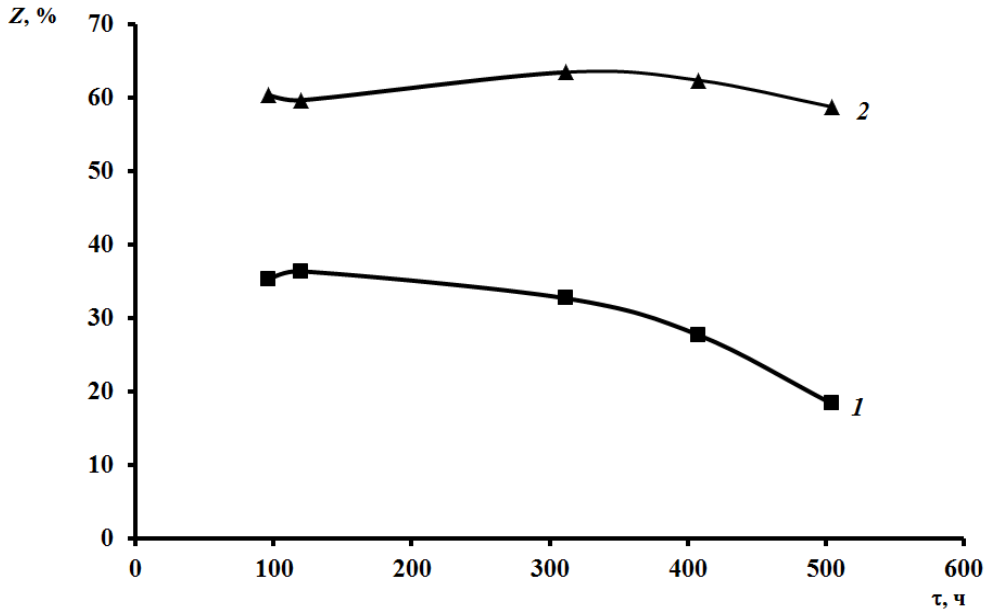


Рис. 2. Зависимость защитного эффекта от времени испытаний:
1 – покрытие ММО-М; *2* – покрытие ММО-С

Из таблицы 2 и рис. 2 видно, что лучший защитный эффект имеет синтетическое моторное масло ММО-С. При продолжительности испытаний до 312 ч защитная эффективность синтетического моторного масла по сравнению с минеральным выше почти в 2 раза. При 408 и 504 ч защитная эффективность минерального нефтяного масла по сравнению с начальным периодом испытаний падает в 1,5 – 2 раза (рис. 2, кривая *1*). Защитный же эффект синтетического моторного отработанного масла сохраняет значение около 60% в течение всего периода исследования и к концу испытаний превышает защитную эффективность минерального масла почти в 3 раза (рис. 2, кривая *2*).

Подобную картину можно объяснить следующим образом. Снижение защитной эффективности минерального моторного отработанного масла, очевидно, связана с тем, что пленка консервационных материалов, покрывающая металл, не является надежным барьером и вполне проницаема для водяных паров. Следует полагать, что в масляной композиции, образующей барьерный слой, имеются несплошности, через которые осуществляется подвод электролита.

Повышенный защитный эффект синтетического моторного отработанного масла по сравнению с минеральным можно объяснить тем, что в природном нефтяном масле ММО-М повышено содержание неорганических соединений (неорганических кислот, солей и других веществ), которые усиливают агрессивность коррозионной среды.

Полученные экспериментальные данные могут быть использованы для создания консервационных материалов на базе отработавших моторных масел, создаваемых для защиты металлоизделий при их эксплуатации и хранении.

Список литературы и источников

1. Радкевич, М. В. Эколого-экономические проблемы использования отработанного моторного масла автомобилей / М. В. Радкевич, К. Б. Шипилова // Universum: технические науки. – 2019. – № 1(58). – URL : http://7universum.com/ru/tech

2. Сурин, С. А. Отработанные масла: вторая жизнь / С. А. Сурин // Мир нефтепродуктов. – 2000. – № 2. – С. 22 – 24.

3. ГОСТ 21046–2015. Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия. – Введ. 2017-01-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 7 с.

П. И. Золотухин[1], канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой «Оборудование и процессы машиностроительных производств», Институт машиностроения,
И. Д. Карпайтис[2], студент, Горный институт,
кафедра «Энергетика и энергоэффективность горной промышленности»
([1]Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия;
[2]НИТУ «Московский институт стали и сплавов», Москва, Россия)

ОПТИМАЛЬНЫЙ РАСКРОЙ ПРУТКОВ НА МЕРНЫЕ ЗАГОТОВКИ

Аннотация. Рассмотрена методика оптимального раскроя на мерные заготовки прутков сортового проката. Методика основана на решении задачи линейного программирования симплекс-методом.

Ключевые слова: оптимальный раскрой металла, симплекс-метод.

Процессы листовой штамповки, холодной и горячей объемной штамповки находят широкое применение в машиностроении [1 – 7]. Это обусловлено получением деталей из листового металла или поковок, которые по форме и размерам максимально приближенны к готовым деталям, что существенно снижает отходы металла и время на механическую обработку.

В качестве исходного материала для штамповки используют прутки сортового проката и листовой металл. В работе рассмотрено применение симплекс-метода линейного программирования для расчета оптимального раскроя на мерные заготовки прутков сортового проката.

Для математической формулировки задачи оптимального раскроя примем следующие обозначения: x_k – число прутков, раскраиваемых по k-му варианту раскроя (k = 1, 2, …, m); p_i – число заготовок i-го типа (i = 1, 2, …, n); c_k – отход, получаемый при k-м варианте раскроя; a_{ik} – число заготовок i-го типа при k-м варианте раскроя. Тогда математическая модель минимизации суммарной величины отходов z имеет следующий вид:

$$z = \sum_{k=1}^{m} c_k x_k \to \min , \tag{1}$$

при условиях:

$$\sum_{k=1}^{m} a_{ik} x_k = p_i , \; x_k \ge 0 . \tag{2}$$

Целевая функция (1) и условия (2) линейны.

Рассмотрим пример постановки и реализации задачи оптимального раскроя прутков на мерные заготовки. В наличии имеются прутки длиной L_1 = 5000 и L_2 = 6500 (все размеры приведены в мм). Необходимо нарезать заготовки трех типов (n = 3) длиной l_1 = 425, l_2 = 520, l_3 = 370. Требуемое количество заготовок каждого типа p_1 = 1700, p_2 = 2600, p_3 = 2200. Возможные варианты раскроя сформированы на рабочем листе приложения MSExcel в таблице «Исходные данные», показанной на рис. 1. Количество вариантов m = 10. В первых пяти вариантах L_1 = 5000. Во второй пятерке вариантов L_2 = 6500.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2		ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ												
3		№ типа заго-товки i	Длина заго-товки li, мм	Общее кол-во загото-вок i-го типа pi	№ варианта раскроя k									
4					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5					Количество заготовок i-го типа при k-ом варианте раскроя aik									
6		1	425	1700	6	5	1	4	3	5	4	2	3	5
7		2	520	2600	4	4	5	3	5	5	6	7	6	4
8		3	370	2200	1	2	5	4	3	4	4	5	5	6
9		Концевой остаток ck, мм			0	55	125	260	15	295	200	160	255	75
10		РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА												
11		Количество прутков xk												
12		Функция цели z		0										
13		Ограничения		0	1700									
14				0	2600									
15				0	2200									

Рис. 1. Фрагмент листа Excel с исходными данными

В ячейках E9 и J9 соответственно записаны формулы:

=5000-C6*E6-C7*E7-C8*E8,

=6500-C6*J6-C7*J7-C8*J8.

Решение представленной на рис. 1 задачи оптимального раскроя заключается в минимизации функции

$$z = 0 \cdot x_1 + 55 \cdot x_2 + 125 \cdot x_3 + 260 \cdot x_4 + 15 \cdot x_5 + 295 \cdot x_6 + 200 \cdot x_7 + \\ + 160 \cdot x_8 + 255 \cdot x_9 + 75 \cdot x_{10} \qquad (3)$$

при условиях:

$$\left.\begin{array}{l} 6 \cdot x_1 + 5 \cdot x_2 + x_3 + 4 \cdot x_4 + 3 \cdot x_5 + 5 \cdot x_6 + 4 \cdot x_7 + 2 \cdot x_8 + 3 \cdot x_9 + 5 \cdot x_{10} = 1700, \\ 4 \cdot x_1 + 4 \cdot x_2 + 5 \cdot x_3 + 3 \cdot x_4 + 5 \cdot x_5 + 5 \cdot x_6 + 6 \cdot x_7 + 7 \cdot x_8 + 6 \cdot x_9 + 4 \cdot x_{10} = 2600, \\ 1 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + 5 \cdot x_3 + 4 \cdot x_4 + 3 \cdot x_5 + 4 \cdot x_6 + 4 \cdot x_7 + 5 \cdot x_8 + 5 \cdot x_9 + 6 \cdot x_{10} = 2200, \\ x_1 \ge 0,\ x_2 \ge 0,\ x_3 \ge 0,\ x_4 \ge 0,\ x_5 \ge 0,\ x_6 \ge 0,\ x_7 \ge 0,\ x_8 \ge 0,\ x_9 \ge 0,\ x_{10} \ge 0, \\ x_1,\ x_2,\ x_3,\ x_4,\ x_5,\ x_6,\ x_7,\ x_8,\ x_9,\ x_{10} - \textit{целые}. \end{array}\right\} \qquad (4)$$

Для решения данной задачи линейного программирования симплекс-методом использовали надстроечную программу «Поиск решения» приложения MSExcel (вкладка «Данные», группа «Анализ»).

При выборе программы (команды) «Поиск решения» на экране отображается диалоговое окно «Параметры поиска решения», в котором установим параметры, соответствующие решаемой задаче (рис. 2).

В ячейке D12 (см. рис. 1 и 2) записана целевая функция (3):

=СУММПРОИЗВ(E9:N9;E11:N11).

В ячейках D13, D14 и D15 записаны первые три условия из системы (4):

=СУММПРОИЗВ(E6:N6;E11:N11),

=СУММПРОИЗВ(E7:N7;E11:N11),

=СУММПРОИЗВ(E8:N8;E11:N11).

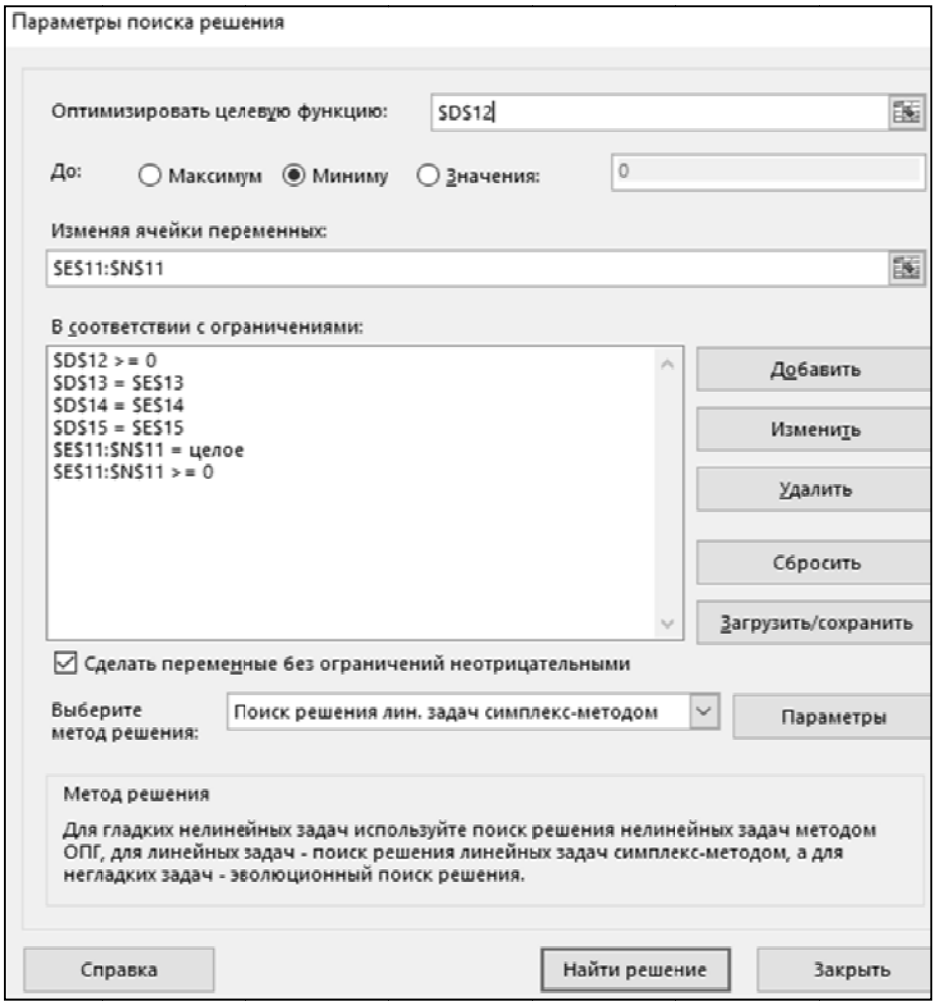


Рис. 2. Диалоговое окно «Параметры поиска решения»

При выборе кнопки «Найти решение» отобразится окно «Результаты поиска решения» (рис. 3), с помощью которого сохраним найденное решение.

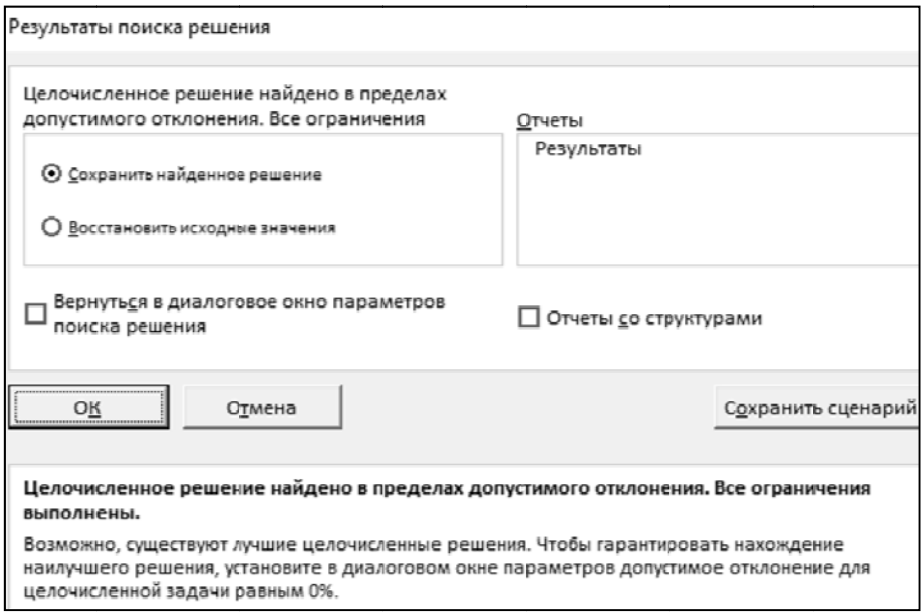
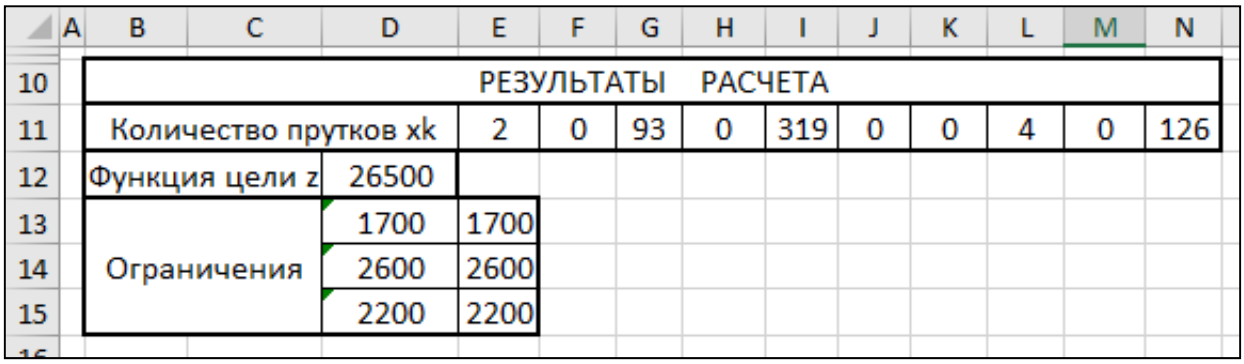


Рис. 3. Окно «Результаты поиска решения»



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
10		РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА												
11		Количество прутков xk			2	0	93	0	319	0	0	4	0	126
12		Функция цели z		26500										
13				1700	1700									
14		Ограничения		2600	2600									
15				2200	2200									

Рис. 4. Результаты поиска решения по оптимальному раскрою прутков на мерные заготовки

На рисунке 4 представлены результаты поиска решения по оптимальному раскрою прутков на мерные заготовки.

В результате решения задачи получили, что первым вариантом необходимо раскроить 2 прутка, третьим – 93 прутка, пятым – 319 прутков, восьмым – 4 прутка, десятым – 126 прутков. Заданное число заготовок первого, второго и третьего типов выполнено. Отходы при таком плане раскроя составят 26 500 мм (значение целевой функции).

Аналогично рассмотренной решается задача по оптимальному раскрою листового металла на прямоугольные заготовки.

Надстроечная программа «Поиск решения» приложения MSExcel может быть полезна при планировании производства металлоизделий в промышленности. Программа используется в Липецком государственном университете при обучении бакалавров и магистров по направлению «Машиностроение» (профиль подготовки «Машины и технология обработки металлов давлением»).

Список литературы

1. Товмасян, А. Т. Технологии листовой штамповки в производстве товаров массового спроса / А. Т. Товмасян, О. И. Огаджанян // В книге: Машиностроение. Тенденции развития современной науки : материалы науч. конф. студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. – 2018. – С. 71 – 74.

2. Телегин, И. В. Экспериментальное исследование процессов ГОШ поковок с выступами, формируемыми на предварительном переходе / И. В. Телегин // В сборнике: Прогрессивные технологии и процессы : сб. науч. ст. 3-й Междунар. молодеж. науч.-практ. конф. ; ответств. ред. А. А. Горохов – 2016. – С. 201 – 209.

3. Сивцов, В. А. Объемная штамповка круглых в плане поковок в открытом штампе с расширяющимся облойным мостиком / В. А. Сивцов, В. Н. Михайлов // В книге: Машиностроение. Тенденции развития современной науки : материалы науч. конф. студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. – 2018. – С. 32 – 35.

4. Мартюгин, А. В. Методика проектирования технологии производства и штамповой оснастки коленчатых валов повышенной геометрической точности / А. В. Мартюгин,

И. М. Володин // Вестник Липецкого государственного технического университета. – 2018. – № 1(35). – С. 62 – 66.

5. Сивцов, В. А. Сравнительный анализ эффективности технологических смазок для горячей штамповки / В. А. Сивцов, П. И. Золотухин, А. И. Володин // В книге: Машиностроение. Тенденции развития современной науки : материалы науч. конф. студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. – 2018. – С. 26 – 29.

6. Золотухин, П. И. Автоматизация проектирования технологии разделительных операций листовой штамповки / П. И. Золотухин, И. А. Новиков, И. Д. Карпайтис // В сборнике: Проблемы современной науки : сб. науч. тр. конф. Липецкого государственного технического университета. – 2016. – С. 49 – 55.

7. Zolotukhin, P. I. Researchonthehotrollingofblanksonovalandcircledies / P. I. Zolotukhin, I. M. Volodin, A. I. Volodin // International Journal of Engineering and Technology (UAE). – 2018. – V. 7, N 3. – P. 57 – 59.

О. В. Зюзина[1], канд. техн. наук, доц. кафедры ТОПХП,
А. С. Великанова[1,2], магистр, технолог,
В. В. Машук[1], магистрант кафедры ТОПХП ТГТУ
([1]Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия;
[2]ОАО «Орбита», Тамбов, Россия)

ВЛИЯНИЕ МЕТАБОЛИЗМА ЛАКТОЗЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА СМЕШАННОГО БРОЖЕНИЯ

Аннотация. Приведены результаты исследования изменения кислотности и содержания лактозы за период сквашивания, действие концентрации лактозы на интенсивность роста биомассы кефирного грибка и образование молочной кислоты. Проведен анализ влияния возраста закваски на метаболическую активность безлактозного кисломолочного напитка.

Ключевые слова: лактоза, кефирный гриб, кислотообразование, безлактозный кисломолочный напиток.

В настоящее время проблема здорового питания выделена как важнейшее направление. В рамках реализации государственной программы «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» предусмотрена поддержка разработки создания качественных пищевых продуктов, способствующих профилактике различных заболеваний, укреплению защитных функций организма человека и снижающих риск воздействия вредных факторов. Для группы населения, имеющей синдром нарушенного всасывания при отсутствии или недостаточной активности фермента лактазы, на сегодняшний день актуальна доступность безлактозной продукции. Основная доля этой категории молочных продуктов на российском рынке являлась импортной, и в связи с санкционной политикой импорт безлактозной продукции в Россию с 2015 года снизился на 22%. Поэтому на отечественных предприятиях целесообразно налаживание технологий изготовления такой категории молочных продуктов и, как следствие, инициируются исследования по адаптации технологии безлактозных молочных продуктов к условиям действующих производственных линий.

Так, при изготовлении безлактозного кисломолочного напитка смешанного брожения с применением биомассы кефирного грибка на основе коровьего молока важно установить последовательность технологических операций, связанных с биохимическими процессами. Для выявления кинетических закономерностей метаболизма лактозы при изготовлении кисломолочного напитка с разной последовательностью операций подготовки молока к биотехнологической обработке были изготовлены образцы по следующим схемам (рис. 1). В одном случае молоко предварительно подвергалось термической обработке, а затем следовала обработка его ферментным препаратом для снижения концентрации лактозы, далее оно заквашивалось кефирным грибком и происходило сквашивание. По второй схеме молоко не пастеризованное обрабатывалось ферментом, далее следовала термическая обработка, затем заквашивание и сквашивание ферментированного молока.

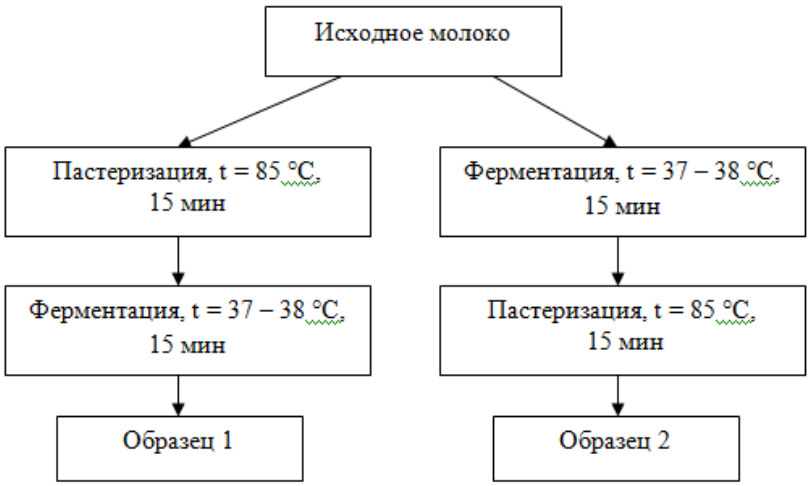
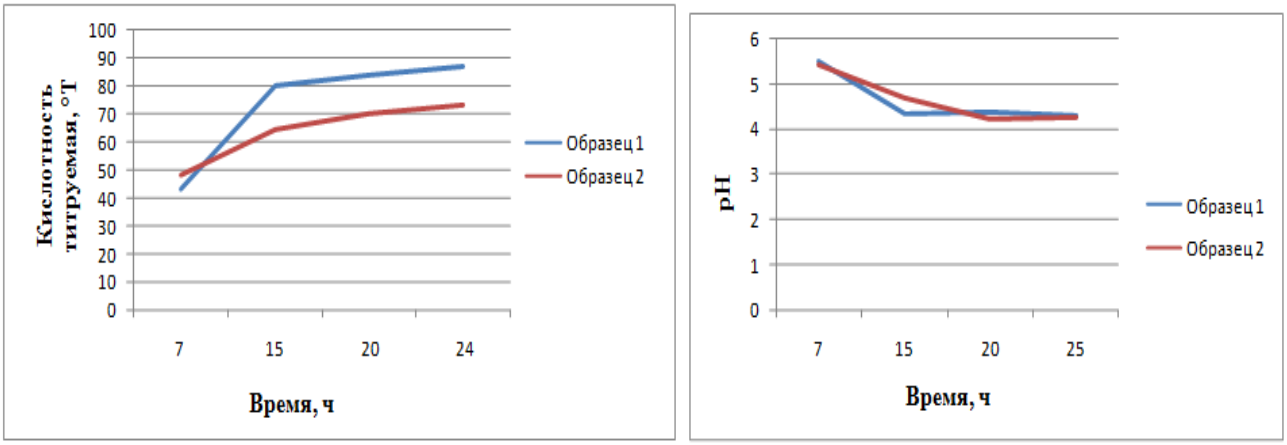


Рис. 1. Схемы изготовления образцов исходного молока

В течение процесса сквашивания контролировалась динамика кислотообразования по значениям титруемой кислотности и pH в двух образцах молока (рис. 2). Содержание молочной кислоты определяли с помощью потенциометрического и колориметрического методов. Колориметрический метод основан на изменении окраски раствора в результате реакции молочной кислоты с хлористым железом. Интенсивность желтого окрашивания пропорциональна концентрации кислоты.



