

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ЗАОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ
ТРАНСФОРМАЦИИ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

27 апреля 2023 года

Балашиха 2023



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ЗАОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФГБОУ ВО РГАЗУ

САМЫЙ КРУПНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВУЗ
ПОДМОСКОВЬЯ ПРИГЛАШАЕТ НА ОБУЧЕНИЕ

ПЕРЕНИМАЕМ ОПЫТ
СОЗДАЕМ СЕГОДНЯ
РАСТУМ В БУДУЩЕМ



НАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА

- ▶ СТОИМОСТЬ ОБУЧЕНИЯ НА ВНЕБЮДЖЕТЕ ОТ 24 ТЫС. РУБ./ГОД
- ▶ ВОЗМОЖНОСТЬ РАССРОЧКИ ОПЛАТЫ ОБУЧЕНИЯ
- ▶ ВОЗМОЖНОСТЬ ОБУЧЕНИЯ НА БАЗЕ ПРЕДПРИЯТИЯ
- ▶ БОЛЬШОЕ КОЛИЧЕСТВО БЮДЖЕТНЫХ МЕСТ
- ▶ ОТСРОЧКА ОТ АРМИИ
- ▶ 100 % ТРУДОУСТРОЙСТВО В ВЕДУЩИЕ КОМПАНИИ РОССИИ



БАКАЛАВРИАТ

БЮДЖЕТ

ВНЕБЮДЖЕТ

ПРОФИЛЬ

- ▶ **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ** - «ЭКСПЛУАТАЦИЯ И СЕРВИС АВТОМОБИЛЕЙ»
- ▶ **АГРОХИМИЯ И АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ** - «ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ»
- ▶ **АГРОНОМИЯ** - «АГРОНОМИЯ»
- ▶ **САДОВОДСТВО** - «ДЕКОРАТИВНОЕ САДОВОДСТВО И ЛАНДШАФТНЫЙ ДИЗАЙН»
- ▶ **АГРОИНЖЕНЕРИЯ** - «ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ В АПК» / «ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»
- ▶ **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ С.-Х. ПРОДУКЦИИ** - «ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ С.-Х. ПРОДУКЦИИ»
- ▶ **ЗООТЕХНИЯ** - «КИНОЛОГИЯ» / «СПОРТИВНОЕ КОНЕВОДСТВО» / «ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ МОЛОЧНОГО И МЯСНОГО СКОТОВОДСТВА»

ПРОФИЛЬ

- ▶ **БИОЛОГИЯ** - «БИОЭКОЛОГИЯ» / «ОХОТОВОДЕНИЕ»
- ▶ **ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА**
- ▶ **ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ:** - «ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ»
- ▶ **ЭКОНОМИКА*** - «ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ АПК» / «БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ, АНАЛИЗ И АУДИТ»
- ▶ **МЕНЕДЖМЕНТ*** - «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ»
- ▶ **ГОСУДАРСТВЕННОЕ И МУНИЦИПАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ*** - «ГОСУДАРСТВЕННОЕ И МУНИЦИПАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ»

* ЗАОЧНОЕ ОБУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНО ТОЛЬКО ДЛЯ ЛИЦ, ИМЕЮЩИХ ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ (ФГОС 3+)

СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ НА БАЗЕ 9 И 11 КЛАССОВ

БЮДЖЕТ

СРОК ОБУЧЕНИЯ

АГРОНОМИЯ – 3,6 ГОДА | ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ С/Х – 3