а) *б*)

Рис. 2. График изменения кислотности в течение сквашивания опытных образцов кисломолочного напитка:
а – титруемой; *б* – активной

Величина pH в течение сквашивания изменялась для обоих образцов приблизительно одинаково и достигла значения pH 4.2 (рис. 2, *б*). Динамика нарастания титруемой кислотности для образцов 1 и 2, начиная с 10 часа наблюдений, начинает резко разниться (рис. 2, *а*), зависимость носит характер гиперболической кривой, которая стремится к максимуму. Нарастание титруемой кислотности первого образца молока в 2 раза опережает по значениям второй образец после 15 часов сквашивания. В готовом напитке, изготовленном по схеме 1, кислотность через 24 часа достигала 87 ºТ, а по схеме 2 только 73 ºТ.

Содержание лактозы в кисломолочном напитке определяли с помощью йодометрического метода. Содержание лактозы в исходном молоке определяли по показателю преломления, устанавливаемого по углу отклонения светового луча сывороткой, заключенной между призмами рефрактометра.

На рисунке 3 представлена динамика изменения концентрации лактозы во время сквашивания образцов молока.

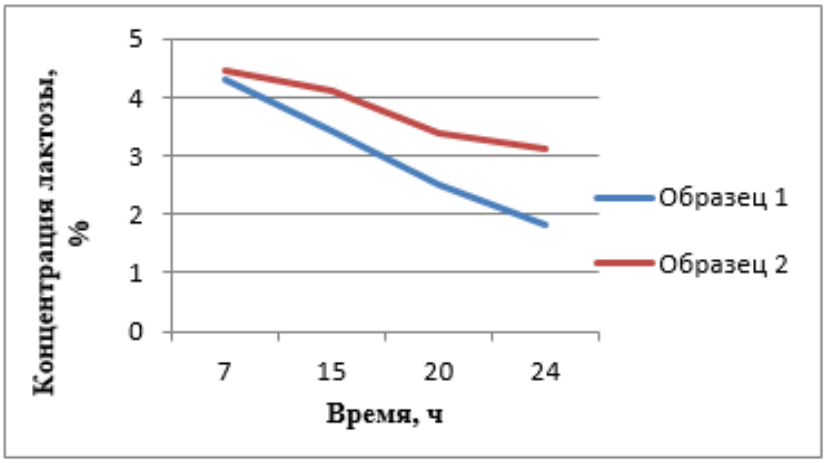


Рис. 3. График изменения содержания лактозы в течение сквашивания опытных образцов

Из-за изменения состава и структуры казеиновых мицелл и окислительно-восстановительного потенциала молока при тепловой обработке скорость распада молочного сахара после ферментации увеличивается. Соответственно, концентрация лактозы резко снижается в образце кисломолочного напитка, подвергнутого сначала термообработке с 4,45 до 2,12%. Значительную роль в увеличении скорости реакции оказывает и величина кислотности среды. Время гидролиза лактозы β-галактозидазой возрастает в 1,5 раза по сравнению с продолжительностью гидролиза молока, подвергнутого в первую очередь ферментации нежели пастеризации. На рисунке 4 представлена кривая изменения количества молочной кислоты в напитке от исходного содержания лактозы в подготовленном молоке.

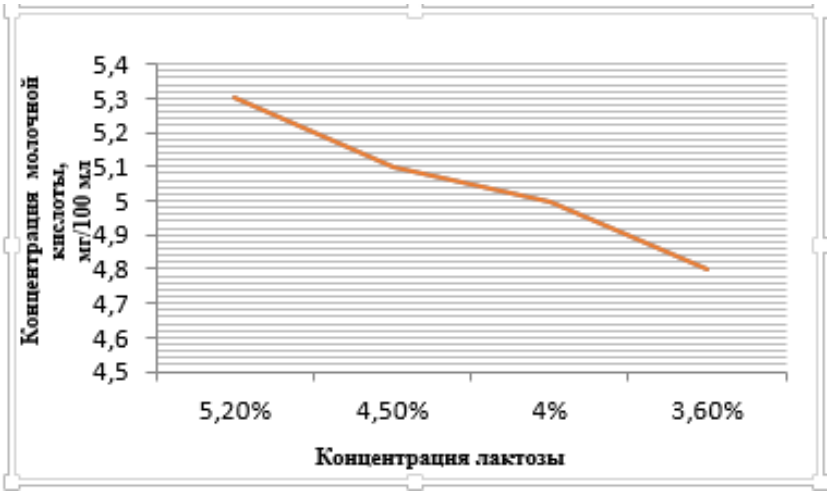


Рис. 4. График зависимости концентрации молочной кислоты от содержания лактозы в напитке

Полученные результаты исследования показали, что изменение концентрации молочной кислоты имеет линейную зависимость от исходной концентрации лактозы в молоке. Функция, отражающая зависимость концентрации молочной кислоты от содержания лактозы в молоке, имеет вид линейного уравнения регрессии: $y = –0,16x + 5,45$.

Снижение концентрации лактозы в напитке на 0,5% способствует уменьшению содержания молочной кислоты в среднем на 0,2 мг. На основании модели, предложенной Gunnewijk и Poolman, лактоза содержится в среде в избыточном количестве, экспрессия гена lacS подавляется комплексом HPr(Ser-P)/CcpA. Во время ферментации аккумуляция галактозы в среде и уменьшение свободной лактозы приводит к снижению способности бактерии вызывать проникновение лактозы и, следовательно, понижение окисления среды.

Кефирные грибки, используемые в работе для получения низколактозного кисломолочного напитка, представляют собой сложное симбиотическое сообщество микроорганизмов разных родов и видов – молочнокислых бактерий, дрожжей, уксуснокислых бактерий. Жизненные процессы представителей сообщества взаимосвязаны между собой через промежуточные соединения, но среди компонентов молока в большей мере потребляется и изменяется концентрация молочного сахара, который расходуется на процессы катаболизма всеми микроорганизмами. Для изучения влияния концентрации лактозы на интенсивность роста биомассы кефирного грибка и образование молочной кислоты в молоко с разной концентрацией лактозы вводили кефирный грибок. По окончании сквашивания молока определяли прирост биомассы (рис. 5).

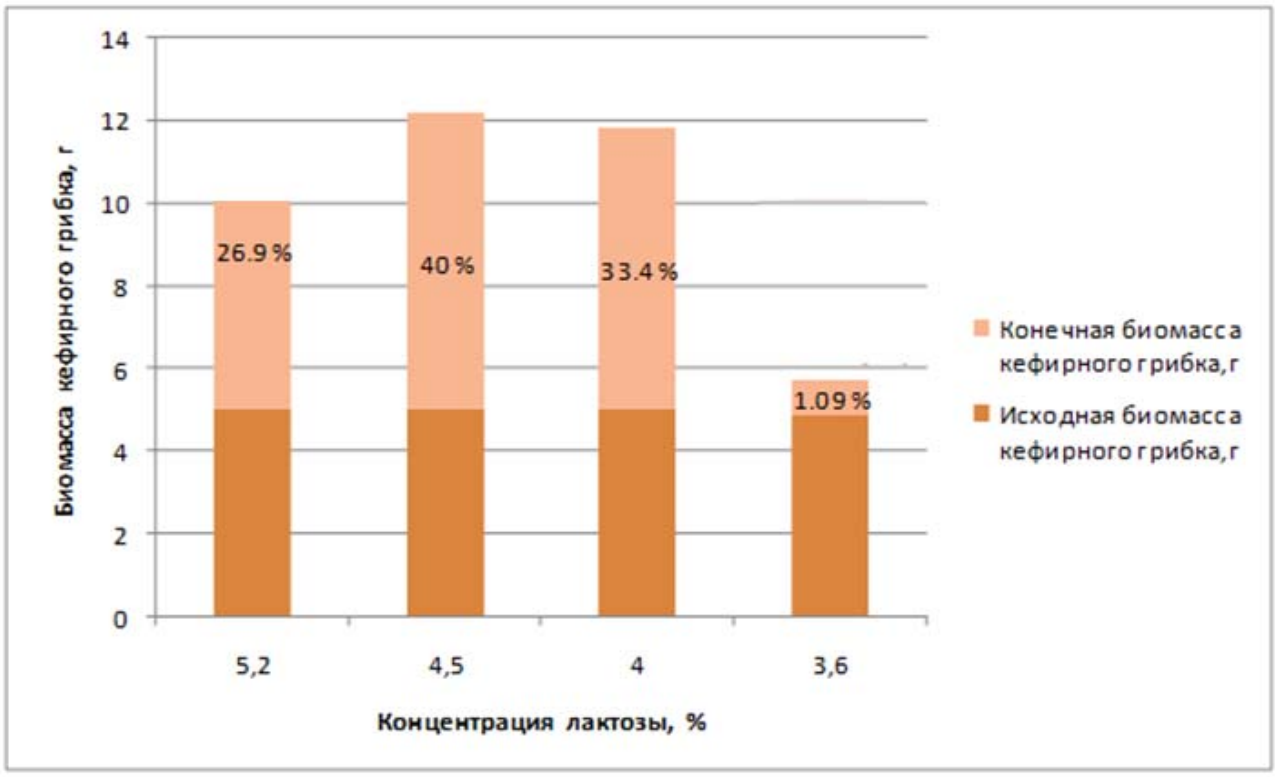


Рис. 5. Диаграмма изменения биомассы кефирного грибка

Наибольший прирост в 40% от исходной биомассы кефирного грибка отмечен для образца напитка с концентрацией лактозы 4,5%. В молоке с содержанием лактозы 5,2% из-за повышенного осмотического давления процессы биосинтеза протекали медленнее и прирост составил около 27% от исходной биомассы. В образце с концентрацией лактозы 4,0% прирост составил в среднем на уровне 33%. В образце напитка с содержанием углевода 3,6% констатировали незначительное изменение биомассы кефирного грибка в течение того же времени пребывания в молоке.

Существенное влияние на прирост биомассы оказывает присутствие в среде доступных для конструктивного обмена продуктов гидролиза и моносахаров белков молока. Данные анализа по метаболизму лактозы кефирным грибком представлены в табл. 1.

1. Изменение степени превращения лактозы кефирным грибком

Концентрация лактозы в молоке, %	Потребленная лактоза (всего), г	Лактоза на образование молочной кислоты, г	Прирост биомассы, %	Степень превращения метаболизированной лактозы, %	
				МК	БМ
5,2	1,32	0,77	26,9	58,3	41,7
4,5	1,94	0,68	40,0	35	65
4,0	1,47	0,45	33,4	31	69
3,6	0,86	0,43	1,09	50	50

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает, что активный метаболизм лактозы в молочную кислоту характерен для неферментированного молока и составляет 58,3%, а появление свободных моносахаров способствует ускорению реакций анаболизма, сопровождающихся увеличением биомассы продуцента. Полученные данные свидетельствуют о прямом влиянии концентрации лактозы на интенсивность роста биомассы кефирного грибка и накопление молочной кислоты в процессе сквашивания кисломолочного напитка.

Установлено влияние концентрации лактозы на рост кефирного грибка, на изменение количества молочной кислоты в кисломолочном напитке. Предложена схема подготовки сырья, предусматривающая первичную термообработку молока перед ферментацией лактазой с последующим заквашиванием. В результате проведенной экспериментальной работы были установлены технологические режимы, способствующие обеспечению устойчивых потребительских показателей низколактозного кисломолочного продукта смешанного брожения на основе кефирного грибка.

Список литературы и источников

1. Великанова, А. С. Изменение метаболической функции биомассы кефирного грибка / А. С. Великанова, О. В. Зюзина // Ноосферный вектор устойчивого развития : материалы IV Международной конференции-форума им. В. И. Вернадского. – Мичуринск 2017. – С. 11–12.

2. Формирование потребительских свойств молочных напитков методами биотехнологии / А. С. Великанова, О. В. Зюзина, У. В. Ланцова, А. С. Надеждина // Агротехнологические процессы в рамках импортозамещения : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы РФ, д-ра с.-х. наук, проф. Ю. Г. Скрипникова. – Мичуринск-Наукоград РФ 2016. – С. 14 – 18.

3. Влияние тепловой обработки на состав молока [Электронный ресурс]. – URL : http://userdocs.ru/himiya/86639/index.html?page=8 (дата обращения: 20.12.2017).

4. Технология производства безлактозных продуктов компании «Valio» [Электронный ресурс]. – URL : http://www.valio.ru/valiology/kak-proizvoditsya-bezlaktoznoe-moloko/ (дата обращения: 17.03.2018).

А. А. Коберницкий[1,2]**,** аспирант,
А. Т. Попов[2]**,** канд. техн. наук, проф. заведующий кафедрой организации перевозок
([1]ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», Липецк, Россия;
[2]Липецкий государственный технический университет, факультет инженеров транспорта, Липецк, Россия)

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОПЕРАТОРСКИХ КОМПАНИЙ

Аннотация. В работе рассмотрен системный подход при оптимизации взаимодействия промышленного предприятия и операторских компаний.

Ключевые слова: промышленное предприятие, операторские компании, железнодорожный транспорт, взаимодействие, системный подход.

Динамика взаимодействия железнодорожных транспортов общего и необщего пользования не только между собой, но и с внешними факторами, внешней производственной средой при решении вопросов по доставке грузов, порожнего подвижного состава и т.д. напрямую оказывает влияние для достижения всех поставленных задач каждого участника данного транспортного процесса. Но для осуществления рационального управления транспортным процессом целесообразно использовать системный подход.

«Система (др.-греч. σύστημα «целое, составленное из частей; соединение») – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство» [1].

По способу взаимодействия с окружающей средой системы разделяются на два типа: открытые и закрытые. Соответственно, в данной статье речь пойдет об открытой системе, так как транспортный процесс по доставке грузов от производителей до потребителей – это сложный производственный процесс со всеми в него втекающими и вытекающими обстоятельствами.

Любую открытую систему можно схематически представить в виде «ящика», у которого имеются:

- входы, посредством которых система получает ресурсы от внешней среды (так осуществляется влияние среды на систему);
- процессор, который обрабатывает всю необходимую информацию из внешней среды;
- выходы – конечный продукт от системы к среде.

Внутрисистемные и межсистемные взаимоотношения между участниками транспортного процесса в условиях современного рынка должны быть хорошо отлажены, что будет давать гарантию повышения функционирования системы, предупреждения случаев возможных браков в работе системы, что может привести к непредсказуемой и неустойчивой случайности между взаимодействующими компонентами системы и в конечном итоге к разрушению всей системы. «Рыночная система хозяйствования делает все производственные, в том числе и транспортные системы неустойчивыми, закрытыми и слабоорганизованными» [2].

И на самом деле, сегодня каждый участник производственно-транспортного процесса ищет выгоды только в свою пользу! Получается закрытая система, участники, компоненты которой в определенный момент времени представлены в виде векторов в многомерном пространстве целей.

Как написано выше, на любую систему оказывает большое влияние окружающая среда, которая действует на сами компоненты системы. Так, система приобретает новую структуру, получается более сложная система векторо-пересекающихся интересов.

В сложных системах бывает очень сложно решать технико-экономические вопросы, поэтому трудно описываемые проблемы стремятся разложить на более простые, анализ и решение которых уже не представляет существенных затруднений.

Взаимодействие частей или подсистем предприятия является основной концепцией системного подхода к организации как процессу. Иными словами, подход предусматривает установление наиболее необходимых целей для всех взаимодействующих компонентов. Системы строятся так, чтобы достигалась совместное функционирование всех компонентов как единого целого.

Перевозочная система – это частично самоуправляемая система, наделенная следующими характеристиками:

- является системой типа «человек–машина»;
- способна выбирать направление деятельности;
- задачи и соответствующие направления деятельности должны распределить между собой участники (компоненты).

Для решения тех или иных задач перевозочного процесса перевозочная система должна быть как универсальна, так и специализирована в определенных направлениях.

К сожалению, в настоящее время перевозочные системы обладают недостаточной эффективностью, поскольку им не только не удается связать части или этапы (функции) в единый механизм внутри системы, так и нет интересов более согласованного взаимодействия с другими системами (транспорт общего и необщего пользования).

При системном подходе к организации перевозочной системы необходимо получить ответы на следующие вопросы:

- Сколько различных элементов включает данная система?
- Какова причинно-следственная взаимосвязь между этими элементами?
- Какие функции должны быть осуществлены в каждом отдельном случае?
- Какой необходим взаимообмен между имеющимися ресурсами?

При решении сложных проблем системного подхода на первый план выходит системный анализ перевозочных систем, который состоит из изучения, рассмотрения и анализ отдельных компонентов.

Поскольку при системном подходе сосредотачивается внимание на построении целого, все начинается с установления целей для системы в целом. Затем разрабатываются различные организационные структуры и компоненты, соответствующие друг другу в рамках системы и т.д.

Вопросы по оптимизации взаимодействия промышленного предприятия и операторских компаний должны напрямую решаться посредством системного подхода. Организационную функцию их взаимодействия будет играть общая совпадающая цепь их интересов. Организованность достигается постольку, поскольку направление активности участников системы, выражаемое целью, тождественно для всех сотрудников.

Список литературы и источников

1. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Система

2. Грузовые автомобильные перевозки : учебник для вузов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006 – 560 с.

А. А. Коберницкий[1,2]**,** аспирант,
А. Т. Попов[2]**,** канд. техн. наук, проф. заведующий кафедрой организации перевозок
([1]ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», Липецк, Россия;
[2]Липецкий государственный технический университет, факультет инженеров транспорта, Липецк, Россия)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ОПЕРАТОРСКИХ КОМПАНИЙ

Аннотация. В работе показаны основы взаимодействия промышленного предприятия и операторских компаний в условиях современной рыночной экономики РФ.

Ключевые слова: промышленное предприятие, операторские компании, ОАО «РЖД», готовая продукция на промышленном предприятии, транспортировка готовой продукции.

Железные дороги в Российской Федерации – это железнодорожный транспорт, который является одним из единственных и значимых железнодорожных сетей в мире. Эксплуатационная длина железнодорожных магистралей РФ составляет примерно 124 тыс. км, в том числе около 85,3 тыс. км приходится на пути общего пользования, остальное расстояние – на пути промышленной транспортной системы. Россия занимает второе место по длине своих железнодорожных путей, находясь между такими государствами, как США и Китай соответственно.

На данный момент одной из крупнейших и передовых мировых транспортных систем являются «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»). На их долю приходится почти 43,3% совокупного грузооборота перевозочного процесса.

В последнее время набирает популярность такое определение, как компания- оператор. Это перевозчики, транспортирующие вверенные им грузы от производителя до потребительских баз по сети железных дорог. По последним данным насчитывается около 2450 владельцев – собственников подвижного состава, в руках которых находятся примерно 555 тыс. вагонов, что составляет около 60% общего парка вагонов РФ.

Неслучайным был факт появления операторских компаний на железнодорожном рынке РФ. Причины тому были следующие:

- истощенный парк подвижного состава;
- выработанный парк локомотивов;
- реформы железнодорожного транспорта РФ.

После этого каждая частная компания-перевозчик за счет конкуренции между собой ищет «передовые» пути развития, работая как двигатель современной экономики. В условиях сложившихся отношений на рынке перевозчики организуют свою основную деятельность так, чтобы были удовлетворены потребности всех участников перевозочного процесса.

Реформы железных дорог РФ в 2000-х годах дали непосредственный прогресс развития и обновления железнодорожного транспорта с точки зрения совершенствования. Но с другой стороны, усложняются отношения между промышленными предприятиями и перевозчиками.

Для того чтобы доставить готовую продукцию до потребителя, крупным товаропроизводителям выгоднее привлекать сторонних перевозчиков, нежели покупать и содержать для перевозки продукции свой парк подвижного состава, что крайне увеличивает себестоимость готовой продукции и, как следствие, становится сложнее реализовать этот продукт.

Рассматривая взаимодействие промышленных предприятий и операторских компаний, нельзя забывать про третьего участника данного процесса – ОАО «РЖД», которые уже «диктуют» свои правила операторским компаний, которые транспортируют грузы промышленных предприятий в своем подвижном составе. Работы промышленного предприятия с подвижным составом ОАО «РЖД» и операторских компаний практически не отличаются, за исключением, что за простой своих вагонов на подъездных путях предприятий ОАО «РЖД» уже устанавливает большие сверхнормативные штрафы.

Из всего вышесказанного следует сделать вывод, что вопрос по оптимизации технологического взаимодействия промышленного предприятия, ОАО «РЖД» и операторских компаний носит актуальный характер в условиях современной рыночной экономики, где каждый ее участник в своих интересах хочет извлечь большие выгоды.

О. А. Коврижных, М. А. Цуканов
(Старооскольский технологический институт им. А. А. Угарова (филиал)
НИТУ «МИСиС»: кафедра АИСУ СТИ НИТУ «МИСиС», Старый Оскол, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В статье описывается задача составления и корректировки производственного расписания на примере сталеплавильного производства. Для повышения качества расписания при учете специфики производства и ограничениях предлагается использование мультиагентных технологий.

Ключевые слова: мультиагентные технологии, сталеплавильное производство, производственная программа.

В настоящее время каждое производственное предприятие заинтересовано вопросом рационального использования ресурсов для увеличения прибыли в условиях рыночной конкуренции. Снижение расходов энергии, уменьшение количества времени на выполнение каждой операции, увеличение производительности отдельных участков за счет оптимального времени перенастройки технологических агрегатов и качественное выполнение производственного плана позволяют достичь поставленную цель. Однако решение данной задачи зачастую не является тривиальным, поскольку каждая производственная цепочка отличается сложной структурой, нелинейностью процессов и особенными условиями и ограничениями при подготовке продукции.

Производство стали является одним из самых энергоемких в металлургической промышленности. Большое количество взаимосвязанных агрегатов, участвующих в производстве различных марок стали, работает над указанными планами производства, графиками и маршрутами. Реализация плана часто нарушается из-за различных факторов производства, которые приводят к задержкам, которые необходимо устранить как можно скорее. Этот вопрос определяет необходимость решения проблемы производственных графиков и корректировок для достижения высокой производительности.

Оперативное управление (ОУ) реализации производственных планов осуществляется на основе технологической координации (ТК), которая координирует работу технологического оборудования и транспорта, движение материальных потоков в случае отклонений от начального плана. Металлургическое предприятие является характерным примером сложноструктурированного производства [1], трудность задачи ОУ и ТК которого представлена перекрестными схемами транспортно-технологических потоков, большим количеством вариантов технологических маршрутов.

В таких условиях актуальной задачей является составление и корректировка производственного расписания.

В настоящее время в работах [2, 3, 4] предлагаются различные алгоритмы формирования оперативно-производственных планов, которые при выполнении предлагают множество расписаний для выбора диспетчером для дальнейшей реализации.

Для многих предприятий является важным вопрос не только оптимизации расписаний, но и их автоматического формирования. Авторы работ [5, 6] описывают важность

уделения большого внимания критериям в таких системах, по которым предлагается внедрить составленное расписание.

Кроме того, внедряемая система корректировки производственного расписания должна не только позволить перестроить сменно-суточное задание в случае необходимости, но и позволить управлять отклонениями в графике исполнения заказов от производственного плана.

Главной задачей систем оперативного управления и технологической координации производства является составление согласованных планов цехов предприятия и обеспечение их выполнения. Посредством составления расписания возможно решение задач диспетчирования производства, мониторинга нарушения плана и разработки корректирующих мероприятий при его нарушении.

В статье [7] авторы рассмотрели вопросы оперативного управления производством, разработки корректирующих мероприятий при нарушении текущего плана относительно запланированного состояния и представили алгоритм формирования и корректировки расписания на основе фракталов Кантора. Данное математическое множество, обладающее свойством самоподобия, позволяет осуществлять корректировку расписания, предоставляя его в итоговом варианте не хуже, чем исходное. В качестве целевой функции такого расписания выступает минимизация приведенных потерь при смене технологии выплавки.

Для решения задачи оперативного управления и технологической координации актуально использование мультиагентных систем (МАС) [8].

Система оперативного управления с точки зрения системы поддержки принятия решений рассматривается как распределенная организационно-техническая система с характерным разделением этапов производства заказа на отдельные технологические агрегаты, представляющая собой модель производственных звеньев, функционирующую по алгоритмам оптимизации составления производственных расписаний на основе методов искусственного интеллекта и имитационного моделирования. Блок принятия решений концептуальной схемы представлен агентом-оптимизатором, в задачу которого входит построение оптимального расписания на основе правил и ограничений производства, и агентом-супервизором, решающим задачу взаимодействия агентов МАС и связи с пользователем и выдающим плановое расписание, отчет по анализу «узких мест» и варианты их корректировки, формирующим задания нижестоящим агентам МАС на обработку производственных заказов в соответствии с принятым к реализации расписанием, блок анализа проблем – агентом-реализатором, который осуществляет проверку сформированного расписания на реализуемость, имитационная модель производства – агентами-исполнителями, партнерскими агентами, задачей которых является слежение за работой конкретного технологического агрегата, входящего в реализуемый технологический маршрут.

В настоящее время при использовании стандартного механизма для составления и корректировки используются различные системы от узкоспециализированных до стандартных и адаптированных к решению данной задачи, например MS Excel, который обладает недостатками с точки зрения временных затрат, наличия необходимых функций и постоянной связи с сервером.

При использовании ранее предложенного алгоритма [7] в структуре МАС предполагается снижение временных затрат на корректировку расписания, что в свою очередь по-

зволит повысить производительность и энергоэффективность цеха в случае случайных событий.

Экономия средств зависит от многих факторов, не только от времени составления расписания, от технологии, от стоимости данной продукции. Использование мультиагентного подхода к управлению производством и обеспечивающими подсистемами позволит повысить адаптивность системы к текущим изменениям и даст преимущество в оперативности и адекватности принимаемых решений. Такой подход к реализации системы ОУ и ТК позволит повысить качество выявления нарушений в ходе реализации производственной программы и более эффективно реализовать построение и корректировку расписания.

Список литературы и источников

1. Авдеев, В. П. Производственно-исследовательские системы с многовариантной структурой / В. П. Авдеев, Б. А, Кустов, Л. П. Мышляев. – Новокузнецк : Изд-во Кузбасского филиала Инженерной академии 1992. – 188 с.
2. Антамошкин, А. Н. Имитационная модель формирования расписаний дискретных производств позаказного типа в условиях риска и неопределенности / А. Н. Антамошкин, О. И. Антамошкина, П. А. Кравцов. – С. 37 – 40.
3. Скакалина, Е. В. Эффективное построение множества расписаний с минимальным суммарным временем завершения работ / Е. В. Скакалина // Радиоэлектроника и информатика. – 2001. – № 3(16). – С. 44 – 46.
4. Радченко, Ю. А. Разработка метода вычисляемых приоритетов для повышения управляемости и скорости исполнения производственных заказов : дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Радченко Ю. А. ; [Место защиты: Моск. гос. технол. ун-т «Станкин»]. – М., 2018. – 146 с.
5. Косачев, В. С. Оптимизация технологического потока многоассортиментного производства хлебных изделий / В. С. Косачев, Е. П. Кошевой, А. А. Сергеев // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. Процессы и аппараты пищевых производств. – 2011. – № 1. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-tehnologicheskogo-potoka-mnogoassortimentnogo-proizvodstva-hlebnyh-izdeliy (дата обращения: 11.08.2019). КиберЛенинка: https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-tehnologicheskogo-potoka-mnogoassortimentnogo-proizvodstva-hlebnyh-izdeliy
6. Разработка эволюционных алгоритмов для решения задач теории расписаний в условиях неопределенности : автореф. ... канд. техн. наук: 05.13.17 / Родькина Маргарита Борисовна; [Место защиты: Воронеж. гос. ун-т]. – Воронеж, 2013. – 16 с.
7. Цуканов, М. А. Разработка и реализация алгоритма построения расписания сталеплавильного производства на основе адаптации фрактала Кантора / М. А. Цуканов, О. А. Божкова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – Изд-во: Воронеж. гос. техн. ун-та, Воронеж, 2017. – Т. 13, № 6. – С. 32 – 36.
8. Скобелев, П. О. Открытые мультиагентные системы для оперативной обработки информации в процессах принятия решений : дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.01. – Самара, 2003. – 418 с.

К. А. Конькова[1], магистрант,
А. В. Козачек[1], канд. пед. наук, доц., зав. кафедрой
«Природопользование и защита окружающей среды»,
Р. А. Иванова[2], инженер по охране окружающей среды
([1]Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия;
[2]ОАО «НИИХИМПОЛИМЕР», Тамбов, Россия)

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ПЕРСОНАЛА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВА N, N`-ДИТИОДИМОРФОЛИНА (ДТДМ) НА ПРИМЕРЕ ОАО «НИИХИМПОЛИМЕР»

Аннотация. Работа посвящена усовершенствованию технологического процесса производства ДТДМ на одном из предприятий г. Тамбова, а также сокращению выбросов в атмосферу при производстве ДТДМ. В статье рассмотрено внедрение трех насадочных абсорберов и замена ленточной сушилки на инфракрасную сушилку.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, инфракрасная сушилка, N, N`-дитиодиморфолин (ДТДМ), насадочные абсорберы.

Введение

Линия производства N, N`-дитиодиморфолина (ДТДМ) существует в ОАО «НИИХИМПОЛИМЕР» достаточно давно. В целях повышения экологической эффективности предлагается внести изменения в существующую линию очистки: установить три насадочных абсорбера для очистки воздуха от загрязняющих веществ и заменить ленточную сушилку на инфракрасную сушилку.

В статье представлены результаты технологического и экономического расчетов предложенного оборудования.

Информация об опасностях производства

Технологический процесс получения N, N`-дитиодиморфолина (ДТДМ) включает четыре стадии: приготовление раствора хлористой серы в бензине, конденсацию, фильтрацию реакционной смеси и промывку пасты, гранулирование и сушку готового продукта (ДТДМ).

Готовый продукт сушат в ленточной сушилке, что может привести к опасным ситуациям. Неисправность или неправильное обращение с сушилкой может привести к повышению температуры в ней, что в свою очередь может вызвать аварийные ситуации. Они могут возникать в результате технических неполадок или нарушения технологических регламентов и рабочих инструкций. Очистка газовых выбросов не предусматривается.

Предприятие характеризуется повышенным уровнем риска, обусловленным нагревом продуктов до 120…130 °С в ленточной сушилке, что не обеспечивает достаточного уровня безопасности при этих температурах. Так же экологическую безопасность продукции можно улучшить путем введения в технологическую линию обработки газовых выделений.

В процессе приготовления и сушки ДТДМ используются следующие легковоспламеняющиеся и вредные вещества: бензин, морфолин, хлористая сера, хлористый натрий и соляная кислота. Пары веществ, таких как морфолин и хлорид серы, воздействуют на компо-

ненты окружающей среды, в том числе на человека, вызывая необратимые последствия. Например, выбросы хлористой серы в больших количествах в атмосферу могут приводить к кислотным осадкам, а при контакте с человеком вызывают раздражение верхних дыхательных путей, дегенеративные и некротические изменения в печени и почках. Аэрозоль гидроксида натрия также оказывает катастрофическое воздействие на природу и человека. При контакте с атмосферой и водой щелочь тормозит биохимические процессы и оказывает токсическое действие, при контакте с кожей человека вызывает серьезные ожоги и волдыри, при вдыхании у человека появляется ощущение жжения и боли в горле, а при контакте с глазами вызывает боль и сильные глубокие ожоги.

Поэтому в данной статье предлагается замена ленточной сушилки и введение насадочных абсорберов.

Краткие результаты расчета насадочных абсорберов

Целью расчета является снижение концентрации паров морфолина с 0,50 (моль. %), паров хлористой серы с 0,30 (моль. %) и аэрозолей гидроксида натрия с 0,50 (моль. %) до 0,01 (мол. %) с водой. Основным аппаратом этого процесса является насадочный абсорбер с установленными керамическими кольцами Рашига.

В результате расчетов были определены следующие параметры, которые представлены в табл. 1.

1. Результаты расчета насадочных абсорберов

Наименование	Абсорбер для удаления паров морфолина	Абсорбер для удаления паров хлористой серы	Абсорбер для удаления аэрозолей гидроксида натрия
Высота насадки	1	1	1
Внешний диаметр колонны, м	0,616	0,616	0,616
Внутренний диаметр колонны, м	0,6	0,6	0,6
Высота цилиндрической части колонны, м	3	3	3
Приблизительный вес оборудования, кг	750	750	750

Краткие результаты расчета инфракрасной сушилки

Рассчитаем тепловой расчет и получим Q = 44641,47 кДж. Затем находим плотность облучения в случае установки ламп в шахматном порядке и получаем е = 1688,28 Вт/м^2. Когда плотность излучения определена, возможно высчитать, сколько излучателей необходимо. Получаем n = 22. Сопоставим расчетное количество тепла, необходимое для сушки (44 641,47 кДж) с тепловой мощностью излучателей (22*100 Вт), доведем все до одной единицы измерения и

сравним. Из формулы для определения тепловой мощности находим время, за которое количество теплоты передает системе тепло. Таким образом, время работы инфракрасной сушилки составляет 6 часов. В таблице 2 представлены подробные характеристики оборудования.

2. Характеристики инфракрасной сушилки

№	Тип сушилки	SK-1IK-600
1	Тип конвейерной ленты	Тефлон
2	Термопреобразователь	ТНК
3	Установленная мощность, кВт	12
4	Потребляемая мощность, кВт	5…8
5	Количество излучателей, шт.	22
6	Число фаз	3
7	Напряжение сети, В	380
8	Частота переменного тока, Гц	50
9	Температура в рабочей зоне, °С	0…250
10	Размер рабочей камеры (Д×Ш×В), мм	4000×700×240
11	Ширина конвейерной ленты, мм	625
12	Скорость движения конвейерной ленты, м/мин	0…5
13	Нагрузка на 1 м ленты, кг, не более	50
14	Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	5300×1050×1500
15	Масса, кг, не более	800

Рассчитав оборудование, можно внести в технологическую схему процесса посчитанное оборудование.

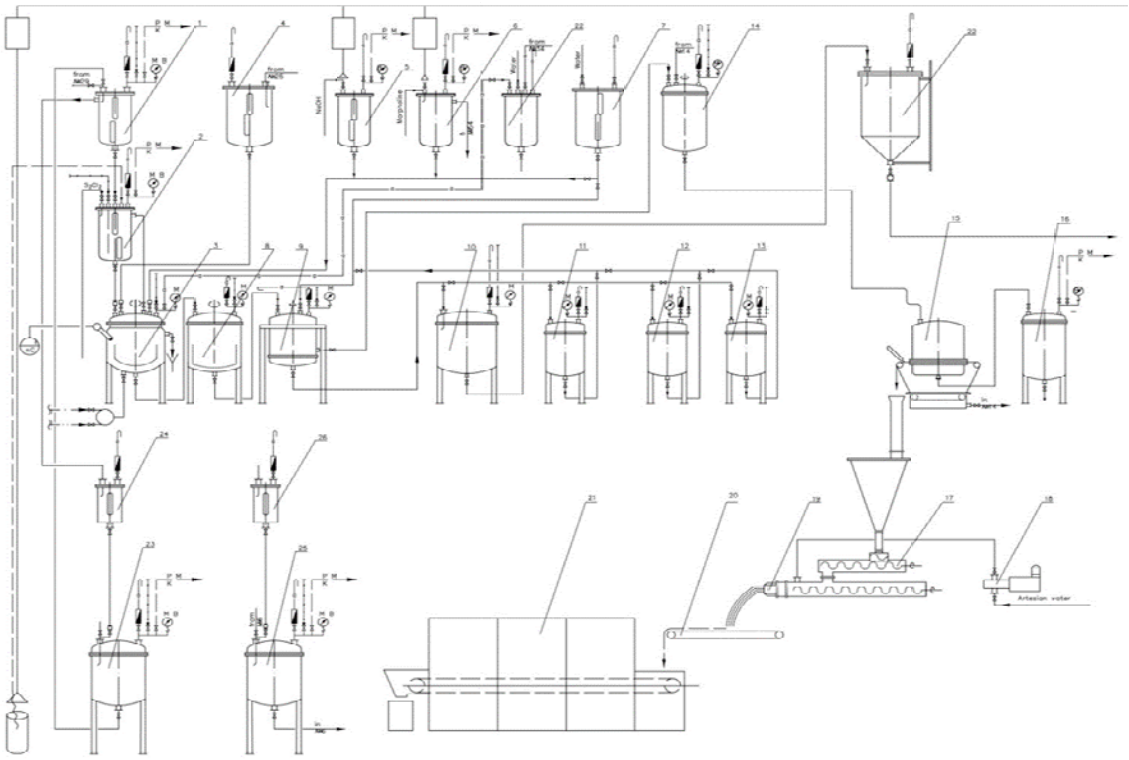


Рис. 1. Технологическая схема

Экономическая оценка замены и внедрения нового оборудования

Ниже приведена таблица с результатами экономических расчетов. Рассчитаны все необходимые затраты на выполнение работ, стоимость с учетом всех затрат.

Расчет производился с учетом максимального приближения к реальным ценам.

3. Результаты экономического расчета проекта

№	Название	Unit	Экономическая разница, руб.
1	2	3	4
1	Прибыль от реализации продукта	Руб.	19 300 000
2	Индекс доходности	В течение 5 лет	16,34
3	Чистый дисконтированный доход	Руб.	17 157 629
4	Срок окупаемости	Лет	3
5	Фондоотдача	Тонн/руб.	0,00095
6	Фондоемкость	Руб./тонн	1050
7	Фондовооруженность.	Руб./чел.	9 650 000
8	Производительность труда	Тонн/чел.	500

Заключение

1. Внесены и обоснованы предложения по повышению уровня безопасности производственной линии DTDM для персонала и окружающей среды.

2. В работе рассмотрено экономическое обоснование модернизации методов очистки воздуха от загрязняющих веществ и сушки готового продукта при производстве N, N`-дитиодиморфолина (ДТДМ).

3. Рассчитана рентабельность проекта. Проект экономически эффективен.

Список литературы

1. Технологический регламент ОАО «НИИХИМПОЛИМЕР» (утв. 02 апреля 1975 г.). – Тамбов, 1975. – 97 с.

2. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – Л. : Химия,1987. – 576 с.

3. Дытнерский, Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / Ю. И. Дытнерский ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – М. : Химия, 1983. – 272 с.

4. Шубин, Р. А. Надежность технических систем и техногенный риск / Р. А. Шубин. – Тамбов, 2012. – 22 с.

5. Лыков, М. Ф. Сушка в химической промышленности / М. Ф. Лыков. – М. : Химия, 1970. – 432 с.

6. Зайцев, Н. П. Экономика промышленного предприятия / Н. П. Зайцев. – М. : Практикум, 2000. – 540 с.

С. В. Лебедев, д-р техн. наук, проф. кафедры «Оборудование и процессы машиностроительных производств»,
В. В. Неверов, канд. техн. наук, доц. кафедры «Оборудование и процессы машиностроительных производств»,
П. Н. Клевцов, канд. техн. наук, доц. кафедры «Оборудование и процессы машиностроительных производств»
(Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия)

ДЕФЕКТОСКОПИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПАРОВЫХ КОТЛОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Аннотация. Представлены результаты исследования разрушающего и неразрушающего контроля сварных соединений парового котла высокого давления. По результатам исследования сделано заключение о продлении срока эксплуатации указанного агрегата.

Ключевые слова: паровой котел высокого давления, неразрушающий контроль, визуально-измерительный контроль, ультразвуковая дефектоскопия, металлографические исследования.

Паровые котлы, как правило, представляют собой сварные конструкции из теплоустойчивых сталей перлитного класса. При сварке таких сталей необходимо соблюдать технологические приемы, позволяющие избежать появления в зоне термического влияния (ЗТВ) сварного соединения закалочных структур в виде мартенсита и, как следствие, появления в процессе эксплуатации трещин и аварийного выхода агрегата из строя [1, 2].

Целью настоящей работы было определить возможность дальнейшей эксплуатации парового котла высокого давления, основным материалом для изготовления которого использована теплоустойчивая сталь перлитного класса типа 12Х1МФ, а также конструкционные углеродистые стали, что было обусловлено техническим заданием на проведение экспертизы.

Для изучения конструктивных особенностей котла, условий эксплуатации, проведенных замен основных элементов и выявления мест и возможных причин возникновения дефектов парового котла заказчиком была изучена необходимая техническая документация в виде сборочного и рабочих чертежей конструкции, журнал по учету режимов эксплуатации и результаты предыдущих обследований.

В результате анализа технической документации установлено:

Эксплуатация парового котла ведется на основании Инструкции по эксплуатации паровых котлов и другой НТД обученным и аттестованным персоналом на режимах, не превышающих паспортные.

Контрольно-измерительные приборы проходят поверку в установленном порядке.

Ремонт и чистка котла проводятся согласно графику планово-предупредительных ремонтов.

На основании анализа условий эксплуатации и технической документации было принято решение о применении следующих видов контроля для элементов котла:

а) визуально-измерительный контроль (ВИК) для оценки состояния всех сварных соединений на предмет соответствия геометрических параметров требованиям ГОСТ 2601–84 и выявления внешних дефектов, таких как подрезы, поры, шлаковые включения и трещины. Данный вид контроля проводился посредством специального инструмента для ВИК, вклю-

чающего лупу с увеличением х8, и набором контрольно-измерительных приборов (штангенциркуль, мерный угольник, линейка);

б) ультразвуковой контроль (УЗК) для оценки внутреннего состояния сварных соединений на предмет наличия в них скрытых дефектов (пор, шлаковых включений, трещин, непроваров). Такому виду контроля подвергались кольцевые и продольные сварные соединения, испытывающие термическое и динамическое воздействие от перемещения рабочих сред: трубо- и паропроводы, конденсаторы и т.п. УЗК проводился посредством дефектоскопа А1214, зав. № 205211;

в) металлографические исследования проводились на сварных соединениях, подвергающихся в процессе эксплуатации интенсивному тепловому воздействию и динамическим нагрузкам под действием циркулирующей под высоким давлением жидкости и (или) пара. Таковыми элементами являлись сварные соединения на изгибах пароперепускных трубопроводов, выполненных из стали 12Х1МФ.

Для проведения металлографических исследований из исследуемого участка сварного шва вырезались шлифы после шлифовки и полировки, подвергавшиеся травлению в 3%-ном растворе азотной кислоты в спирте. Далее исследование микроструктуры проводилось посредством микроскопа МПМ-2У.

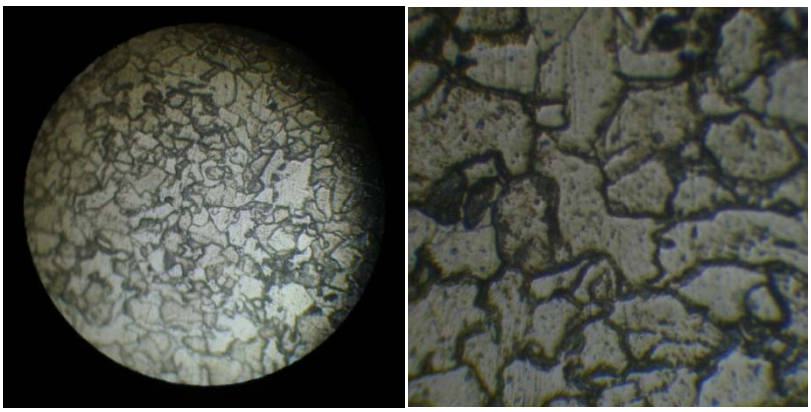
Контроль и оценка микроструктуры проводились согласно СТО 70238424.27.100.005–2008 «Основные элементы котлов, турбин и трубопроводов ТЭС. Контроль состояния металла. Нормы и требования», СО 153-34.17.456–2003 «Методические указания по оценке живучести оборудования тепловых электростанций».

Этот вид контроля является разрушающим, вследствие чего данные элементы были заменены новыми с использованием материалов и режимов сварки, предусмотренными технологией изготовления котла, а именно ручная дуговая сварка покрытыми электродами марки ТМЛ-3У диаметром 3 мм на режимах: сварочный ток 100…110 А, напряжение на дуге 22 В. В качестве источника питания использовался инверторный сварочный аппарат «Форсаж-315». После сварки выполнялся визуальный и ультразвуковой контроль полученных сварных соединений.

При визуальном и ультразвуковом методе дефектоскопии недопустимых дефектов сварных соединений выявлено не было. Металлографические исследования дали следующие результаты.

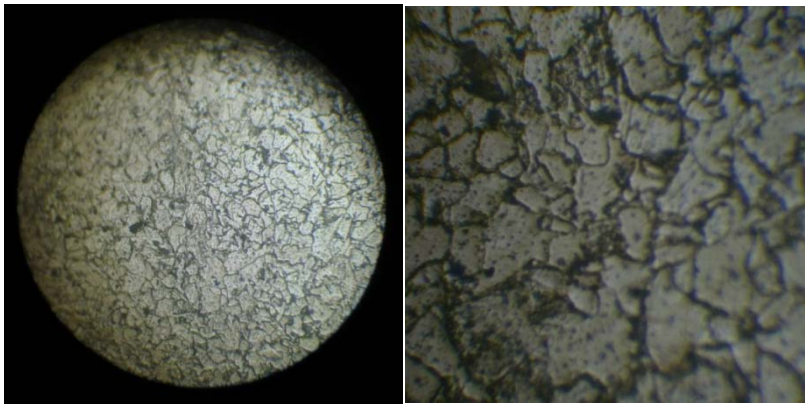
Микроструктура исследованных шлифов паропровода из стали 12Х1МФ (рис. 1) представляла собой ферритное зерно с выделившейся карбидной фазой по границам зерен и в теле зерна. Данная структура характерна для хромомолибденованадиевых сталей, работающих длительное время при температурах более 450 ºС [3]. Данная температура способствует диффузии углерода к границам зерен. Структура работоспособная, но выделение хрупкой фазы по границам зерен может в дальнейшем привести к образованию трещин. На данный момент микроповрежденность структуры стали соответствует баллу 1, 2 по шкале микроповрежденности сталей перлитного класса (Приложение И, СТО 70238424.27.100.005–2008).

Микроструктура шлифа, вырезанного из пароперегревателя из стали 12Х1МФ (рис. 2), представляет собой ферритно-перлитную структуру. Содержание перлита в структуре около 10%. Наблюдается выделение карбидов в теле зерна и по его границам. Структура характерна для хромомолибденованадиевых сталей, работающих длительное время при температурах более 550 ºС и испытывающих динамическое воздействие [4].



x100 x400

Рис. 1. Микроструктура участков ЗТВ сварных соединений из стали 12Х1МФ, подвергающихся в процессе эксплуатации нагреву более 450 ºС



x100 x400

Рис. 2. Микроструктура участков ЗТВ сварных соединений, подвергающихся в процессе эксплуатации наиболее интенсивному тепловому и динамическому воздействию

По результатам анализа микроструктуры шлифов, изготовленных на элементах пароперегревателей паропровода 2-й ступени паропровода коллектора (левая и правая) сторона, сталь 12Х1МФ и на корпусе пароперегревателя можно сделать вывод о том, что структура является допустимой до наработки на заданный ресурс.

Таким образом, проведенные мероприятия по анализу условий эксплуатации, технической документации и результатам дефектоскопии позволили однозначно сделать заключение о пригодности котла в целом и отдельных его элементов к дальнейшей эксплуатации.

Список литературы

1. Лившиц, Л. С. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений / Л. С. Лившиц, А. Н. Хакимов. – М. : Машиностроение, 1989. – 236 с.

2. Акулов, А. И. Технология и оборудование сварки плавлением / А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. – М. : Машиностроение, 1989. – 482 с.

3. Гольдштейн, М. И. Специальные стали / М. И. Гольдштейн, С. В. Грачев, Ю. Г. Векслер. – М. : Металлургия, 1985. – 408 с.

4. Причины возникновения дефектов сварных соединений при изготовлении теплообменников газовых котлов и способы их устранения / Т. В. Редичкина, И. М. Володин, В. В. Неверов, А. И. Володин, С. В. Лебедев // Сварочное производство. – 2018. – № 3-С. – 33 – 37.

Р. И. Ли, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Транспортные средства и техносферная безопасность»,
А. Н. Быконя, аспирант кафедры «Транспортные средства и техносферная безопасность»,
А. Ю. Мельников, аспирант кафедры «Транспортные средства и техносферная безопасность»
(Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия)

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ДЛЯ НАГРЕВА КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Аннотация. В статье приведены полученные в результате теоретических исследований математические модели температуры и времени нагрева корпусных деталей с полимерным покрытием при инфракрасной обработке.

Ключевые слова: восстановление, полимер, покрытие, температура, инфракрасная сушка.

Введение

Восстановление изношенных деталей является основным резервом снижения затрат на ремонт. Стоимость восстановленных деталей ниже стоимости новых, что позволяет значительно снизить затраты на ремонт машин и оборудования [1].

Для сушки полимерных покрытий используют следующие способы: конвективный, терморадиационный (инфракрасный). Конвективную сушку проводят в специальных сушильных камерах или шкафах. Роль теплоносителя играет горячий воздух, который нагревает изделие полностью, даже если этого не требуется.

При конвективной сушке время термической обработки и энергозатраты относительно велики. Изучив применяемые в настоящее время в промышленности способы сушки полимерных покрытий, для исследования сушки покрытий эластомера Ф-40 выбран терморадиационный способ сушки инфракрасными лучами. При инфракрасной сушке нагрев изделий происходит излучением, которое проникает сквозь слои покрытия и поглощается, в основном металлом. Покрытие нагревается от металла, начиная с внутренних слоев. Из-за возникающей разницы температур между внутренними слоями покрытия и наружными создается разница давлений, способствующая более быстрому выходу паров растворителя из слоев покрытия [2, 3].

Этот способ отличается компактностью оборудования, высокой скоростью сушки, низкими энергозатратами и себестоимостью. Способ обеспечивает более высокое качество покрытия за счет уменьшения количества и размеров дефектов поверхности.

Цель настоящих исследований – провести теоретические исследования и получить зависимость для обоснования выбора конструктивных и режимных параметров установок инфракрасного излучения для сушки полимерных покрытий при восстановлении корпусных деталей (исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Липецкой области в рамках научного проекта № 19-48-480008/19).

1. Оценка коэффициента теплоотдачи тела при установившемся режиме нагрева

В экспериментах в качестве корпусной детали использовали подшипниковый щит электродвигателя 4А112-2, который нагревали кварцевым инфракрасным излучателем, со-

стоящим из одного отражателя QTSR и лампы QTS мощностью 750 Вт на различных расстояниях L. Схема установки представлена на рис. 1.

Для установившегося режима нагрева тела можно записать уравнение баланса мощности [4]

$$q_{\text{изл}} = q_1 + q_2,$$

где $q_{\text{изл}}$ – мощность инфракрасного излучения, получаемая телом от излучателя; q_1 – мощность, отдаваемая на лучеиспускание нагретым телом; q_2 – мощность, отдаваемая телом, при свободном конвективном теплообмене с внешней средой.

В ходе теоретических исследований на основе уравнения баланса мощности получено уравнение для определения коэффициента теплоотдачи k при установившейся температуре детали

$$k = \frac{\dfrac{q_{\text{изл}}}{F} - \varepsilon C_0 \left(\dfrac{T_{\text{уст}}}{100} \right)^4}{T_{\text{уст}} - T_0},$$

где ε – степень черноты серого тела, $\varepsilon = 0{,}60...0{,}70$ для чугуна [5]; C_0 – постоянная Стефана–Больцмана, $C_0 = 5{,}67 \dfrac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$; k – коэффициент теплоотдачи при свободной конвекции; T_0 – температура окружающего воздуха; F – площадь детали.

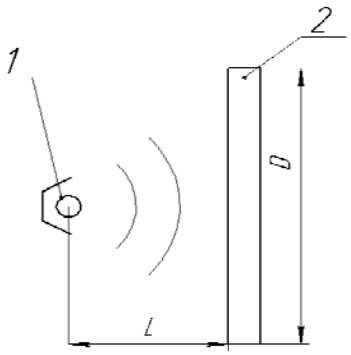


Рис. 1. Схема установки:
1 – инфракрасный излучатель; *2* – подшипниковый щит
(*D* – диаметр щита, *L* – расстояние между деталью и излучателем)

2. Расчет поглощаемой телом мощности инфракрасного излучения

$$q_{\text{изл}} = \frac{4\mu\varepsilon Q_{\text{изл}} \sin\beta_0}{l\varphi} \int_0^{\alpha_0} \sqrt{\frac{D^2}{4} - (L\operatorname{tg}\alpha)^2}\, d\alpha, \qquad (1)$$

где μ – КПД излучателя; $Q_{\text{изл}}$ – потребляемая электрическая мощность излучателя; l – линейный размер излучателя; φ – угол рассеивания отражателя; α_0 – верхний предел интегрирования, радиан; $\alpha_0 = \operatorname{arctg}\left(\dfrac{D}{2L}\right)$, $\beta_0 = \operatorname{arctg}\left(\dfrac{l}{2L}\right)$.

Для увеличения поглощаемой телом мощности, как видно из формулы (1), следует увеличивать мощность излучателя, приходящуюся на единицу длину, и уменьшать расстояние между излучателем и корпусной деталью. Это приведет к росту значения установившейся температуры подшипникового щита при прочих равных условиях.

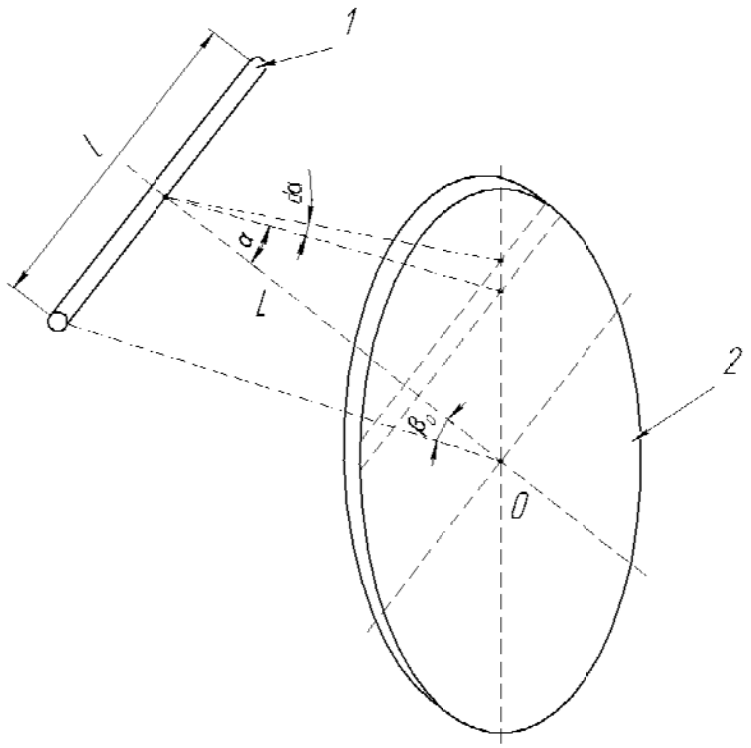


Рис. 2. Схема установки в проекции:
1 – инфракрасный излучатель; *2* – подшипниковый щит

3. Оценка средней температуры и времени нагрева тела

Для процесса нагрева тела можно написать уравнение баланса мощности в произвольный момент времени

$$q_{\text{изл}} = q_1 + q_2 + q_3,$$

где q_3 – мощность, расходуемая на нагрев тела.

$$q_{\text{изл}} d\tau = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4 F d\tau + k\left(T - T_0\right) F d\tau + c_\upsilon m dT .$$

Получили дифференциальное уравнение второго порядка и решили его, используя замену переменной.

Введя обозначение константы времени нагрева для заданных неизменных условий процесса $H = \dfrac{c_\upsilon m}{kF + \dfrac{\varepsilon C_0 F}{25}\left(\dfrac{T}{100}\right)^3} = \text{const}$, что хорошо подтверждается экспериментальными данными, интегрируя уравнение, получили для скорости роста температуры тела во времени следующую зависимость:

$$\dot{T} = \dot{T}_0 \exp\left(-\frac{\tau}{H}\right), \qquad (2)$$

где $\dot{T}_0$ – значение скорости роста температуры тела в начальный момент времени.

Интегрируя повторно уравнение (2), получили формулу для нахождения температуры тела в зависимости от времени в процессе нагрева

$$T = T_0 + H\dot{T}_0\left(1 - \exp\left(-\frac{\tau}{H}\right)\right); \qquad (3)$$

$$T_{\text{уст}} = T_0 + H\dot{T}_0 .$$

Время нагрева детали до заданной температуры T следует рассчитывать по формуле

$$\tau = H \cdot \ln\left(\frac{1}{1 - \frac{T - T_0}{H\dot{T}_0}}\right).$$

За время порядка $6H$ наступает фактически установившийся режим, и начинаются флуктуации температуры тела около установившегося значения температуры $T_{\text{уст}}$.

На рисунке 3 указаны зависимости температуры тела от времени нагрева, рассчитанные по формуле (3) и полученные в ходе эксперимента.

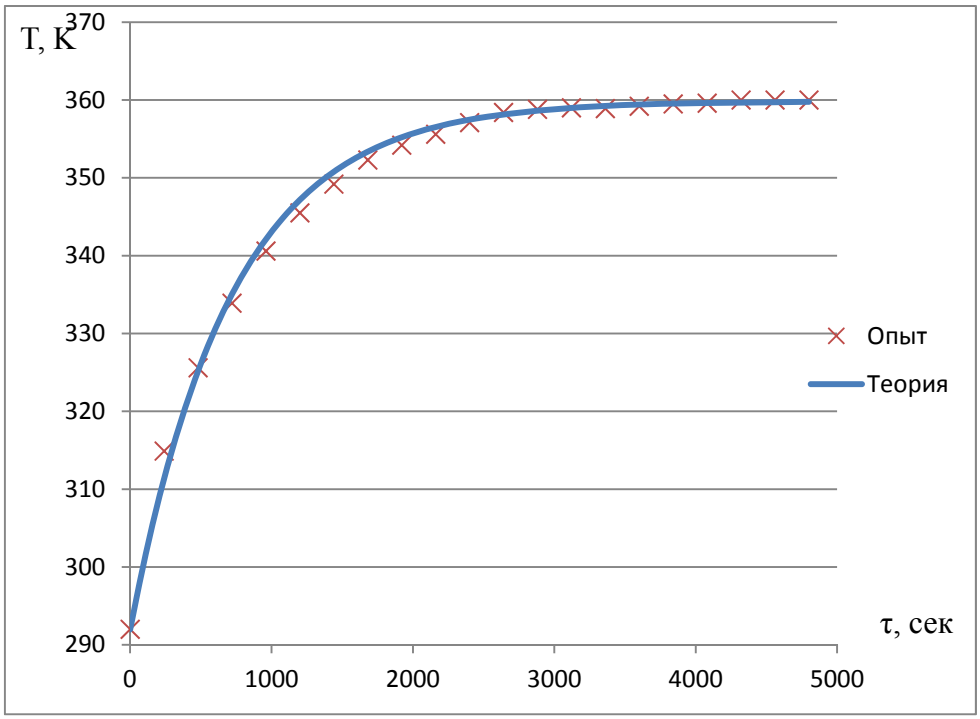


Рис. 3. Зависимости температуры тела от времени нагрева (расстояние *L* = 0,20 м)

Относительная погрешность в определении температуры не более 4,3%.

Относительная погрешность в определении времени нагрева не более 5,3%.

Вывод

В ходе теоретических исследований получены зависимости для расчета конструктивных и режимных параметров установок инфракрасной сушки полимерных покрытий при восстановлении корпусных деталей автотракторной техники.

Список литературы

1. Ли, Р. И. Технологии восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники / Р. И. Ли. – Липецк, ЛГТУ, 2014. – 379 с.

2. Ли, Р. И. Полимерные композиционные материалы для фиксации подшипников качения в узлах машин : монография / Р. И. Ли. – Липецк : ЛГТУ, 2017. − 224 с.

3. Перспективный полимерный материал для восстановления корпусных деталей машин / Р. И. Ли, Д. Н. Псарев, А. В. Мироненко, М. Р. Киба // Клеи. Герметики. Технологии. – 2017. – № 5. – С. 34 – 37.

4. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : в 5 т. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика / Д. В. Сивухин. – М. : Физматлит, 2005. – 565 с.

5. Блох, А. Г. Теплообмен излучением / А. Г. Блох, Ю. А. Журавлев, Л. Н. Рыжков. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 433 с.

Р. И. Ли, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Транспортные средства и техносферная безопасность»,
В. А. Малюгин, аспирант кафедры «Транспортные средства и техносферная безопасность»
(Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия)

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСАДОК ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Аннотация. Теоретически обосновано повышение теплопроводности полимеров при введении в их полимерную матрицу металлических наноразмерных частиц. Приведены результаты экспериментальных исследований теплопроводности анаэробного герметика АН-111 и нанокомпозита на его основе.

Ключевые слова. Подшипник, полимер, наполнитель, нанокомпозит, теплопроводность.

Подшипники качения в узлах автомобилей подвержены тяжелым условиям эксплуатации. Различные циклические нагрузки, трение, высокая температура, агрессивные среды и прочие факторы сказываются на его ресурсе [1, 2]. Для работы в таких условиях эксплуатации полимерный материал должен обладать не только высокими деформационно-прочностными, но и теплофизическими свойствами.

Полимерные материалы имеют низкий коэффициент теплопроводности. Отвод тепла от нагретых деталей в окружающую среду является важным фактором, определяющим температурный режим работы подшипника. Снижение теплоотвода повышает температуру деталей в зоне трения, увеличивает температуру смазочного материала, повышает коэффициент трения и создает опасность возникновения тепловых напряжений, которые ускоряют износ и снижают прочность [3]. Поэтому повышение коэффициента теплопроводности материала является одним из путей повышения долговечности подшипниковых узлов, восстановленных полимерными композитами.

Цель исследований – теоретически обосновать повышение коэффициента теплопроводности полимеров при введении наполнителей в их полимерную матрицу; определить коэффициент теплопроводности анаэробного герметика АН-111 и нанокомпозита на его основе.

Коэффициент теплопроводности трехкомпонентного полимерного композита с дисперсными наполнителями можно определить по формуле В. И. Одолевского

$$\lambda_К = \lambda_П \left[\frac{\varphi_{Н1}}{1-\varphi_П} \left(1 - \frac{1-\varphi_П}{\dfrac{1}{1-\lambda_{Н1}/\lambda_П} - \dfrac{\varphi_{Н1}}{3}} \right) + \frac{\varphi_{Н2}}{1-\varphi_П} \left(1 - \frac{1-\varphi_П}{\dfrac{1}{1-\lambda_{Н2}/\lambda_П} - \dfrac{\varphi_{Н2}}{3}} \right) \right], \qquad (1)$$

где $\lambda_К$, $\lambda_П$, $\lambda_{Н1}$ и $\lambda_{Н2}$ – коэффициенты теплопроводности композита, полимера и наполнителей, Вт/(м·К); $\varphi_П$, $\varphi_{Н1}$, $\varphi_{Н2}$ – объемные доли полимера и наполнителей.

Из формулы (1) следует, что коэффициент теплопроводности полимерного композита зависит от коэффициента теплопроводности полимера и наполнителей, а также их объемного содержания.

Коэффициенты теплопроводности различных материалов, используемых в качестве наполнителей полимеров, приведены в табл. 1.

Из таблицы 1 следует, что наиболее высокий коэффициент теплопроводности имеют частицы серебра, меди и алюминия. Серебро является дорогим материалом и его использование в качестве наполнителя экономически нецелесообразно. Поэтому введение НРЧ алюминия и меди в полимер позволит повысить теплопроводность нанокомпозита.

1. Теплопроводность различных материалов [4]

Материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
Глина	0,2
Мел	0,8…2,2
Стекло	1
Графит	1,1…17,4
Тальк	2,7
Сталь	45…55
Бронза	64
Алюминий	200…240
Медь	380…400
Серебро	430

Теплопроводность герметика АН-111 и нанокомпозита на его основе исследовали методом температурного градиента. В основе этого метода лежит принцип обеспечения постоянного теплового потока от источника тепла (нагревателя) к охлаждающему устройству (холодильнику) через эталонный и исследуемый образцы. Принципиальная схема установки для исследования теплопроводности показана на рис. 1.

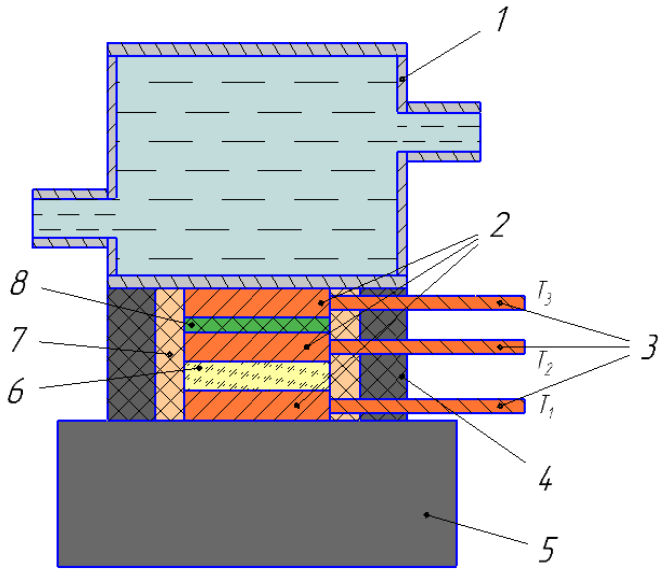


Рис. 1. Принципиальная схема установки для исследования теплопроводности полимерных материалов:
1 – холодильник; *2* – медные диски; *3* – металлические стержни; *4* – резиновая втулка; *5* – электрическая плита; *6* – диск из оргстекла; *7* – труба ПВХ; *8* – исследуемый образец

Установка состоит из холодильника *1*, через который течет холодная вода, трех медных дисков *2*, диска из исследуемого материала *8*, диска из оргстекла *6*, нагревателя *5* (электрическая плита). Для теплоизоляции от окружающей среды диски закрыты резиновой втулкой *4* и трубой из ПВХ *7*. Диски *2* изготовлены из меди марки М1 (ГОСТ 859–2014), имеют диаметр 15 мм и толщину 3 мм. К медным дискам припаяны металлические стержни *3*, покрытые изоляцией, с противоположного конца которых в ходе эксперимента измеряли температуру: T_1, T_2 и T_3.

Исследуемые образцы изготавливали из герметика АН-111 и нанокомпозита на его основе в соответствии с ГОСТ 23630.2–79 в виде дисков диаметром 15,0 мм и толщиной 0,5 мм. Между верхним и средним медными дисками устанавливали исследуемый образец *8*. Между нижним и средним медными дисками установливали диск *6* из оргстекла СО-95-К. К медным дискам припаивали металлические стержни и помещали все диски в теплоизоляционный слой из трубы ПВХ и резиновой втулки. Собранный узел устанавливали на электрическую плиту и помещали на него холодильник. Включали электрическую плиту и открывали подачу воды на холодильник. Температуры медных дисков T_1, T_2 и T_3 измеряли в установившемся температурном режиме инфракрасным пирометром марки Testo 830-T4.

Коэффициент теплопроводности исследуемых образцов λ_1 рассчитывали по формуле [5]

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_2 l_1 (T_2 - T_3) S d\tau}{S d\tau l_2 (T_1 - T_2)} = \lambda_2 \frac{l_1}{l_2} \frac{(T_2 - T_3)}{(T_1 - T_2)}, \quad (2)$$

где l_1 и l_2 – соответственно толщина дисков *8* и *6*, м; λ_2 – коэффициент теплопроводности оргстекла, Вт/(м·К); T_1, T_2, T_3 – температуры металлических стержней.

Исследованиями установлено, что коэффициент теплопроводности анаэробного герметика АН-111 составляет $\lambda_п$ = 0,41 Вт/(м·К). После введения НРЧ меди и алюминия коэффициент теплопроводности нанокомпозита на основе герметика АН-111 увеличился до $\lambda_к$ = 2,16 Вт/(м·К), т.е. в 5,26 раза в сравнении с ненаполненным полимером.

Вывод: теоретически обосновано повышение теплопроводности полимеров при введении в их полимерную матрицу металлических наноразмерных частиц. Введение НРЧ частиц алюминия и меди в анаэробный герметик АН-111 повышает коэффициент теплопроводности материала в 5,26 раза по сравнению с ненаполненным полимером. Это позволит повысить долговечность подшипниковых узлов в связи со значительным улучшением теплоотвода от нагретых деталей в окружающую среду.

Список литературы и источников

1. Ли, Р. И. Полимерные композиционные материалы для фиксации подшипников качения в узлах машин : монография / Р. И. Ли. – Липецк : Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2017. – 224 с.

2. Ли, Р. И. Технологии восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники / Р. И. Ли. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2014. – 379 с.

3. Бочаров, А. В. Повышение эффективности восстановления неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники адгезивами, наполненными дисперсными металлическими порошками : дис. ... канд. техн. наук / А. В. Бочаров. – Мичуринск, 2009. – 150 с.

4. Бондаренко, Г. Г. Материаловедение : учебник для бакалавров / Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко. – М. : Из-во «Юрайт», 2016. – 359.

5. Кононенко, А. С. Повышение надежности неподвижных фланцевых соединений сельскохозяйственной техники использованием наноструктурированных герметиков : дис. ... д-ра техн. наук / А. С. Кононенко. – М., 2012. – 405 с.

А. В. Мартюгин[1], главный специалист, проект «Тибет»,
И. М. Володин[2], д-р техн. наук, проф., почетный работник науки и техники РФ, проф. кафедры «Оборудование и процессы машиностроительных производств»
([1]ПАО «КАМАЗ» (НТЦ), Набережные Челны, Россия;
[2]Липецкий государственный технический университет (ЛГТУ), Липецк, Россия)

РАЗРАБОТКА, ИССЛЕДОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВОК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ С НЕОБРАБАТЫВАЕМЫМИ ПРОТИВОВЕСАМИ

Аннотация. В статье описана последовательность разработки, исследования и внедрения технологии изготовления поковок коленчатых валов большегрузных автомобилей с необрабатываемыми противовесами. К таким поковкам все чаще предъявляются специальные требования по обеспечению успешной финишной балансировки (обеспечение балансируемости) со стороны заказчика. Тема обеспечения балансируемости таких поковок не раскрывается в отечественной литературе.

Ключевые слова: технологический процесс, штамповка, специальная характеристика, поковка, необрабатываемая поверхность.

Освоение производства поковок коленчатых валов современной конструкции для двигателей грузовых автомобилей совместных автосборочных предприятий на территории РФ является актуальной научной задачей. Требования к таким поковкам весьма жесткие и существенно отличаются от поковок, уже производимых на отечественных предприятиях Российской Федерации. Помимо повышенных требований к геометрической точности поковки требуется обеспечить важную специальную характеристику – успешную финишную балансировку в линии механической обработки без обработки противовесов. Обработки противовесов, которая ранее производилась для обеспечения балансируемости детали, в современных реалиях стараются избегать по экономическим соображениям.

В отечественной литературе тема обеспечения балансируемости таких поковок не раскрывается, в иностранной литературе [1, 2] описаны различные подходы к решению проблемы балансировки каждой конкретной поковки после ее измерения или улучшению балансировки поковки путем изменения конструкции коленчатого вала по результатам балансировки опытных партий изделий или компьютерного анализа оптимальной формы противовесов. Однако изменение конструкции коленчатого вала не всегда возможно, измерение и индивидуальный подход к каждой поковке в линии механической обработки может быть сопряжен со значительными финансовыми затратами на специальное дорогостоящее оборудование и увеличением времени такта линии. Кроме того, в линии механической обработки поковки может не оказаться свободного пространства для встраивания дополнительной операции.

Так, при освоении на ПАО «КАМАЗ» (Кузнечный завод) новой номенклатуры по программе диверсификации поставок и локализации в РФ поковок коленчатого вала нового рядного двигателя Р4 изначально поставлена задача полного соответствия оригинальной (импортной) поковке, так как для нее были произведены соответствующие расчеты и многочасовые дорогостоящие испытания под нагрузкой и внесение изменений в КД недопустимо. Внедрение на заводе-потребителе дополнительных операций центровки на осно-

вании измерения дисбаланса каждой поковки было невозможно по нескольким причинам: финансовые и временные затраты на внедрение новых операций; отсутствие достаточной площади для размещения нового оборудования; риски, связанные с неравномерностью припуска на первых механических операциях и возможностью «вредного» контакта при ускоренной подаче инструмента с поверхностями противовесов при значительной коррекции расположения центровочных отверстий для компенсации отклонения оси инерции поковки от номинальной оси вращения детали (ось между центрами первой и последней коренных шеек).

Из-за отсутствия должного опыта и компетенций в прогнозировании балансируемости в опытной партии поковок Кузнечного завода был повышенный уровень окончательного неисправимого брака по балансировке, при этом все геометрические параметры поковок были выполнены согласно КД. Данный факт означал, что выполнение требований КД не гарантирует успешную балансировку. Требовалось определить новые технологические границы ключевых геометрических параметров и специальных характеристик, не выходя за пределы допусков, уже определенных в КД. Эта проблема решалась по этапам:

1. Были определены ключевые геометрические параметры, значительно влияющие на балансируемость поковки (экспериментально, путем измерений поковок и сопоставления полученных замеров уровню входного дисбаланса на операции окончательной балансировки, а также с помощью моделирования в специально разработанной программе ЭВМ) [3].

2. Определены допустимые границы ключевых геометрических параметров поковки и специальных характеристик, обеспечивающие балансируемость (с помощью моделирования в специально разработанной программе ЭВМ). [4] Исходными данными служили параметры КД на поковку, схемы базировки заготовки на основных операциях механообрабатывающего производства и диаграмма допустимого входного дисбаланса на автоматической (финишной) операции балансировки в линии механической обработки коленчатого вала.

3. Согласно новым границам ключевых геометрических параметров и специальных характеристик поковки определены и внедрены изменения в конструкторскую документацию на штамповую оснастку и в технологическую документацию. Отклонения ключевых геометрических параметров находятся в управляемом состоянии (статистически стабильны) за счет оперативного обнаружения и оперативного устранения причин отклонения значений специальных характеристик технологических операций [5, 6].

4. Изготовлена опытная партия поковок по новому технологическому процессу, поставлена заказчику и получены положительные результаты.

5. Дополнительно разработана программа ЭВМ, позволяющая определить места и величины доработки противовесов для балансировки небалансируемых в автоматическом режиме в линии механической обработки коленчатых валов. Программа внедрена на заводе – потребителе поковок Кузнечного завода для балансировки единичных валов, которые получились небалансируемыми вследствие человеческих ошибок при наладке в заготовительном или механообрабатывающем производстве.

Благодаря успешному решению проблемы обеспечения балансируемости поковки с применением методики, описанной выше, на данный момент ПАО «КАМАЗ» (Кузнечный завод) наладил серийную поставку поковок коленчатых валов по программе локализации основных компонентов новых рядных двигателей.

Список литературы

1. Alexandre Zuquete Guarato. Metrologie 3D de pieces de formes complexes par moyens optiques. Une application a l equilibrage de vilebrequins. Engineering Sciences. sup´erieure de Cachan – ENS Cachan, 2013. French.

2. H. Aguayo-Tellez, N. Leon-Rovira, A. Albers, T. Maier, Comparison of strategies for the optimization/innovation of crankshaft balance, in: Trends in Computer Aided Innovation, Springer, USA, 2007, p. 201–210.

3. Мартюгин, А. В. Математическое исследование геометрической точности поковки при штамповке для обеспечения последующей балансировки коленчатого вала / А. В. Мартюгин // Наука. Технологии. Инновации : сб. тр. XII Всерос. науч. конф. молодых ученых 03-07.12.2018 г., Новосибирск : в 9 частях / под ред. А. В. Гадюкиной ; Новосибирский гос. техн. ун-т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – Ч. 2. – С. 2 – 56.

4. Мартюгин, А. В. Методика проектирования технологии производства и штамповой оснастки коленчатых валов повышенной геометрической точности / А. В. Мартюгин, И. М. Володин // Вестник ЛГТУ. – № 1(35). – 2018. – № 1. – С. 62 – 66.

5. Касьянов, С. В. Технологический переход как ключевой процесс управления качеством продукции в соответствии с ИСО/ТС 16949:2009 / С. В. Касьянов, Г. Ф. Биктимирова // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 3. – С. 27 – 29.

6. Управление проектом подготовки производства выпуска нового продукта/услуги / С. В. Касьянов, Д. Т. Сафаров, А. Г. Кондрашов, А. И. Фасхутдинов // Набережные Челны : Изд-во Казанского ун-та. – 2017. – 101 с.

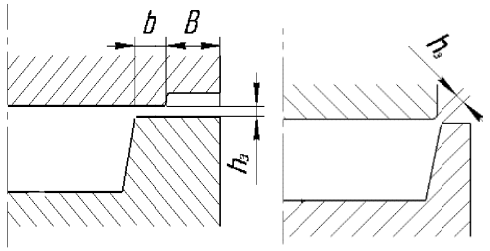
В. Н. Михайлов, канд. техн. наук, доц.,
И. М. Володин, д-р техн. наук, проф., почетный работник науки и техники РФ
(Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия)

ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА ПОКОВОК В ОТКРЫТОМ ШТАМПЕ С РАСШИРЯЮЩИМСЯ ОБЛОЙНЫМ МОСТИКОМ

Аннотация. В работе предложена схема штампа для объемной штамповки поковок с расширяющимся облойным мостиком в целях уменьшения силы штамповки, нормы расхода металла, повышения стойкости штамповой оснастки.

Ключевые слова: поковка, штамп, облой, облойная канавка, ручей штампа.

В настоящее время в кузнечно-штамповочном производстве во всех отраслях машиностроения широко распространена горячая объемная штамповка поковок в открытом штампе на кривошипных горячештамповочных прессах (рис. 1, *а*) с традиционным облойным мостиком [1].



а) *б*)

Рис. 1. Схема штампов:
а – с традиционным облойным мостиком (Тип 1); *б* – бесподпорная

Заполнение ручья штампа сопровождается вытеснением избытка металла в облойную канавку с облойным мостиком высотой $h_з$ и шириной b. Облойная канавка компенсирует неточность исходной заготовки и создает подпор со стороны вытесняемого и ручья металла для качественного оформления поковки. Известно, что деформация облоя в канавке повышает силу деформации поковки в 1,6 – 2,2 раза, что снижает стойкость оснастки и требует использования оборудования большей мощности.

Известен способ бесподпорной штамповки (рис. 1, *б*) [2], заключающийся в получении окончательно отштампованной поковки в открытом штампе с вытеснением избытка металла за пределы гравюры штампа без подпора со стороны облоя. Заполнение полости штампа осуществляется в основном за счет деформации рационально подготовленного полуфабриката и до момента вытеснения лишнего объема металла в облой, ручей штампа уже полностью заполнен, т.е. функция подпора металла в облойной канавке отпадает. Отсутствует облойный мостик и облой не подвергается деформации инструментом, что снижает силу штамповки, значительно уменьшает норму расхода металла за счет уменьшения штамповочных уклонов и облоя поковки, повышает стойкость штамповой оснастки.

Однако при проектировании ГОШ поковок в открытом штампе не всегда возможна бесподпорная штамповка. В большинстве случаев подпор металла в облойной канавке необходим для качественного заполнения ручья штампа, хотя и в меньшей мере, чем при традиционной схеме. Таким образом, напрашивается промежуточный вариант схемы штампа, включающего в себя преимущества традиционной и бесподпорной штамповки. В данной работе ставится задача по разработке схемы такого штампа.

В работе [3] предположено, что профиль облойной щели открытого типа выполнен таким образом, что вновь образованная часть облоя не подвергается деформации инструментом (рис. 2).

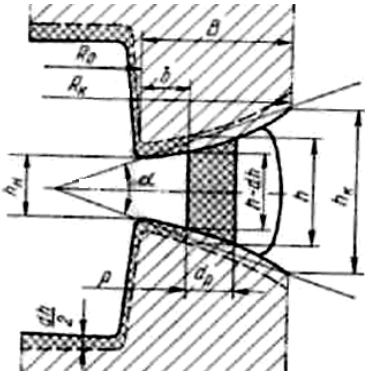


Рис. 2. Схема отслоения облоя, боковой вид

Составлено уравнение расхода металла и получена формула

$$h = h_{\text{н}}\, \mathrm{e}^{2\left(\frac{\rho}{R_0}-1\right)}. \qquad (1)$$

Утверждается, что если расширение облойной щели выполнено по формуле (1), то облой при смыкании штампов до принятой начальной высоты облойной щели $h_{\text{н}}$ «отслаивается» от поверхности облойного мостика и перестает деформироваться инструментом. При дальнейшем уменьшении высоты облойной щели происходит свободное вытекание металла за пределы гравюры штампа.

Данное техническое предложение приемлемо только для осесимметричных поковок без внутренней полости, штампуемых в торец с двухсторонним расширением облойного мостика. Не установлены значения параметров расширяющегося облойного мостика и границы их изменения для практического использования. Требуется расширение области применения указанного технического предложения для других типов поковок.

В данной работе в целях снижения расхода металла, силы штамповки и повышения стойкости штамповой оснастки предлагается схема открытого штампа с расширяющимся облойным мостиком, позволяющего получать поковки сложной формы, установлены значения параметров расширяющегося облойного мостика и границы их изменения, расширена область применения с сохранением преимущества бесподпорной и традиционной штамповок.

Технический результат в штампе для открытой объемной штамповки поковок достигается тем, что профиль расширяющегося облойного мостика определяют из равенства объема вытесняемого из ручья металла в облой на последней стадии доштамповки ($V_{\text{дш}}$) и объема облойного мостика ($V_{\text{ом}}$) при начальной высоте мостика $h_{\text{н}}$, равной принятой толщине облоя ($h_{\text{з}}$) от силы пресса [1], и $V_{\text{дш}}$ не больше половины объема облоя ($V_{\text{об}}$).

Для осесимметричных поковок без внутренней полости, штампуемых в торец, при одностороннем криволинейном расширении облойного мостика равенство $V_{дш} = V_{ом}$ имеет вид

$$\pi R_о^2 h_{дш} = \pi[(R_о + x)^2 - R_о^2]h_з + \frac{\pi[(R_о+x)^2 - R_о^2]h_{дш}}{2},$$

$$x^2 + 2R_о x - \frac{2R_о^2 h_{дш}}{2h_з + h_{дш}} = 0,$$

расширение рассчитывают по уравнению

$$x = -R_о + \sqrt{R_о^2 + \frac{2R_о^2 h_{дш}}{2h_з + h_{дш}}}, \quad (2)$$

где x – функция от $h_{дш}$, описывающая односторонний криволинейный профиль облойного мостика, при x не больше принятой ширины мостика b; $R_о$ – радиус поковки.

Для осесимметричных поковок с внутренней полостью, штампуемых в торец, при одностороннем криволинейном расширении облойного мостика равенство $V_{дш} = V_{ом}$ имеет вид

$$\pi(R_о^2 - R_р^2)h_{дш} = \pi[(R_о + x)^2 - R_о^2]h_з + \frac{\pi[(R_о+x)^2 - R_о^2]h_{дш}}{2},$$

где $R_р$ – радиус границы раздела потоков металла, вытесняемого из ручья в облойный мостик и во внутреннюю перемычку, расширение рассчитывают по уравнению

$$x = -R_о + \sqrt{R_о^2 + \frac{2(R_о^2 - R_р^2)h_{дш}}{2h_з + h_{дш}}}. \quad (3)$$

Для поковок с фланцем $R_р$ равен внутреннему радиусу торца фланца [4], а для шестерен со ступицей, венцом и полотном $R_р$ равен радиусу до середины полотна шестерни [4].

Для осесимметричных поковок с внутренним отверстием, штампуемых в торец из кольцевой заготовки, при одностороннем криволинейном расширении облойного мостика $V_{дш}$ равен сумме объемов наружного ($V_{ном}$) и внутреннего облойного мостика ($V_{вом}$): $h_{дш} = \frac{(V_{ном}+V_{вом})}{F_п}$, из уравнения

$$\frac{V_{ном}}{h_{дш}} = \pi(R_о^2 - R_р^2)$$

находят границу раздела потоков металла, вытесняемого из ручья в наружный и внутренний облойные мостики $R_р$, расширение наружного облойного мостика рассчитывают по уравнению (3), внутреннего из равенства $V_{дш} = V_{вом}$

$$\pi(R_р^2 - R_в^2)h_{дш} = \pi[R_в^2 - (R_в - x)^2]h_з + \frac{\pi[R_в^2 - (R_в - x)^2]h_{дш}}{2};$$

$$x^2 - 2R_в x + \frac{2(R_р^2 - R_в^2)h_{дш}}{2h_з + h_{дш}} = 0,$$

где $R_в$ – внутренний радиус кольцевой поковки, расширение рассчитывают по уравнению

$$\sqrt{R_в^2 - \frac{2(R_р^2 - R_в^2)h_{дш}}{2h_з + h_{дш}}}. \quad (4)$$

Для двухстороннего криволинейного профиля облойного мостика расширение верхней стороны рассчитывают по уравнениям (2) – (4), уменьшая $V_{дш}$, $h_{дш}$ и $h_з$ в 2 раза, нижняя – симметрична относительно плоскости разъема штампа. При таком подходе при изготовлении профиля облойного мостика на верхней и нижней половинах штампа программа для станка с ЧПУ составляется одна.

Для осесимметричных удлиненных поковок с прямыми участками по периметру ручья, например, ступенчатого вала, штампуемых плашмя, уравнение равенства объема вытесняемого из ручья металла в облой ($V_{дш}$) и объема облойного мостика ($V_{ом}$) упрощают до равенства площадей:

$$Ah_{дш} = xh_3 + x\frac{h_{дш}}{2},$$

а одностороннее прямолинейное расширение облойного мостика рассчитывают по уравнению

$$x = \frac{2Ah_{дш}}{2h_3 + h_{дш}}, \tag{5}$$

где A – расстояние до середины ручья, например, для вала A равно радиусу ступени вала.

Для упрощения изготовления штампа целесообразно применение одностороннего прямолинейного профиля облойного мостика, $h_{дш}$ которого находят подстановкой в формулы (2) – (5) вместо x принятого значения ширины облойного мостика b от силы пресса [5], а угол расширения α рассчитывают по формуле

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{h_{дш}}{b}. \tag{6}$$

Для облойного мостика с двухсторонним прямолинейным расширением угол расширения $\frac{\alpha}{2}$ для каждой стороны рассчитывают по формуле

$$\frac{\alpha}{2} = \operatorname{arctg}\frac{h_{дш}}{2b}. \tag{7}$$

В некоторых случаях целесообразно ширину облойного мостика с рассчитанным односторонним углом α и двухсторонним углом $\frac{\alpha}{2}$ продлевать до ширины облойной канавки.

В целях уменьшения толщины облоя ($h_н$) профиль расширяющегося облойного мостика определяют при начальной высоте облойного мостика $h_н$, равной $h_з$, а $h_н$ мостика уменьшают.

Если профиль облойного мостика выполнен по уравнениям (2) и (6) (рис. 3), то при вытеснении объема металла из ручья штампа в процессе доштамповки $V_{дш}$ в окончательном ручье штампа при $h_н = h_з$ происходит отлипание металла от поверхности облойного мостика, давление в облойном мостике снизится до нуля и подпора не будет. Ограничение $V_{дш}$ связано с соблюдением ширины облойного мостика b, принятой в зависимости от силы пресса. При уменьшении толщины облоя $h_з$ меньше $h_н$ произойдет увеличение давления в ручье штампа не за счет деформации облоя, а за счет роста напряженно-деформированного состояния (НДС) в зоне, примыкающей к облойному мостику, при этом обеспечится качественное заполнение ручья штампа без увеличения массы облоя.

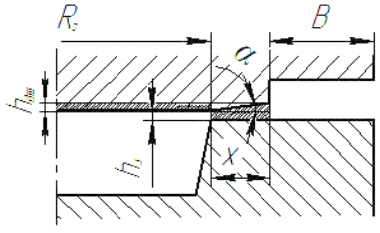


Рис. 3. Схема штампа с односторонним прямолинейным расширяющимся облойным мостиком

Необходимо отметить, что в случае сложной поковки, при продолжающемся заполнении ручья штампа на последней стадии доштамповки, отлипания металла в облойном мостике не произойдет и реализуется подпорная штамповка, т.е. присутствует элемент саморегулирования подпора.

Отлипание облоя может произойти сверху, снизу или сверху и снизу одновременно, что позволяет снизить контактные напряжения и силу штамповки, так как на стадии доштамповки вытесненный металл не имеет деформационного контакта с инструментом, пластически не деформируется и не создает подпора. Реализуется штамповка без подпора со стороны облоя. На предыдущей же стадии вытеснения металла из ручья штампа в облойную канавку, отлипания облоя не произойдет, и облойный мостик будет выполнять функцию подпора, обеспечивая качественное заполнение ручья штампа. Очевидно, что подпор металла в расширяющемся облойном мостике в начале его вытеснения будет расти, ближе к середине достигнет максимального значения, а к концу уменьшится до нуля.

Преимущество такого подхода в том, что при автоматизированном проектировании [6] становится возможным снизить массу облоя, отодвинув начало вытеснения металла в облойную канавку на более позднюю стадию штамповки, сохранить необходимый подпор для качественного заполнения ручья штампа для более сложных поковок, чем при бесподпорной штамповке, уменьшить силу на последней стадии штамповки за счет снижения давления в ручье штампа и отсутствия давления на облойном мостике штампа.

Снижение контактных напряжений на поверхности гравюры уменьшает теплообмен между заготовкой и штампом, что также благоприятно влияет на стойкость инструмента.

Такой подход обладает преимуществами традиционной и бесподпорной штамповки.

Список литературы

1. Ковка и штамповка : справочник : т. 2. Горячая штамповка / Е. И. Семенов и др. – М. : Машиностроение. – 1986. – С. 183–184.

2. Патент РФ 2275272 кл. B 2 1 J 5/02, B 21 K 1/28, B 21 K 21/02. Способ изготовления штампованных поковок с центральным отверстием / И. М. Володин, А. А. Ромашов, В. С. Мартюгин и др. // Изобретения. Полезные модели. – 2004. – № 12. – С. 392.

3. Борисевич, В. В. Выбор рациональных параметров мостика облойной канавки при моделировании открытой штамповки [Текст] / В. В. Борисевич, З. Б. Мохсен // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – № 71. – 2016. – С. 136 – 144.

4. Михайлов, В. Н. Открытая объемная штамповка поковок с регламентируемым подпором / В. Н. Михайлов, И. М. Володин // Известия ТулГУ. Сер. Технические науки. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2019. 3. – С. 301 – 305.

5. Огаджанян, О. И. Алгоритм расчета сил при выдавливании цилиндрических деталей// Проблемы и перспективы развития машиностроения : сб. науч. тр. / О. И. Огаджанян. – Ч. 2. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2016. – С 317 – 321.

6. Золотухин, П. И. Автоматизированное проектирование технологии штамповки осесимметричных поковок / П. И. Золотухин, Е. М. Мальцев, А. Ю. Подболотов // Летняя школа молодых ученых ЛГТУ – 2017 : сб. науч. тр. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. – 2018. – С. 14 – 18.

А. Ю. Осетров, канд. хим. наук, доц. кафедры «Химия и химические технологии»,
И. В. Зарапина, канд. хим. наук, доц., доц. кафедры «Химия и химические технологии»,
А. А. Ананьев, магистрант
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛИ И КОНСЕРВАЦИОННЫХ СОСТАВОВ НА БАЗЕ ОТРАБОТАВШИХ НЕФТЯНЫХ МАСЕЛ

*Аннотаци*я. Исследована защитная эффективность оксидных покрытий и консервационных составов на базе отработавших нефтяных масел от коррозионного воздействия в агрессивных средах.

Ключевые слова: коррозия, оксидирование, масляные покрытия, металл.

Защита от коррозии металлических изделий всегда будет актуальной научной и экономической проблемой промышленности в Российской Федерации. Существует огромное количество методов, используемых для борьбы с коррозионными разрушениями. В настоящей работе рассмотрен способ защиты металлов от окисления, который в том числе решает вопросы экологической безопасности региона, в частности аспекты утилизации отработавших нефтяных масел. Этим методом является использование отработавших масел в качестве консервационных составов для стальных изделий.

Цель работы – исследование защитной эффективности масляных и оксидных покрытий на поверхности стали в агрессивных условиях.

Методика эксперимента

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены образцы из Стали 20 со средней площадью поверхности $14{,}7 \cdot 10^{-4}$ м^2. Поверхность стали подготавливали путем химического травления в 2 н. растворе соляной кислоты в течение 60 минут, после чего образцы промывались в дистиллированной воде и сушились в сушильном шкафу при температуре 100 °С. Затем проводилась механическая шлифовка поверхности и ее обезжиривание раствором изопропилового спирта. После этого все образцы были взвешены на аналитических весах.

Технология проведения щелочного оксидирования предусматривает изготовление щелочной среды для того, чтобы при взаимодействии с металлом в присутствии, как правило, солей азотистой и азотной кислот на его поверхности в результате взаимодействия образовалась оксидная пленка, которая защищает материал от попадания воздуха и влаги [1].

Для проведения процесса щелочного оксидирования был приготовлен раствор, состав которого представлен в табл. 1.

1. Состав раствора для проведения щелочного оксидирования

Концентрация, г/л		
NaOH	$NaNO_3$	$NaNO_2$
600	50	150

Подготовленные образцы стали помещали в ванну для оксидирования, в процессе поддерживая постоянную температуру. Продолжительность оксидирования составляла 60 минут при температуре 130…140 °С. Затем обогрев ванны прекращают, образцы вынимают, тщательно промывают их холодной проточной водой и сушат в сушильном шкафу. После проведения оксидирования все образцы были взвешены на аналитических весах.

Для проведения исследования было использовано очищенное отработанное турбинное масло, которое относится к типу минеральных масел. При нанесении покрытия изучаемые образцы стали погружались в ванну с исследуемым маслом при температуре 125 °С, после чего они выдерживались в подвешенном состоянии на воздухе при комнатной температуре в течение 15 минут для стекания избытка масла. В дальнейшем избыток масла снимался, и электроды помещались в сушильный шкаф для формирования защитной пленки [2].

Коррозионную стойкость покрытий оценивали проведением гравиметрических коррозионных испытаний. Образцы выдерживали в нейтральном растворе хлорида натрия с массовой долей 3% в течение 2, 3 и 4 суток. После этого они промывались, механически очищались от продуктов коррозии, обезжиривались и взвешивались на аналитических весах [3].

Проводился визуальный осмотр образцов в целях выявления характера и определения площади коррозионного разрушения.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Для проведения экспериментальных исследований были выбраны 18 образцов Стали 20, которые были разделены на 3 группы по 6 экземпляров. Первая группа представляет собой контрольные образцы, поверхность которых прошла предварительную подготовку, но никаким защитным покрытием не была обработана.

2. Изменение массы образцов Стали 20 в процессе оксидирования

	Масса до оксидирования m_1, г	Масса после оксидирования m_2, г	Изменение массы $\Delta m = m_2 - m_1$
Образец 1	11,0949	11,0679	–0,0270
Образец 2	11,1248	11,1011	–0,0237
Образец 3	11,4490	11,4228	–0,0262

Вторую группу образцов подвергли щелочному оксидированию для формирования защитной пленки. Стальные пластины были взвешены до и после проведения процесса на аналитических весах с точностью до $1 \cdot 10^{-4}$ г. Покрытия после проведения процесса оксидирования во всех электролитах получились блестящие, ровного черного цвета. При этом была обнаружена потеря массы образцов в результате протекания процесса оксидирования (табл. 2).

Данное явление можно объяснить тем, что при формировании оксидной пленки часть железа остается в виде ионов в растворе щелочного электролита.

На последнюю группу образцов стали нанесли покрытие из турбинного масла согласно методике, представленной выше.

Определение скорости коррозии стали

При проведении коррозионных испытаний все исследуемые образцы были помещены в 3%-ный раствор NaCl. Через 2, 3 и 4 дня из каждой группы исследуемых образцов были взяты по два экземпляра. Проводился визуальный осмотр образцов в целях выявления характера и определения площади коррозионного разрушения. Визуальный осмотр показал, что на стали, покрытой масляной и оксидной пленкой, явных очагов коррозии не наблюдается.

После коррозионных опытов образцы Стали 20 очищались от масляной пленки и продуктов коррозии, обезжиривались и взвешивались на аналитических весах. В дальнейшем оценивались коррозионные потери (Δm) и скорость коррозии стали.

3. Величина скорости коррозии стальных образцов в 3%-ном растворе NaCl

τ, сут	$K_{контр} \cdot 10^6$, г/(см^2·ч)	$K_{масло} \cdot 10^6$, г/(см^2·ч)	$K_{оксид} \cdot 10^6$, г/(см^2·ч)
2	43,36	31,56	4,95
3	48,55	36,02	10,97
4	56,74	42,92	17,62

По результатам проведенных коррозионных исследований была получена зависимость, представленная на рис. 1.

Согласно полученным данным во всех случаях с течением времени наблюдается рост скорости коррозии стали. Однако нанесение защитных покрытий приводит к снижению коррозионных потерь. Причем максимально этот эффект наблюдается для оксидных покрытий, полученных методом щелочного оксидирования.

Пленка турбинного масла, покрывающая металл, не является надежным барьером и вполне проницаема для молекул воды, которые являются реагентом в коррозионных реакциях окисления. Следует полагать, что в масляной композиции, образующей барьерный слой, имеются несплошности, представляющие, возможно, каналы переменного сечения, направленные нормально, тангенциально, либо под произвольным углом к поверхности защищаемой стали.

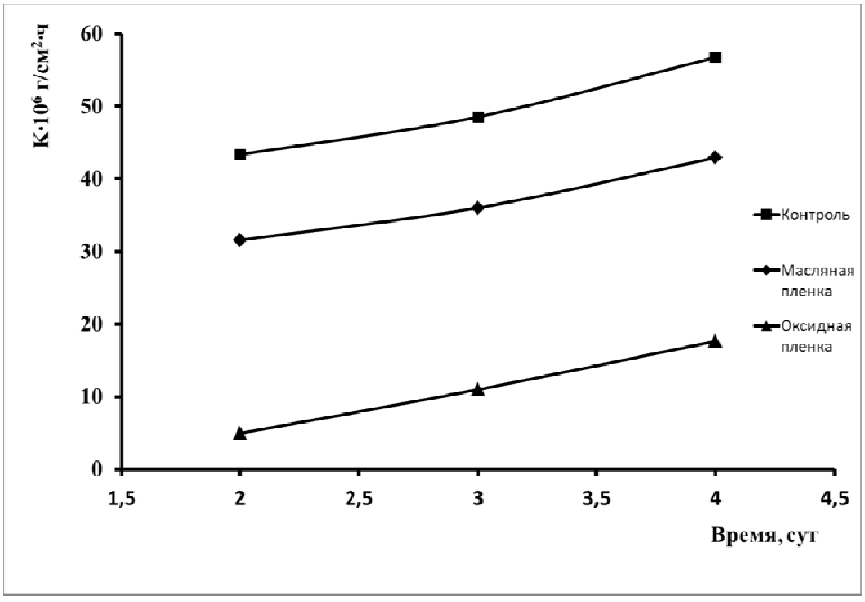


Рис. 1. Зависимость скорости коррозии Стали 20 от времени

Оксидная пленка обладает меньшей проницаемостью для молекул окислителя, что способствует более высокому снижению скорости коррозии поверхности стали.

Оценка защитной эффективности исследуемых покрытий

По данным коррозионных испытаний была оценена защитная эффективность оксидных и масляных покрытий на поверхности стали.

4. Защитное действие масляных и оксидных покрытий по отношению к стали в 3%-ном растворе NaCl

τ, сут	$K_{масло} \cdot 10^6$, г/(см^2·ч)	$Z_{масло}$, %	$K_{оксид} \cdot 10^6$, г/(см^2·ч)	$Z_{оксид}$, %
2	31,56	27,21	4,95	88,59
3	36,02	25,81	10,97	77,40
4	42,92	24,37	17,62	68,94

Максимальный защитный эффект наблюдается для Стали 20, покрытой оксидной пленкой, полученной методом щелочного оксидирования, и составляет 89%. В случае с масляной он значительно ниже и достигает лишь 27%. Эта разница связана с различной природой защитного покрытия.

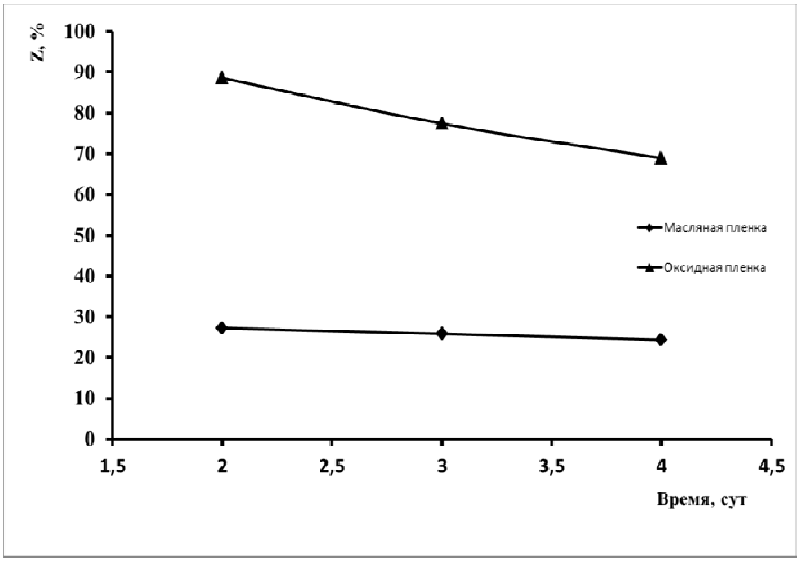


Рис. 2. Зависимость величины защитного эффекта оксидной и масляной пленки на поверхности стали от времени

Согласно рис. 2. с течением времени наблюдается снижение защитного эффекта поверхностных пленок, что может быть обусловлено нарушением их структуры. Причем данный эффект сильнее наблюдается для оксидных покрытий. При длительном воздействии на них коррозионно-агрессивной среды наблюдалось их частичное (после 3 дней исследований) или полное разрушение (после 4 дней исследований).

Можно предположить, что молекулы окислителя при длительном воздействии могут снижать силу межмолекулярного сцепления между твердой поверхностью металла и оксидной пленкой.

Таким образом, можно говорить о том, что нанесение оксидных и масляных защитных покрытий приводит к снижению скорости коррозионного разрушения стальных изделий.

На практике оксидные покрытия, полученные методом щелочного оксидирования, носят защитно-декоративный характер и применяются в неагрессивных средах. Масляные покрытия чаще всего используются для консервации металлических изделий при их длительном хранении.

Список литературы

1. Грилихес, С. Я. Оксидирование и фосфатирование металлов / С. Я. Грилихес. – Л. : Машиностроение, 1971. – 120 с.

2. Некоторые проблемы ингибирования атмосферной коррозии стали отработавшими моторными маслами / Н. В. Шель, Ю. В. Панфилова, П. Н. Бернацкий, А. П. Акользин // Практика противокоррозионной защиты. – 2012. – № 1(63). – С. 60 – 65.

3. Моделирование коррозионно-агрессивных атмосфер для оценки эффективности летучих ингибиторов / В. И. Вигдорович, Е. Ю. Шель, Н. В. Шел и др. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2018. – Т. 87, № 7. – С. 42 – 46.

И. А. Соловьева, аспирант кафедры «САПР»,
Д. С. Соловьев, магистрант кафедры «САПР»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

МОДИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРОТЕКАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ В МНОГОАНОДНОЙ ВАННЕ

Аннотация. В работе описывается влияние параметров гальванического процесса на равномерность получаемой толщины покрытия на изделии. Предлагается подход, заключающийся в модификации электрического режима протекания гальванического процесса с использованием многоанодной ванны.

Ключевые слова: гальванический процесс, электрический режим, многоанодная ванна.

Введение

Гальваническая обработка является наиболее распространенным и экономически эффективным методом нанесения защитного покрытия, основанным на восстановлении ионов металлов в растворе электролита путем подачи тока от внешнего источника питания [1]. В гальванических процессах существует множество параметров обработки, таких как состав электролита, сила тока и конфигурация ванны, которые оказывают решающее влияние на физико-механические свойства получаемого покрытия, в том числе на равномерность. В производственных процессах данные параметры подлежат постоянному контролю. Неравномерность вызывает отклонение высоты толщины покрытия и, как следствие, снижает качественные характеристики готового изделия, что в конечном итоге приводит к потере его надежности и снижению производительности гальванического процесса. Равномерность покрытия определяется распределением тока на поверхности изделия.

Гипотезы

В предлагаемом авторами подходе в гальванической ванне, заполненной электролитом, располагается система независимых секций, каждая из которых подключается к общему источнику питания через устройство, позволяющее реализовать оптимальный электрический режим протекания гальванического процесса для изделия-катода со сложной геометрической формой [2]. Анодные секции и катод подвешиваются на токоподводящих штангах. Электрическая независимость режимов анодных секций обеспечивается наличием диэлектрических вставок между фрагментами штанги, на которых подвешены соответствующие анодные секции.

Заключение

Предлагаемый подход сочетает поиск оптимальных электрических режимов (величины силы тока, его формы и длительности) и геометрических факторов (количество и расположение анодов в гальванической ванне) для снижения неравномерности гальванических покрытий, что повлечет за собой повышение коррозионной стойкости, экономии металла покрытия и уменьшения количества брака.

Список литературы

1. Мельников, П. С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении / П. С. Мельников. – М. : Машиностроение, 1991. – 384 с.

2. Соловьев, Д. С. Оптимальное управление токовыми режимами в многоанодных ваннах / Д. С. Соловьев, И. А. Соловьева // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 39(3). – С. 32–33.

Л. Н. Студеникина, канд. техн. наук, доц. кафедры промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств (ПЭОХиНХП),
М. В. Шелкунова, аспирант кафедры ПЭОХиНХП,
Т. Е. Кудина, В. О. Иушин, С. Ю. Домарева, студенты кафедры ПЭОХиНХП
(Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия)

ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ КОМПОЗИТОВ «ПОЛИЭТИЛЕН : ПОЛИСАХАРИДЫ» К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Аннотация. Бинарные композиты состава «полиэтилен : микроцеллюлоза» и «полиэтилен : крахмал» обладают относительной устойчивостью к внешним факторам окружающей среды при содержании полисахарида до 40 об. %.

Ключевые слова: композит, полиэтилен, полисахарид, внешние факторы.

Технологии получения материалов на основе термопластов (ТП) и полисахаридов (ПС) используются в различных сегментах промышленности (среди которых – производство отделочных материалов, упаковки, мебельных элементов, игрушек, тары и пр.). При необходимости длительного срока службы изделий из композита ТП : ПС в состав материала водят добавки, повышающие стойкость к внешним факторам среды, в частности, водоотталкивающие, антимикробные и т.д., так как ПС по природе является гидрофобным и подвержен биодеструкции. Довольно много публикаций посвящено получению из композитов ТП : ПС (бинарных или модифицированных различными добавками) биоразлагаемых материалов для упаковки, изделий краткосрочного использования и т.п., причем в качестве ТП применяют как водорастворимые или биодеструктурируемые полимеры (поливиниловый спирт, полимолочную кислоту, полигидроксибутираты и пр.), так и синтетические небиоразлагаемые лиофобные полиолефины и сополимеры [1 – 3]. И если в первом случае способность к биодеструкции композитов не вызывает сомнения, то при использовании полиолефиновых (ПО) матриц существует ряд ограничений эффективности биодеградации, в частности – малое содержание ПС, его капсуляция в ПО, модификация композита биоингибирующими добавками и пр.

Для подтверждения способности к биодеструкции в различных исследованиях были установлены факты развития микроорганизмов на поверхности таких композитов, снижения прочности материалов при выдержке в почвенной среде, водопоглощения и т.д. [4, 5]. Однако в ряде публикаций отмечена бесперспективность применения таких композитов в качестве полностью биоразлагаемых, так как, по мнению авторов, биодеструкции подвергается только ПС, а ПО или вовсе не разрушается или просто фрагментируется [1]. В литературных источниках недостаточно информации о механизмах и сроках деструкции таких материалов, при этом композиты ПО : ПС до сих пор позиционируются как биоразлагаемые пластики. Для устранения существующих противоречий необходимы комплексные исследования материалов на предмет стойкости к внешним факторам и эффективности биодеструкции с уточнением сроков биоразложения в зависимости от концентрации ПС в ПО, природы МД и других факторов, влияющих на свойства композита.

Так же следует отметить, что в последнее время развивается направление использования «биосвойств» композитов ПО : ПС (иммобилизационной способности, влагоудержания

и т.д.) в отраслях, не предполагающих их быстрой деструкции (биозагрузки очистных сооружений, удобрения пролонгированного действия и пр. [6]), но подразумевающих воздействие внешних факторов (физических, химических, биологических), в этом случае оценка стойкости композитов необходима для определения лимитирующих факторов воздействия, условий хранения и пр.

С учетом вышеизложенного целью данного исследования была оценка стойкости композитов ПО:ПС к внешним факторам среды.

Для исследования были изготовлены бинарные композиты состава «полиэтилен (ПЭ) : микроцеллюлоза (МЦ)» и «ПЭ : крахмал (К)» в соотношении 70 : 30 об. % соответственно. Факторами внешнего воздействия были выбраны: повышенная и отрицательная температура, солнечное УФ-излучение, вода и 0,1 н. растворы серной кислоты и гидроксида натрия. Критерии оценки – показатели массы и прочности при разрыве до и после воздействия.

Прочностные показатели оценивали по ГОСТ 11262–80 с помощью разрывной машины РМ-50 с программным обеспечением StretchTest, термостойкость оценивали при выдерживании композитов в климатической камере при t = 65 °С в течение 40 часов, морозостойкость – при 5-кратном замораживании/размораживании образцов (t = –20 °С), водостойкость и химическую стойкость оценивали при вымачивании образцов в течение двух месяцев в исследуемых средах, влияние солнечного УФ-излучения – размещением образцов в естественных условиях в течение 12 месяцев на открытой местности.

На рисунке 1 показана динамика водопоглощения, а на рис. 2 – прочность при разрыве в динамике вымачивания бинарных композитов ПЭ : ПС.

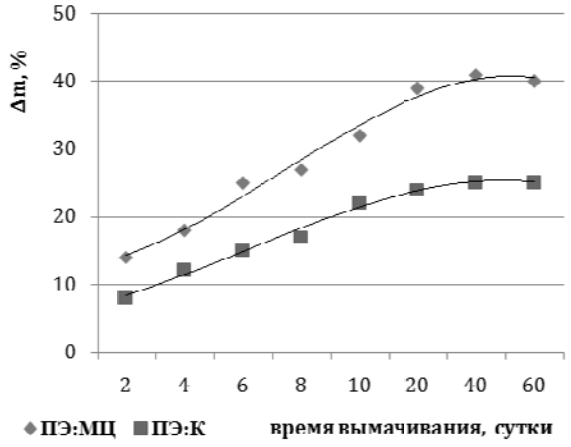


Рис. 1. Динамика водопоглощения бинарных композитов ПЭ : ПС

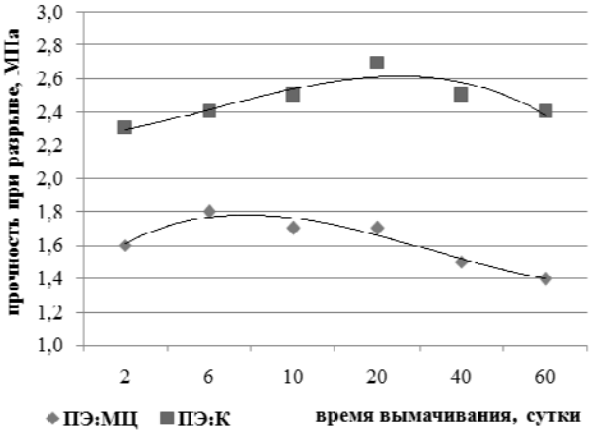


Рис. 2. Прочность при разрыве бинарных композитов ПЭ : ПС в динамике вымачивания

Из рисунков 1 и 2 видно, что бинарные композиты ПЭ : ПС (70 : 30 об. %) характеризуются относительно высоким водопоглощением, но при этом не теряют прочности в динамике вымачивания. Поведение композитов при вымачивании в 0,1 н. растворах серной кислоты и гидроксида натрия примерно соответствовало поведению при вымачивании в воде, что говорит об относительной химической стойкости материалов.

На рисунке 3 показаны результаты оценки прочности при разрыве композитов ПЭ : ПС (70 : 30 об. %) после воздействия внешних факторов.

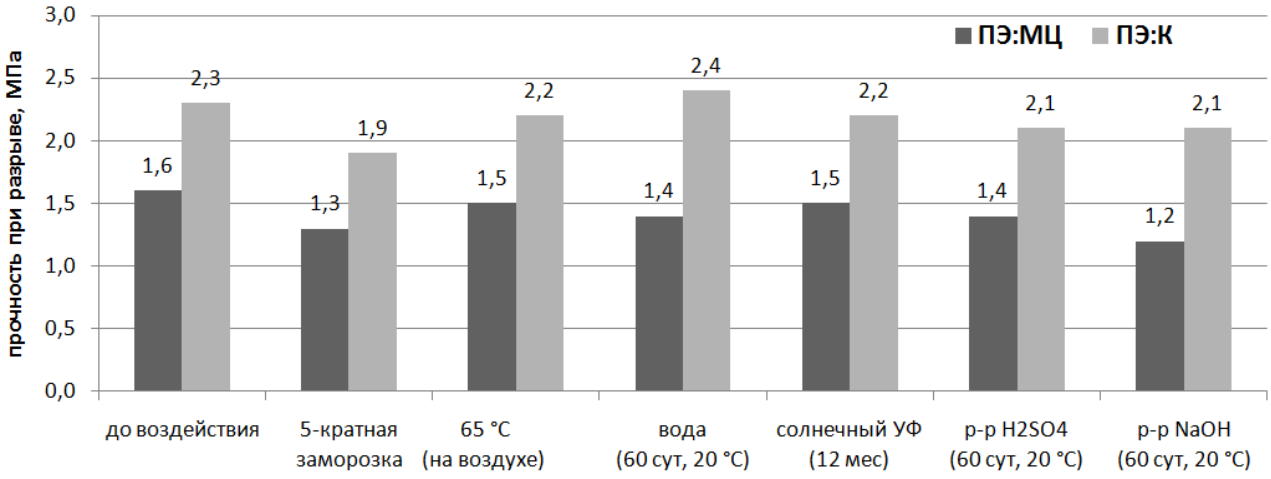


Рис. 3. Прочностные показатели композитов ПЭ : ПС (70 : 30 об. %) до и после воздействия внешних факторов

Выводы: бинарные композиты состава «полиэтилен : микроцеллюлоза» и «полиэтилен : крахмал» обладают относительной устойчивостью к внешним факторам окружающей среды при содержании полисахарида до 40 об. %. Целесообразно провести исследование на морозостойкость композитов во влагонасыщенном состоянии.

Список литературы

1. Крутько, Э. Т. Технология биоразлагаемых полимерных материалов : учеб.-метод. пособие / Э. Т. Крутько, Н. Р. Прокопчук, А. И. Глоба. – Минск : БГТУ, 2014. – 105 с.

2. Получение, свойства и применение биоразлагаемых древесно-полимерных композитов (обзор) / В. В. Глухих, А. Е. Шкуро, Т. А. Гуда, О. В. Стоянов // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 9. – С. 75 – 82.

3. Баймурзаев, А. С. Биоразлагаемые высоконаполненные композиции на основе полиэтилена / А. С. Баймурзаев, Л. Н. Студеникина, Н. Н. Балакирева // Экология и промышленность России. – 2012. – № 3. – С. 9 – 11.

4. Легонькова, О. А. Биотехнология утилизации органических отходов путем создания гибридных композитов : дис. ... д-ра техн. наук: 03.00.23 / О. А. Легонькова. – М., 2009. – 258 с.

5. Оценка эффективности биодеструкции и экотоксичности модифицированных полимерных композиций / Л. Н. Студеникина, В. И. Корчагин, Г. П. Шуваева, М. В. Енютина // Актуальная биотехнология. – 2012. – № 1. – С. 35 – 39.

6. Получение функциональных экобезопасных композитных материалов на основе термопластов / Л. Н. Студеникина, А. В. Протасов, М. В. Шелкунова, Р. С. Кудаев // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2018. – № 1(7). – С. 68 – 73.

А. М. Удовиченко, магистрант кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
В. Ю. Богомолов, канд. техн. наук, доц. кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье проведен анализ мер по совершенствованию очистки гальванических стоков на предприятиях Тамбовской области с учетом роста за 2014 – 2017 гг. производств с использованием гальванических операций.

Ключевые слова: гальванические стоки, очистка, промышленность.

Гальванические стоки, являясь одним из основных источников загрязнения сточных вод в промышленном производстве, на сегодняшний день нуждаются в решении вопроса о совершенствовании систем и методов очистки, так как используемые на настоящий момент методы очистки являются несовершенными и создают угрозы для экосистем.

По данным Федеральной службы государственной статистики по Тамбовской области за период 2014 – 2017 гг. в регионе был существенный рост обрабатывающей промышленности (табл. 1) [1].

1. Индексы промышленного производства по видам экономической деятельности (в процентах к предыдущему году)

Вид производства	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	89,5	82,3	179,2	133,4
Производство машин и оборудования	83,2	88,1	94,3	94,6
Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	142,2	124,5	88,4	117,4
Производство транспортных средств и оборудования	96,6	72,4	103,4	117,4
Химическое производство	115,6	93,6	105,4	113,2

Из таблицы 1 видно, что в Тамбовской области очевиден рост производства металлических изделий, что неизбежно влечет за собой рост числа гальванических операций.

Использование гальванических операций приводит к образованию сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами. Классическая технология очистки таких сточных вод сводится к осаждению катионов тяжелых металлов (железо, хром, никель, цинк, медь и др.) известковым молоком, например по реакции:

$$Fe^{3+} + 3OH^- \rightarrow Fe(OH)^3\downarrow$$
$$Cr^{3+} + 3OH^- \rightarrow Cr(OH)^3\downarrow$$
$$Ni^{2+} + 2OH^- \rightarrow Ni(OH)^2\downarrow.$$

Добавки флокулянта (полиакриламид) способствуют образованию рыхлых хлопьев гидроксидов, которые затем при отстаивании формируют объемистые осадки. Они в свою очередь подлежат утилизации. В случае очистки хромсодержащих сточных вод присутствует также стадия восстановления шестивалентного хрома в кислой среде до трехвалентного.

Рассмотрим некоторые особенности систем очистки гальванических стоков на предприятиях Тамбовской области, у которых имеются соответствующие очистные сооружения.

Производственные мощности завода АО «Тамбовский завод «Октябрь» включают в себя механический, слесарно-каркасный, инструментальный, гальванический цеха, цех печатных плат и др. В 2012 году была изучена эффективность очистки стоков гальванического цеха и цеха печатных плат на АО «Тамбовский завод «Октябрь» от катионов тяжелых металлов, попадающих в них в результате хромирования, меднения, цинкования, никелирования, промывки или травления [2].

Для оценки эффективности работы очистных сооружений определяли содержание ионов никеля, хрома, меди, цинка, железа в сточных водах на входе и выходе из очистных сооружений. Выявлено, что концентрация ионов никеля на входе в очистные сооружения колеблется от 20 до 120 мг/л, не превышая, таким образом, ПДК = 120 мг/л. ПДК на входе в очистные сооружения определяются потому, что их превышение влечет снижение эффективности водоочистки. Далее образцы сточной воды из отстойника на выходе из очистных сооружений подвергали анализу для определения остаточной концентрации загрязнителя. Содержание ионов никеля достигало величин ПДК для очищенных стоков, что не исключает возможность попадания этого загрязнителя в окружающую среду на выходе из очистных сооружений в случае резкого увеличения количества гальванических операций на предприятии.

Ионы меди попадают в сточные воды из гальванического цеха АО «Тамбовский завод «Октябрь», где производят меднение. Очистка от катионов меди осуществляется посредством тех же приемов, что и от ионов никеля. Обращает на себя внимание тот факт, что, как и для катионов никеля, содержание меди после очистки нередко практически равно ПДК. Это тревожный сигнал о потенциально возможном загрязнении сбрасываемых в городскую канализацию стоков АО «Тамбовский завод «Октябрь», так как очистные сооружения работают на пределе мощности.

Цинкосодержащие стоки образуются в результате промывки деталей после цинкования комплектующих. Содержание цинка в стоках гальванического цеха на входе в очистные сооружения может существенно превышать ПДК, что осложняет процессы извлечения полютантов в периоды наибольшей загрузки мощностей предприятия заказами от потребителей. Методы очистки стоков, как и для катионов никеля и меди, основаны на образовании взвеси хлопьев гидроксида металла в присутствии флокулянта (полиакриламида) с их последующим отстаиванием. Анализ воды после очистки показывает, что очистные сооружения и в этом случае работают на пределе возможности. Все проведенные исследования говорят о недостаточной эффективности работы непосредственно очистных сооружений.

Железосодержащие стоки образуются в результате травления и обезжиривания различных комплектующих изделий. Раствор из ванн обезжиривания и травления смешивается с промывочной водой и поступает на очистные сооружения, проходит очистку и сливается в городской канализационный сток. Вновь в ряде случаев концентрация железа на входе в очистные сооружения несколько превышает ПДК никеля, меди и цинка. Анализ проб воды

после очистки опять не исключает возможность превышения ПДК по железу, что лишний раз свидетельствует о том, что они работают на пределе своих возможностей.

Очистка хромосодержащих стоков, образующихся при промывке деталей после хромирования, является чрезвычайно актуальной, поскольку соединения хрома очень токсичны. Подходы к их извлечению на АО «Тамбовский завод «Октябрь» аналогичны рассмотренным ранее. Концентрация хрома на входе в очистные сооружения колеблется в пределах 5…50 мг/л, не превышая, таким образом, ПДК (50 мг/л) в 2012 году. После очистки концентрация ионов хрома в водах, сбрасываемых в городскую канализацию, колеблется в пределах 0,10…0,35 мг/л, не превышая ПДК, составляющую 0,4 мг/л, что соответствует санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к сточным водам. В настоящее время эффективность очистки сточных вод от ионов хрома на АО «Тамбовский завод «Октябрь» достаточна и соответствует требованиям, предъявляемым к очистным сооружениям.

Согласно официальному сайту у предприятия имеются планы на резкий рост производства к 2020 году [3], однако согласно открытой информации [4] предприятие не объявляло тендеры на закупку или установку какого-либо оборудования для очистки стоков. Самостоятельно же предприятие не выпускает такого оборудования.

Исходя из полученных данных, можно отметить, что в случае резкого наращивания производства очистные сооружения могут быть перегружены и не смогут выполнять необходимую очистку стоков.

Проанализируем ситуацию по гальваническим стокам на предприятии ОАО «Корпорация Росхимзащита». В настоящее время предприятие располагает одной производственной площадкой, на которой расположен ряд производственных участков. В том числе участки, связанные с производством средств защиты дыхания (отделение приготовления поглотителей, участок снаряжения, 2 участка производства цеолитов, 2 участка покраски, 2 гальванических участка, сварочный участок и др.). За последние 4 года предприятие увеличило свои производственные мощности более чем в 2 раза согласно аудиторской отчетности 2014 – 2017 годов. [5]

Согласно информации из открытых источников [6] на предприятии были реализованы техническое перевооружение и ремонт помещений опытно-механического цеха (гальваническое отделение). Так же был произведен монтаж местной вытяжной вентиляции от ванны электрополирования и ванны промывки-уловителя двухкаскадного в гальваническом отделении.

На текущий период каких-либо нарушений в сфере экологической безопасности на данном предприятии не выявлено, что предполагает достаточную мощность систем очистки стоков на этом предприятии.

Еще одним предприятием в качестве примера можно рассмотреть ПАО «Электроприбор». Основным источником загрязнения сточных вод является цех № 7, где имеется гальваническое производство. При проектировании предприятия для очистки сточных вод были предусмотрены и построены локальные очистные сооружения проектной мощностью 480 $м^3$/сут.

Комплекс оборудования и коммуникации локальных очистных сооружений предусматривают раздельное поступление и обезвреживание циансодержащих, хромосодержащих и кислотно-щелочных стоков. Сточные воды от цеха № 7 поступают по трем независимым магистралям, для каждой предусмотрен свой метод очистки. Станция очистки состоит из двухэтажного здания с подвалом размером в плане 15×24 м. Пройдя раздельный цикл очистки, сточные воды поступают в два раздельных отстойника, откуда сбрасываются в канализационный коллектор. Осадок, полученный в результате отстаивания обезвреженных стоков, пе-

рекачивается насосами в илонакопитель. Из илонакопителя осадок насосами подается на барабанный вакуум-фильтр, где происходит его обезвоживание до остаточной влажности 80%. Обезвоженный осадок собирается и утилизируется [7].

На 2012 год загруженность очистных сооружений составляла около 40%. За период с 2015 по 2018 год нарушений в сфере очистки стоков на данном предприятии не выявлено [8].

Примером оптимальной очистки стоков можно отметить предприятие «ТАГАТ» имени С. И. Лившица. Производство и выпускаемая продукция ориентированы на выпуск гальванотехнического оборудования, что позволило использовать собственную материально-техническую базу для внедрения в эксплуатацию высокоэффективной системы очистки от ионов тяжелых металлов КОС-17М. Очистка гальваностоков в данной системе включает следующие основные стадии: 1) Электрокоагуляция (очистка стоков от ионов тяжелых металлов: получение нерастворимых гидроксидов $Fe(OH)_2$, $Zn(OH)_2$, $Cr(OH)_3$ и др); 2) Отстаивание (отстаивание стоков при заданном pH в отстойниках); 3) Электрофлотация (очистка стоков от мелких фракций гидроокисей и масел в электрофлотаторе); 4) Фильтрация (дополнительная очистка воды от железа); 5) Обработка шламов.

Для более полного извлечения меди, никеля, цинка и других металлов из сточных вод применяется ионообменный метод, основанный на последовательном выделении из сточных вод катионов и анионов [9]. В катионном ионнообменнике из сточных вод удаляют все металлы: медь, цинк, хром, железо. В анионном ионнообменнике удаляют все виды кислот (серная, соляная, хромовая и др.), а также другие органические и неорганические соединения.

В соответствии с заявленными техническими характеристиками данного комплекса содержание вредных веществ изменяется с 200 до 0,1…0,2 мг/дм^3 после очистки [10].

Несмотря на то, что суммарная проектная мощность действующих очистных сооружений превышает фактическую нагрузку, степень очистки не позволяет предотвратить сброс значительной части загрязняющих веществ в водоемы. Причинами такой ситуации являются устаревшие технологии очистки сточных вод и отсутствие элементов доочистки на очистных сооружениях, неудовлетворительное техническое состояние отдельных элементов очистных сооружений. Работа очистных сооружений на предприятиях контролируется силами аккредитованных лабораторий, а также собственных аттестованных лабораторий предприятий [11].

С учетом роста числа гальванических операций у предприятий региона могут возникнуть следующие проблемы. Наблюдаемая в ряде случаев предельно-допустимая концентрация загрязнителей на выходе из очистных сооружений в случае сбоя в работе или увеличения производственных мощностей может привести к попаданию вредных веществ в городскую канализацию. Устаревшие методы водоочистки необходимо заменить на более современные, позволяющие многократно использовать растворы солей тяжелых металлов. Необходима утилизация токсичных осадков, захоронение которых чревато загрязнением почв токсичными элементами, способными изменять химические и биологические условия их существования, а также по цепям питания попадать в организм человека.

Решением этих проблем может стать использование комбинированных систем очистки стоков с применением ионообменных и мембранных технологий. Это позволило бы снизить затраты предприятий на приобретение, хранение, дозировку реагентов, а также очистку стоков.

Список литературы и источников

1. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Тамбовской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://tmb.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/tmb/resources/96f99600415a5116a955ada3e1dde74c/то+в+цифрах_.pdf (дата обращения: 19.02.2019).
2. Москалева, О. А. Очистка сточной воды от солей тяжелых металлов на ОАО ТЗ «Октябрь» / О. А. Москалева, Е. Д. Таныгина, П. Н. Бернацкий // Вестник ТГУ. – 2014. – Т. 19, № 2.
3. Официальный сайт АО «Тамбовский завод «Октябрь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://oktabr-tz.ru (дата обращения: 19.02.2019).
4. Сайт регистрации тендеров государственных предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://rostender.info/category/tendery-oao-tz-oktyabr-11903 (дата обращения: 19.02.2019).
5. Официальный сайт ОАО «Корпорация Росхимзащита» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://крхз.рф/obshaya-dokumentatsiya/ (дата обращения: 19.02.2019).
6. Сайт регистрации тендеров государственных предприятий [Электронный ресурс]. – режим доступа : http://rostender.info/category/tendery-oao-korporaciya-roshimzashchita-9975?pg=1 (дата обращения: 19.02.2019)
7. Рязанов, А. В. Экологические аспекты функционирования ОАО «Тамбовский завод «Электроприбор» / А. В. Рязанов // Вестник ТГУ. – 2011. – Т. 16, № 2.
8. Справочная система по всем российским компаниям и предпринимателям [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.rusprofile.ru/inspections/4038539 (дата обращения: 19.02.2019).
9. Жарова, Н. В. Исследование влияния ионообменных смол на степень очистки гальваностоков / Н. В. Жарова, Н. П. Каптилова, С. И. Пестрецов // Труды ТГТУ. Вып. № 15 / Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2004.
10. Руководство по эксплуатации 6231.00.000-01 РЭ. Комплекс очистки стоков КОС-17М / ОАО «Тамбовгальванотехника». – Тамбов, 2002.
11. Доклад о состоянии окружающей среды по Тамбовской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://opr.tmbreg.ru/assets/files/Documents/Departmental/2017/Doklad_2017/pdf/ (дата обращения: 19.02.2019).

Н. Г. Чернышов, канд. техн. наук, доц.,
зав. кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕДУР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ И СИНТЕЗА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОМЕРНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Аннотация. Рассматривается алгоритмическое обеспечение процедур интеллектуального контроля и синтеза энергосберегающего управления многомерными технологическими объектами.

Ключевые слова: алгоритм, оптимальное управление, технологический объект.

Современные предприятия не могут быть конкурентоспособны без использования новейших достижений техники для управления технологическими объектами. Большинство сложных технологических объектов можно отнести к многомерным. Многомерные объекты – объекты управления, математическая модель функционирования которых содержит несколько выходных величин, а число уравнений динамики для таких объектов соответствует числу выходных величин. Многомерные объекты могут быть односвязными и многосвязными. Односвязные многомерные объекты – объекты управления, где каждая входная величина влияет только на одну выходную величину. Таким образом, многомерный односвязный объект – это объект с независимыми выходными величинами. В ходе анализа такие объекты разбивают на несколько одномерных объектов и рассматривают независимо друг от друга. Многосвязный многомерный объект – объект управления, в котором хотя бы одна входная величина влияет одновременно на несколько выходных величин. Таким образом, выходные величины объекта являются взаимосвязанными, что объясняется присутствием в таких объектах перекрестных связей между параметрами.

Создание систем энергосберегающего управления связано с решением таких задач, как формализация и решение задачи оптимального управления, идентификация моделей динамики многомерного объекта, функционирование в условиях неопределенности, заключающееся в изменении производственных и других ситуаций в процессе реальной эксплуатации объектов, что ведет к изменениям исходных данных задачи оптимального управления.

В результате решения задачи требуется определить оптимальную программу управления при программной стратегии

$$u^*(\cdot) = (u^*(t), t \in [t_0, t_k]) \tag{1}$$

или синтезирующую функцию при позиционной стратегии

$$u^*(t) = s(z(t), t_k - t)\ , \tag{2}$$

которые обеспечивают перевод объекта из начального состояния z^0 в конечное z^k за время $t_k - t_0$ при минимуме функционала затраты энергии J_E.

Сокращенно данную задачу оптимального управления будем обозначать кортежем из четырех символов

$$T = \langle M, J_E, S, O \rangle, \tag{3}$$

здесь M – модель динамики объекта; J_E – вид минимизируемого функционала; S – стратегия реализации оптимального управления (программная или позиционная); O – характерные ограничения и связи (например, на управление). Кортеж (3) по существу является моделью задачи оптимального управления [1 – 4].

Алгоритмическое обеспечение представляет собой аппарат численного решения задачи оптимального управления, т.е. определения конкретного вида функций оптимального управления $u^*(t)$ (или синтезирующей функции (2)) и ее параметров, а также значений $z^*(t), t \in [t_0, t_k]$ и $J_E^* = J_E(u^*)$, для чего задается массив исходных реквизитов

$$R = f(A, B, C, \Theta, u_0, u_1, z^0, z^k, t_0, t_k), \tag{4}$$

где A, B, C – массивы параметров модели многомерного технологического объекта (при z, u, w); Θ – массив времен запаздывания по каналам u и w; w – возмущающее воздействие; u_0, u_1 – нижнее и верхнее граничные значения интервала изменения управляющего воздействия соответственно.

Если на временном интервале управления $[t_0, t_k]$ четверка T и значения массива R остаются неизменными, то будем говорить, что задача оптимального управления (3) с массивом (4) соответствует одному состоянию функционирования h. Данное обстоятельство может отражаться индексом h у соответствующих обозначений J_h, R_h, A_h и др.

По окончании алгоритма формируются когнитивные образы оптимального управления и функции оптимального управления объектом. Эти данные экспортируются в штатные либо вновь устанавливаемые технические средства управления.

В процессе эксплуатации многомерного технологического объекта вследствие нарушения работы технических средств, смены производственных ситуаций могут изменяться как отдельные компоненты модели задачи оптимального управления, например вид минимизируемого функционала J_E, стратегия реализации оптимального управления, так и значения составляющих массива R. Эти изменения в J_E и R соответствуют смене значений переменной h. Возможные значения переменной h, которым соответствуют различные модели задачи оптимального управления и значения массива R применительно к конкретному объекту управления в процессе его эксплуатации, образуют множество состояний функционирования H_0. В общем случае множество H_0 можно ввести как декартово произведение

$$H_0 = M \times J_E \times S \times O \times R, \tag{5}$$

здесь M, J_E, S, O, R – множества, соответственно, различных моделей динамики многомерного технологического объекта, видов функционала, стратегий управления, ограничений и значений массива R.

Рассмотрим несколько примеров, поясняющих данную ситуацию. Например, производственная система оптимального управления относится к первому классу K_1, если на интервале $[t_0, t_k]$ значение переменной h постоянно и известно, т.е. управляющее устройство решает задачу J_h с данными R_h. В данном случае изменения h происходят как бы вне временных интервалов $[t_0, t_k]_h$, $h \in H_0$. Это может быть вызвано, например, изменением типа сырья или видом производимой продукции. Если производственная система оптимального

управления относится ко второму классу K_2 и на интервале $[t_0, t_k]$ значение переменной h постоянно, но точно неизвестно, а известно, что $h \in H_2 \subset H_0$, иногда могут быть известны вероятности $p(h), p \in H_2$. Здесь управляющее устройство должно определить оптимальное управление для множества двоек $\{(J_h, R_h), h \in H_2\}$.

Данные изменения учитываются в алгоритме интеллектуального контроля и синтеза энергосберегающего управления многомерными технологическими объектами. Таким образом существует совокупность алгоритмов для множества различных состояний функционирования технологических объектов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание. Проект «Интеллектуальная информационно-измерительная и управляющая система оперативного контроля теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов, применяемых в условиях Арктики. Разработка теоретических основ, методологии построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем»).

Список литературы

1. Чернышов, Н. Г. Система энергосберегающего управления процессами нагрева энергоемких объектов / Н. Г. Чернышов, С. В. Артемова // Автоматика и вычислительная техника. – 2001. – № 3. – С. 25 – 33.

2. Чернышов, Н. Г. Разработка систем оптимального управления энергоемкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.

3. Муромцев, Ю. Л. Математическое и программное обеспечение микропроцессорных систем энергосберегающего управления / Ю. Л. Муромцев, Н. Г. Чернышов, Л. П. Орлова // Автоматика и вычислительная техника. – 1996. – № 6. – С. 26 – 34.

4. Чернышов, Н. Г. Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестник ТГТУ. – № 1. – 2015. – С. 7 – 15.

Н. Г. Чернышов, канд. техн. наук, доц.,
зав. кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОЕМКИМИ ОБЪЕКТАМИ НА МНОЖЕСТВЕ СОСТОЯНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Аннотация. Рассматриваются вопросы моделирования и оптимального управления процессами нагрева в технологическом оборудовании и построение информационно-управляющей системы данным оборудованием.

Ключевые слова: оптимальное управление, информационно-управляющая система, контроллер.

Введение

В энергоемких отраслях промышленности остро стоят вопросы оптимизации производственных процессов и оптимального управления ими по энергетическим показателям. В связи с этим одной из доминирующих задач является создание систем управления, способных в реальном времени синтезировать оптимальное управляющее воздействие по критерию минимума затрат энергии [1, 2]. Применение подобных систем в промышленности позволит не только сократить энергозатраты на 5...30%, но и продлить срок эксплуатации технологического оборудования, а также повысить качество выпускаемой продукции [3].

1. Математическое обеспечение системы

Рассмотрим математическое обеспечение системы на примере теплового объекта.

Постановку задачи анализа энергосберегающего управления можно сформулировать следующим образом. Динамика многих тепловых нелинейных объектов может быть описана дифференциальными уравнениями с разрывной правой частью. Это позволяет представить модель объекта на всем температурном диапазоне управления в виде

$$\dot{z} = \begin{cases} f_1(u,z,t), & z^1 \in [z_0^1, z_{c_1}^1); \\ f_2(u,z,t), & z^1 \in [z_{c_1}^1, z_{c_2}^1); \\ \quad\ldots & \quad\ldots \\ f_m(u,z,t), & z^1 \in [z_{c_{m-1}}^1, z_k^1], \end{cases} \tag{1}$$

где z – фазовая координата для объектов, описываемых дифференциальными уравнениями первого порядка (одним дифференциальным уравнением, где $z = z^1$) или $z = (z^1, z^2)^T$ – для объектов второго порядка (системой состоящей из двух дифференциальных уравнений), z^1 – температура, z^2 – скорость изменения температуры, T – знак транспонирования; t – временной интервал управления; u – управляющее воздействие; z_{c_i} – температуры переключений правых частей модели, $f_i(u,z,t)$ – правые части дифференциальных уравнений, $i = \overline{1,m}$, m – число переключений правых частей.

Требуется перевести описываемый объект (1) из начального состояния z_0^1 в конечное z_k^1, т.е.

$$z^1(t = t_0) = z^1{}_0 \to z^1(t = t_k) = z^1{}_k \tag{2}$$

при ограничениях на управление в каждый момент времени:

$$\forall t \in [t_0, t_k] : u(t) \in [u_0, u_1] \tag{3}$$

и за весь интервал управления

$$\int_{t_0}^{t_k} u^2(t)dt \le \overline{I}_p \tag{4}$$

при функционале затраты электроэнергии

$$I = \int_{t_0}^{t_k} u^2(t)dt \to \min_u, \tag{5}$$

где t_0, t_k – начало и конец временного интервала управления соответственно; u – управляющее воздействие; u_0, u_1 – нижнее и верхнее значения интервала управляющего воздействия; I – минимизируемый функционал; $\overline{I}_p$ – максимально допустимое значение функционала.

В результате решения задачи необходимо найти оптимальное управление $u^*(t)$, траекторию изменения фазовых координат $z^*(t)$ и значение функционала I^*.

Из формулы (1) видно, что правые части дифференциального уравнения соответствуют своим температурным зонам, поэтому данную модель будем называть *m*-зонной. Часть модели (1), соответствующую диапазону температур конкретной задачи нагрева, будем называть рабочей.

В реальных условиях для каждого конкретного значения z_0^1, z_k^1 может соответствовать своя модель динамики, т.е. в системе управления хранится множество *m*-зонных моделей M_1, описывающих весь процесс разогрева теплового объекта и однозонных M_2, используемых в случае изменения температурных режимов в процессе работы при разогретом объекте

$$M_j = \{M_1, M_2\},\ M_j : \dot{z} = F(z,u,t), F = \{f_1, f_2, ..., f_m\}, j = \overline{1,m}. \tag{6}$$

Задача синтеза здесь формулируется следующим образом: необходимо перевести объект из начального состояния в конечное (2), при ограничениях на управление (3) и минимуме функционала (5), определить рабочую модель (F_w) объекта, удовлетворяющую требованиям точности

$$\dot{z} = F_w(z,u,t), F_w \subset F, \tag{7}$$

оптимальную управляющую программу

$$u^*(\bullet) = (u^*(t), t \in [t_0, t_k]), \tag{8}$$

траекторию изменения фазовых координат при этой программе

$$z^*(\bullet) = (z(t), t \in [t_0, t_k] / F_w, u^*(t)) \tag{9}$$

и значение функционала затрат энергии.

Предложен подход использования математического обеспечения для энергосберегающего управления технологической установкой термообработки магнитопроводов ТОМ-1 и гидравлическим вулканизационным прессом 400-2Э. При этом задача оптимального управления решалась на множестве состояний функционирования.

2. Алгоритмическое и программное обеспечение системы

В случае *m*-зонной модели массив реквизитов задачи оптимального управления имеет вид

$$\tilde{R} = (a_1,...,a_m,b_1,...,b_m,z_0,z_1,...,z_{m-1},z_k,u_i,t_i,t_0,t_k), \tag{10}$$

здесь a_i, b_i – параметры дифференциального уравнения *i*-й зоны; u_i – управление в *i*-й зоне; z_i – значения фазовых координат в моменты переключения t_i с *i*-й на (*i* + 1)-ю зону, $i = \overline{1,m}$.

Следует отметить, что для различных зон границы u_i могут быть различными. При рассмотрении задачи оптимального управления на множестве состояний функционирования могут меняться любые компоненты массива $\tilde{R}$, а также число зон m .

Для задачи оптимального управления вида (1) – (5) с массивом реквизитов (10) оптимальное управление ищется в виде программы

$$\tilde{u}^*(\bullet) = (\tilde{u}_1^*(t), t \in [t_0, t_1^*); \tilde{u}_2^*(t), t \in [t_1, t_2^*); ...; \tilde{u}_m^*(t), t \in [t_{m-1}^*, t_k]), \tag{11}$$

где t_i^*, $i = \overline{1,m-1}$ – моменты «оптимального» переключения зон, т.е. $t_i^* = \arg z_i^*(t_i)$.

Таким образом, задается массив реквизитов (10), и система должна рассчитать вид и параметры функции оптимального управления. В процессе реальной эксплуатации в массиве $\tilde{R}$ наиболее часто меняются значения z_0^1 и z_k^1, а также параметры объекта, поэтому каждому значению $\tilde{R}$ может соответствовать своя модель динамики объекта. В зависимости от значений z_0^1 и z_k^1 могут использоваться различные части модели (1), отличающиеся числом и видом зон.

При разработке информационно-управляющей системы вышеуказанными технологическими установками были проанализированы все состояния функционирования, встречающиеся в реальных производственных условиях.

В результате решения этих задач получены оптимальные программы управления:

– для установки отжига магнитопроводов

$$\tilde{u}^*(\bullet) = \begin{cases} \tilde{u}_1^*(t) = 122,04 - 7,96t, & t \in [0;13,1), \\ \tilde{u}_2^*(t) = \begin{cases} 175 + 150,2e^{0.1306(t-13,1)}, & t \in [13,1;14,3), \\ 350, & t \in [14,3;19), \end{cases} \\ \tilde{u}_3^*(t) = \begin{cases} 175 + 139,6e^{0,014(t-19)}, & t \in [19;35,1), \\ 350, & t \in [35,1;52]; \end{cases} \end{cases} \tag{12}$$

– для гидравлического вулканизационного пресса

$$\tilde{u}^*(\bullet) = \begin{cases} \tilde{u}_1^*(t) = 154 + 0.01e^{-1.81t}, & t \in [0;24), \\ \tilde{u}_2^*(t) = \begin{cases} 110 + 77e^{-0.1(t-24)}, & t \in [24;25), \\ 220, & t \in [25,44]; \end{cases} \end{cases} \tag{13}$$

здесь функция $\tilde{u}_1^*(t)$ является решением задачи двойного интегратора для технологической установки ТОМ-1 и реального двойного интегратора для гидравлического вулканизационного пресса, а $\tilde{u}_2^*(t)$ и $\tilde{u}_3^*(t)$ – области апериодического звена, временные интервалы измеряются в минутах, управляющие воздействия – в вольтах. Полученная программа снижает энергозатраты на 13% для технологической установки ТОМ-1 и на 15% – для гидравлического вулканизационного пресса 400-2Э по сравнению с традиционным нагревом при u = const.

3. Информационно-управляющая система

В процессе решения задачи энергосберегающего управления информационно-управляющая система определяет рабочую модель. В зависимости от того, какие заданы начальные и конечные значения z_0^1, z_k^1 процесса нагрева, устройство, сопоставив их с температурами моделей, определяет рабочие модели. Для найденных моделей производится расчет оптимальных управляющих программ $u^*(\bullet)$.

Обобщенная структурная схема информационно-управляющей системы приведена на рис. 1. Код управления по линии 3 подается на устройство согласования, которое в соответствии с полученным кодом вырабатывает управляющее воздействие, поступающее по линии 1 на управляющие силовые элементы, установленные непосредственно на самом объекте управления и осуществляющие подачу питания на нагреватели.

Рис. 1. Структура информационно-управляющей системы тепловыми процессами на множестве состояний функционирования

Сигналы с термодатчиков, установленных в объекте, поступают по линии 2 в устройство согласования, где усиливаются и подаются по линии 4 на многоканальный аналого-цифровой преобразователь контроллера. Посредством вспомогательных линий 5 в случае необходимости осуществляется дополнительное управление системой, например в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами. С помощью после-

довательного интерфейса 6 возможно подключение системы к контрольно-отладочным устройствам, информационным системам, средствам автоматизированных систем управления. Клавиатура, линия 7 к микропроцессорному контроллеру предназначена для ввода корректив в работу системы, смены алгоритмов управления и других установочно-отладочных операций. Дополнительный модуль памяти может быть подключен к системе в случае необходимости реализации значительного количества оптимальных программ управления.

Заключение

Разработанная информационно-управляющая система энергоемкими объектами на множестве состояний функционирования и методика реализации оптимального энергосберегающего управления достаточно универсальны и могут быть применены для широкого класса объектов [4]. При использовании соответствующего программного обеспечения созданная система позволяет без дополнительных аппаратных доработок производить высокоточную регулировку и оптимизацию температурных режимов.

Список литературы

1. Hertzberg, J., Beetz, M. Cognitive Technical Systems – What Is the Role of Artificial Intelligence / KI '07 Proceedings of the 30th annual German conference on Advances in Artificial Intelligence // Springer-Verlag. – Berlin, Heidelberg. – 2007. – P. 19 – 42.

2. Zhou K., Doyle J., Glover K. Robust and Optimal Control // Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J. – 1996.

3. Chernyshov, N. G., Artemova, S. V. Energy saving system for technological equipment heating control // Springer,Allerton Press, Inc., New York //Automatic Control and Computer Sciences. – 2001. – Vol. 30. – No 2 / Juni 2001. – P. 120 – 128.

4. Chernyshov, N. G., Muromtzev, D. Yu. Features of creation of power saving control systems on set operation conditions / Springer, Allerton Press, Inc., New York //Automatic Control and Computer Sciences. – 2008. – Vol. 42. – No 3 / Juni 2008. – P. 163 – 168.

Н. Г. Чернышов, канд. техн. наук, доц.,
зав. кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ И ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОМЕРНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Аннотация. Рассматриваются задачи диагностики и оптимального управления многомерными технологическими объектами с использованием когнитивной графики.

Ключевые слова: когнитивная графика, оптимальное управление, технологический объект.

В настоящее время практически отсутствуют технологические объекты с управляющими системами, которые в реальном времени наряду с задачами комплексной диагностики объекта решают задачи синтеза и реализации энергосберегающего управления динамическими режимами. В этой связи особый интерес представляют методы когнитивной графики, позволяющие микропроцессорным контроллерам реализовывать сложные алгоритмы энергосберегающего управления технологическими многомерными объектами и упрощающие восприятие разработчиком сложных задач энергосберегающего управления.

К энергоемким объектам, значительную долю работы которых составляют динамические режимы, в первую очередь, следует отнести тепловые аппараты и машины с электроприводами. Теоретические и практические исследования показывают, что экономия энергоресурсов при оптимальном управлении динамическими режимами таких объектов может составлять от 5 до 30% [1, 2].

Построение систем диагностики и оптимального управления многомерными технологическими объектами представляет собой наукоемкий проект со значительными экономическими затратами. Значительный объем расчетов на этапе анализа оптимального управления не позволяет оперативно, в реальном масштабе времени осуществлять оптимальное энергосберегающее управление объектом. Представление результатов полного анализа оптимального управления в виде когнитивных графических образов дает возможность в процессе диагностики и управления многомерным объектом избежать значительной части ресурсоемких расчетов, тем самым существенно сократить время вычислительных операций и в дальнейшем использовать полученные когнитивные образы для диагностики и оперативного синтеза оптимального управления [2]. Это дает возможность разработчику визуально оценить состояние объекта, возможные изменения его параметров, визуализировать решение сложной задачи и составить базу знаний по возможным изменениям состояний диагностируемого многомерного технологического объекта [3, 4].

На рисунке 1 показан пример когнитивного графического образа и функции управления, соответствующие его зонам. Значения синтезирующих переменных A и L однозначно определяют вид функций управления $U^*(T_h)$ и их параметры, где T_h – нормированное время. Множество значений $(L,\ A)$ в плоскости синтезирующих переменных, для которых имеет место функция управления $U_i^*(T_h)$, образует область существования *i*-го вида управления, где k_i – область существования *i*-го вида функции управления; l_i – граница областей; U, T – нормированные значения управления и времени.

На следующем этапе решения задачи полученный когнитивный графический образ оптимального управления используется для оперативного синтеза оптимального управления объектом.

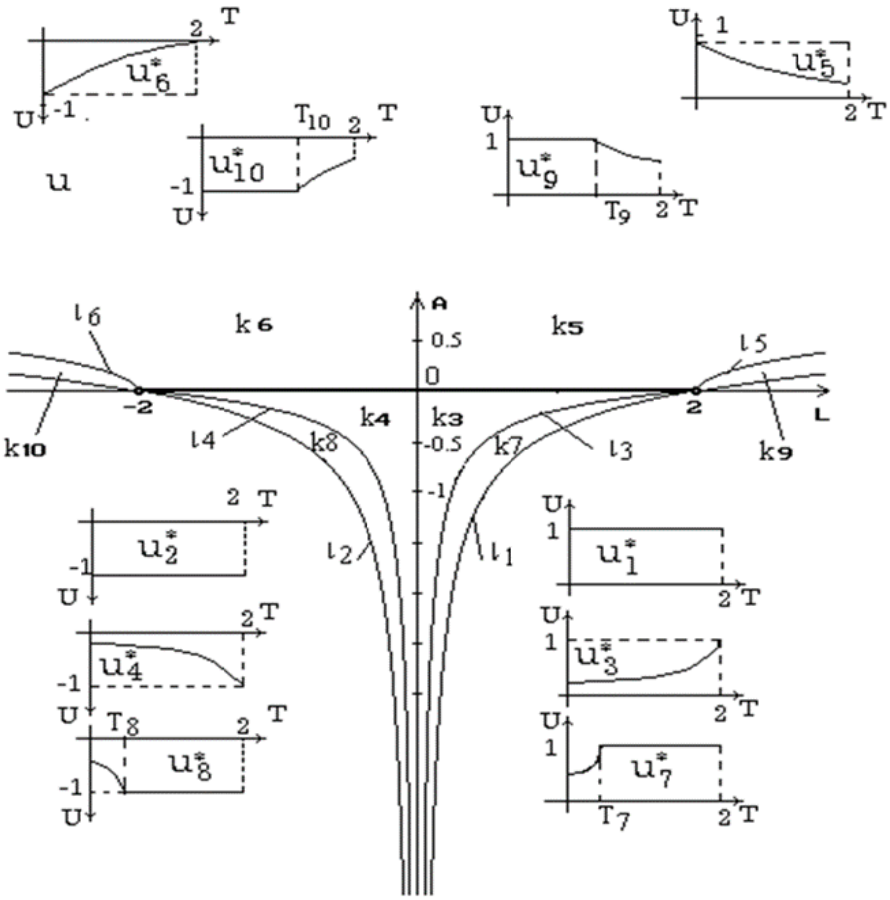


Рис. 1. Когнитивный графический образ в пространстве синтезирующих переменных

На рисунке 2 показан выбор средств реализации возможностей когнитивной графики реализации системы диагностики и оптимального управления многомерными технологическими объектами в зависимости от сложности объекта.

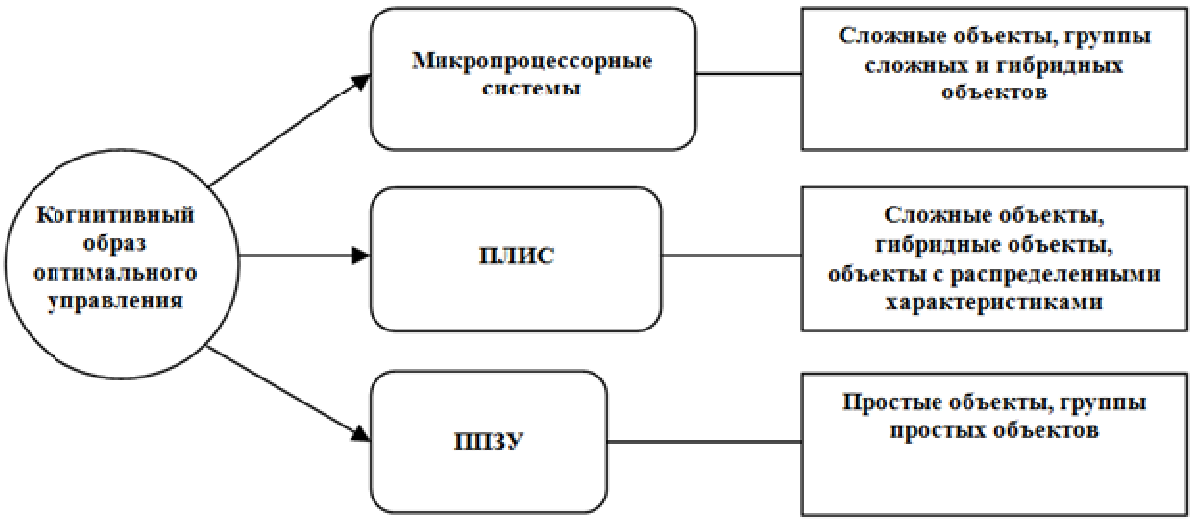


Рис. 2. Технические средства реализации возможностей когнитивной графики в системах диагностики и управления технологическими объектами

Теоретические и практические исследования показали, что даже в случае многомерных объектов реализовать систему диагностики и управления благодаря использованию когнитивных графических образов управления возможно без использования сложных микропроцессорных средств. При этом когнитивный образ управления формируется в адресном пространстве ППЗУ.

Это позволяет за счет оптимизации аппаратных средств получать дешевые и вместе с тем высокоэффективные устройства, уровень быстродействия которых может превосходить специализированные микропроцессорные контроллеры. Также подобный подход позволяет эффективно внедрять алгоритмы оптимального энергосберегающего управления в существующие системы управления диагностики и оптимального управления многомерными технологическими объектами, без необходимости проектирования новых систем управления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание. Проект «Интеллектуальная информационно-измерительная и управляющая система оперативного контроля теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов, применяемых в условиях Арктики. Разработка теоретических основ, методологии построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем»).

Список литературы

1. Чернышов, Н. Г. Система энергосберегающего управления процессами нагрева энергоемких объектов / Н. Г. Чернышов, С. В. Артемова // Автоматика и вычислительная техника. – 2001. – № 3. – С. 25 – 33.

2. Чернышов, Н. Г., Разработка систем оптимального управления энергоемкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.

3. Муромцев, Ю. Л. Математическое и программное обеспечение микропроцессорных систем энергосберегающего управления / Ю. Л. Муромцев, Н. Г. Чернышов, Л. П. Орлова // Автоматика и вычислительная техника. – 1996. – № 6. – С. 26 – 34.

4. Чернышов, Н. Г. Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестник ТГТУ. – № 1. – 2015. – С. 7 – 15.

Н. Г. Чернышов, канд. техн. наук, доц.,
зав. кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ НА МНОЖЕСТВЕ СОСТОЯНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Аннотация. Рассматриваются особенности построения архитектуры информационно-измерительной и управляющей системы технологическими объектами на множестве состояний функционирования.

Ключевые слова: информационно-измерительные системы, информационно-управляющие системы.

Современные предприятия не могут быть конкурентоспособны без использования новейших достижений техники для организации технологических процессов. Ввиду увеличения числа компьютеров, программируемых логических контроллеров, датчиков и других подобных устройств возникла необходимость их объединения в единую систему, которая позволяла бы осуществлять мониторинг и управление технологическими объектами в режиме реального времени на множестве состояний функционирования [1].

При автоматизации распределенных и удаленных объектов, технологических процессов, инженерных систем (систем жизнеобеспечения и безопасности, систем учета и мониторинга), а также объектов, где требуется постоянный специализированный контроль, а присутствие человека по тем или иным причинам нежелательно или экономически нецелесообразно, возникает необходимость централизованного и удаленного диспетчерского контроля и управления [2].

С учетом потенциальных возможностей современного телекоммуникационного оборудования данная система может реализовывать достаточно гибкие сценарии управления и находить широкое применение в реализации разнообразных систем управления. Исключением (на настоящий момент) являются объекты, требующие непрерывного визуального контроля со стороны оператора.

Основной задачей при внедрении энергосберегающего управления на промышленных и технологических объектах является разработка оптимальной управляющей программы, требующая проведения комплекса работ экспериментального, исследовательского и расчетного характера [3].

С учетом вышеуказанного создана информационно-измерительная и управляющая система управления технологическими объектами на множестве состояний функционирования с удаленным доступом оператора. В ее основу входят: контроллер, датчики, (исполнительные механизмы, локальный модуль управления), главный сервер и т.д.

Отличительной особенностью системы являются:

– автономный контроль правильности функционирования системы;

– мониторинг систем и устройств, оперативное обнаружение внештатных ситуаций;

– возможность использования в случаях отсутствия стабильной связи с контролируемым объектом;

– возможность оперативно отслеживать состояние управляемого объекта;

– возможность обеспечения оперативного контроля качества работы контролируемого объекта;

– возможность обеспечения безопасности эксплуатации контролируемого объекта;

– возможность проведения серий экспериментов для снятия данных для анализа модели объекта;

– возможность проведения идентификации параметров модели динамики управляемого объекта;

– возможность проведения синтеза оптимальных управляющих воздействий;

– ведение многопараметрического мониторинга объекта;

– возможность автоматической перенастройки параметров управляемого объекта в соответствии с заданным алгоритмом.

Вариантов возможной реализации данной системы множество. В качестве достаточно универсального решения был взят вариант использования микроконтроллеров, производимых фирмой National Instruments. При построении сложных информационно-измерительных и управляющих систем будет иметь значение модульность данных конструкций, что позволяет реализовать широкий круг поставленных задач и минимизировать стоимость системы.

Для построения информационно-измерительной и управляющей системы был выбран один из модулей, производимых National Instruments, – контроллер myRIO-1900[4]. Использование современных специализированных устройств, их функциональная насыщенность позволили значительно упростить конструкцию и сделать упор на тщательную проработку алгоритмической составляющей системы. Кроме того, это значительно упрощает поддержку уже функционирующего решения.

Организация удаленного управления оборудованием (телеуправление и телерегулирование) является следующим шагом развития средств автоматизации.

На рисунке 1 приведена структурная схема информационно-измерительной и управляющей систем.

Использование удаленного доступа обеспечивает ряд очевидных преимуществ по сравнению с традиционной организацией управления:

– высокую оперативность;

– снижение количества технологических нарушений, связанных с недостаточным опытом оперативного персонала, его квалификацией и др.;

– повышение общей эффективности эксплуатации объекта, связанное с повышением энергоэффективности управления и постоянным присутствием высококвалифицированного оперативного персонала на объекте.

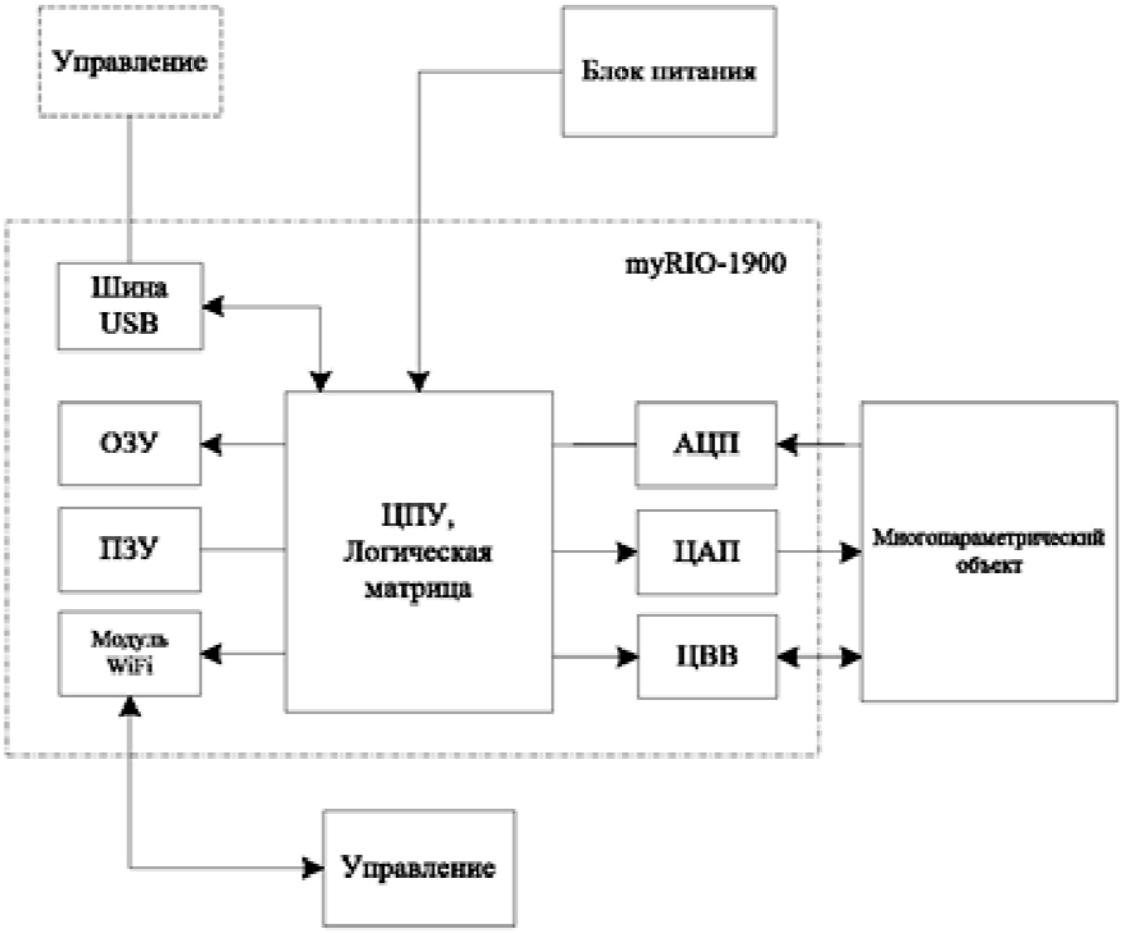


Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительной и управляющей систем

Значительный объем расчетов, предшествующий получению синтезирующих функций для множества состояний функционирования, не позволяет оперативно, в реальном масштабе времени осуществлять оптимальное энергосберегающее управление объектом. Применение мощных вычислительных комплексов, способных справиться с этой задачей, представляется нецелесообразным, так как сводит к минимуму экономический эффект от внедрения информационно-измерительной и управляющей систем технологическими объектами на множестве состояний функционирования.

Одним из наиболее эффективных путей решения этой задачи является представление результатов полного анализа на множестве состояний функционирования в виде когнитивных графических образов. Это обеспечивает возможность в процессе функционирования системы исключить сложные вычислительные процедуры и тем самым существенно сократить время выполнения алгоритмов оптимального управления.

Использование данного подхода сводит к минимуму число математических операций, выполняемых микропроцессорной системой, упрощает требования к информационно-измерительной и управляющей системе технологическими объектами на множестве состояний функционирования, делая ее архитектуру более простой, тем самым повышая совокупный экономический эффект от ее применения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание. Проект «Интеллектуальная информационно-измерительная и управляющая система оперативного контроля теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов, применяемых в условиях Арктики. Разработка теоретических основ, методологии построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем»).

Список литературы и источников

1. Курицын, Д. Б. Мониторинг и удаленное управление современным промышленным оборудованием [Электронный ресурс] / Д. Б. Курицын, В. В. Соколов. – URL : http://www.nntu.ru/trudy/2014/03/222-227.pdf (дата обращения: 07.04.16).

2. Система диспетчеризации [Электронный ресурс]. – URL : http://www.gammi-ltd.ru/index.php/statyi/31-system-dispet / (дата обращения: 06.04.16).

3. Чернышов, Н. Г. Разработка систем оптимального управления энергоемкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.

4. NI myRIO-1900 User Guide and Specifications. – URL : http://www.ni.com/pdf/manuals/376047a.pdf (дата обращения: 19.04.2016).

Н. Г. Чернышов, канд. техн. наук, доц.,
зав. кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,
Д. М. Путятин, О. С. Якушов, Е. И. Боровкова, студенты
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ

В последние годы с развитием технологий все актуальнее становится вопрос энергосбережения и эффективности во всех сферах деятельности человека. Ресурсы земли ограничены, происходит их постоянное удорожание, это приводит к необходимости реализовать все новые методики увеличения эффективности. В этом немалую роль играют системы управления энергосбережением, базирующиеся на промышленных контроллерах. Современные ПЛК уже практически не уступают персональным компьютерам в производительности. Они обеспечивают надежность, продуктивность, а также экономичность как в простых, так и в сложных системах управления.

Новейшие системы управления энергосбережением применяются почти во всех сферах, где контроль за расходом ресурсов необходим. Это могут быть системы контроля водоснабжением, управления уличным освещением, вентиляции на предприятиях. Такие системы позволяют существенно снизить расходы на самые разные ресурсы как обычному потребителю, так и целому городу. Кроме того, они позволяют снизить вредное воздействие на окружающую среду. За счет гибких и многофункциональных ПЛК обеспечивается контроль качества систем и сетей, появляется возможность дистанционно управлять работой всех подключенных устройств и проводить анализ их функционирования [1].

Использование промышленных контроллеров в системах управления энергосбережением позволяет:

– проводить анализ работы всех подключенных систем;

– управлять эффективностью использования систем вентиляции, отопления, водоснабжения, канализации и т.д.;

– подсчитывать расходы на освещение, расход воды и другие ресурсы;

– определять, какая конкретная часть системы нуждается в замене;

– использовать ситуационное моделирование для анализа реакции систем на различные воздействия.

Сейчас на уличное освещение тратится около 40% от всего энергопотребления города. С помощью систем контроля уличного освещения возможно снизить потребление до 20…30%. Для этого к каждому светильнику устанавливаются датчики, которые собирают и отправляют всю информацию о работе данного участка на сервер. ПЛК осуществляет анализ всех поступающих данных, на их основе он производит контроль группы закрепленных за ним светильников. Далее с учетом всех факторов осуществляется оптимальное управление освещением. Так, объединяя группу контроллеров, будет происходить контроль за освещением всего города. Это позволит ощутимо сократить затраты на энергоснабжение улиц, особенно в вечернее время.

Рассмотрим работу системы управления отоплением. Для обеспечения высокого КПД разработчики стараются автоматизировать весь процесс. Зачастую, устанавливается кон-

троллер, регулирующий температуру в системах подачи горячей воды и отопления. К такому прибору подключаются все необходимые датчики контроля температуры, воды в контурах горячего водоснабжения и отопления, также наружного воздуха и др. Сама регулировка происходит на основе показаний температуры окружающей среды и в соответствии с текущим отопительным графиком, все эти параметры устанавливаются в контроллер. Так, в зависимости от температуры внешнего воздуха вычисляется необходимая температура теплоносителя в контуре отопления, она поддерживается в системе с помощью ПИД-регулирования механизма электроприводного запорно-регулирующего клапана (КЗР) [2].

Кроме того, можно снизить расход электроэнергии за счет контроля нагрева обратной воды, которая возвращается в теплоцентраль. Если ее температура превысит определенное значение, то промышленный контроллер оперативно приостановит регулирование в отопительном контуре и не продолжит его, пока обратная вода не охладится до необходимого значения. Тем самым происходит существенная экономия не только энергоресурсов, но и избежание потребителем лишних переплат теплосетям.

Нынешний рынок промышленных контроллеров предоставляет потребителю огромный выбор самых разнообразных приборов, с разными спецификациями и параметрами. Многие потребители озабочены тем, чтобы их системы не только проявляли высокую эффективность эксплуатации, но и позволяли сокращать отрицательное воздействие на экологическую среду. Устойчивую позицию на нем занимают компании ICP-DAS и NI. Последние линейки контроллеров этих производителей применяются повсеместно: в производстве, образовательной деятельности, в системах управления энергосбережением и др.

WinCon-8000 представляют собой последнее поколение промышленных контроллеров производства компании ICP DAS. По сравнению с предыдущей серией I-7000 данные ПЛК приобрели новые возможности благодаря использованию высокопроизводительного процессора Intel Strong ARM с тактовой частотой 206 МГц и оперативной памятью 64 Мб. Непосредственное управление и настройка контроллера осуществляется на языке ISaGRAF [3].

ISaGRAF является инструментальной графически реализованной средой разработки прикладных программ, позволяющей создавать распределенные или локальные системы управления.

ISaGRAF поддерживает пять языков стандарта IEC 61131-3 (International Electrotechnical Commission):

1. SFC – язык последовательных функциональных схем;
2. IL – язык инструкций (близок к языку ассемблера);
3. FBD – язык функциональных блоков или графический язык представления инструкций;
4. ST – адаптированный вариант языка Паскаль;
5. LD – графический язык в терминах контактов электромагнитных реле и их обмоток.

Однозначным преимуществом использования ISaGRAF является применение целевой системы Ace Target, систем быстрого доступа к данным. Они предназначены для высокоскоростной обработки данных, которая позволяет повысить эффективность и скорость написания программ для ПЛК.

Система быстрого доступа к данным состоит из двух частей:

1. Исполнительная подсистема ISaGRAF Fast Data Access (ISaFDA) – выполняет функции отслеживания изменившихся значений переменных для их чтения и записи по запросам

OPC-сервера FDA-OPC либо другого приложения. Подсистема реализована в виде виртуального устройства ISaGRAF, а также включает сервис обработки запросов на выдачу данных и установку новых значений переменных ISaGRAF.

2. Серверная подсистема FDA-OPC – OPC-сервер системы быстрого доступа к данным ISaGRAF. FDA-OPC предназначен для предоставления доступа к переменным ISaGRAF из SCADA-системы по протоколу FDA. Настройки OPC-сервера позволяют одновременно работать с несколькими контроллерами. При обнаружении сбоев в основной сети FDA-OPC может переключаться на опрос контроллера по адресу в резервной сети. FDA-OPC исполняется на платформе Windows и соответствует спецификациям OPC DA 2.x, OPC DA 3.x [4].

Целевая система ACE Target также поддерживает все функциональности стандартной целевой системы ISaGRAF и обладает рядом дополнительных возможностей и особенностей:

1. Все системно-зависимые функции заменены на вызовы функций библиотеки ACE, поэтому исходные тексты целевой системы едины для разных ОС. К настоящему времени выполнено портирование и тестирование новой системы в следующие ОС: Linux, Windows XP, FreeBSD, OpenSolaris.

2. Инвариантность к платформе: все конечные программы имеют одинаковые возможности и единое PLC-описание в среде Workbench, это означает, что перенос проекта на конфигурацию с другой ОС не требует его перекомпиляции.

3. Повышенная стабильность (детерминированность) цикла с заданным временем исполнения.

4. Высокая скорость исполнения цикла в режиме «как успеет» – от 5 мкс.

5. Перенос с платформы на платформу драйверов протоколов, использующих стандартные коммуникационные устройства (RS232, Ethernet, USB), не требует изменения исходных текстов драйверов, достаточно простой перекомпиляции.

6. Инструмент IODevKit предоставляет разработчику возможность использования языка C++ и библиотеки ACE для создания эффективных драйверов устройств. ACE содержит большой набор полезных классов (набор C++ контейнеров для манипуляции с данными, класс String и пр.).

Таким образом, следует отметить, что ISaGRAF – является встраиваемой, масштабируемой технологией программирования контроллеров, позволяющей создавать приложения как для отдельных контроллеров, так и общие приложения для структуры, состоящей из нескольких обменивающихся данными по сети контроллеров.

Особый интерес на рынке ПЛК вызывает продукция National Instruments. Начиная с модели IC-3120, контроллеры обеспечивают возможность подключения автоматизированной обработки приложений и высокий уровень мощности, сбора данных и работоспособности устройства в экстремальных условиях, но и цена приборов достаточно высока.

Высокопроизводительные промышленные контроллеры обеспечивают возможность подключения для связи и синхронизации с шасси EtherCAT и Ethernet CompactRIO, камерами GigE Vision и USB3 Vision, приводами перемещения EtherCAT, а также другими устройствами для систем автоматизации. Контроллеры также оборудованы вентилятором, встроенным TTL и дифференциальным вводом/выводом с гальванической развязкой. Основным программным обеспечением для контроллеров NI является LabVIEW – среда,

предназначенная для отладки, разработки и развертывания логики на встроенном ПЛИС и процессоре.

Для программирования ПЛИС используется графическая среда высокого уровня LabVIEW с модулем LabVIEW FPGA, а это значит, что для программирования ПЛИС не надо знать VHDL или Verilog, что значительно ускоряет и упрощает процесс разработки, увеличивая эффективность всей системы.

Для реализации комфортного и современного интерфейса в LabVIEW доступно немалое количество инструментов индикаций и управления (графики, кнопки, осциллограммы, переключатели и др.). Кроме того, в LabVIEW присутствует возможность создания собственных элементов управления. Программное обеспечение, созданное с использованием данной графической среды, может быть взаимосвязано с фрагментами, базирующимися на традиционных языках программирования: C++, Pascal, Basic, FORTRAN [5].

Таким образом, LabVIEW позволяет разрабатывать разнообразные программы, взаимодействующие с различными аппаратными средствами, поддерживаемые популярными операционными системами. Используя технологию виртуальных приборов, разработчик может создать из имитационной модели полностью автоматизированный многофункциональный измерительный аппаратно-программный комплекс.

В LabVIEW присутствует возможность подключения огромного спектра современного оборудования различных производителей, также обладает многочисленными библиотеками компонентов:

– управления роботами и системами машинного зрения;
– генерации и цифровой обработки сигналов;
– моделирования сложных систем;
– подключения внешнего оборудования по наиболее распространенным интерфейсам и протоколам (RS-232, GPIB-488, TCP/IP и пр.);
– для применения разнообразных математических методов обработки данных;
– удаленного управления ходом эксперимента;
– для визуализации данных и результатов их обработки (включая 3D-модели).

Подводя итоги всего вышесказанного, следует отметить, что благодаря использованию LabVIEW очень легко и быстро можно проверить алгоритм работы устройства, смоделировать и посмотреть поведение модели, а затем перенести на конечное устройство. Если снять данные с устройств, изготавливаемых на основе микроконтроллеров, а также сделать множество других сложных задач более понятными и простыми, то это значительно сэкономит такой важный ресурс, как время.

Таким образом, промышленные контроллеры успешно применяются для разработки энергосберегающих систем во многих отраслях промышленности. Они значительно повышают эффективность своего применения за счет высокого быстродействия, универсальности применения и удобной среды разработки. Позволяют значительно уменьшить вредное воздействие отдельных систем на экологическое состояние окружающей среды. Подводя итог, благодаря современным ПЛК система может иметь довольно сложную конфигурацию, оставаясь при этом эффективной, безопасной и простой в настройке и управлении.

Список литературы

1. Чернышов, Н. Г. Разработка систем оптимального управления энергоемкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.

2. Чернышов, Н. Г. Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестник ТГТУ – 2015. – № 1. – С. 7 – 15.

3. Чернышов, Н. Г. Построение системы телеметрии энергоемкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS / Н. Г. Чернышов, Р. В. Цыганков, К. В. Чикаев // Вопросы современной науки и практики. – 2015. – № 1. – С. 225 – 230.

4. Дворецкий, С. И. Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4(66). – С. 21 – 28.

5. Чернышов, Н. Г. Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов, Д. Ю. Муромцев // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.

Научное электронное издание

ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАЗОВАНИЯ
(к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»)

В 4-х томах

Том II: «ЗЕЛЕНЫЕ» ПРОМЫШЛЕННО-ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Материалы Международной научно-практической конференции

Редактор Л. В. Комбарова
Инженер по компьютерному макетированию И. В. Евсеева

ISBN 978-5-8265-2149-6

Подписано к использованию 10.12.2019.
Упаковка и тиражирование 21.01.2020.
Тираж 100 шт. Заказ № 148

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.
Тел. 8(4752) 63-81-08.
E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru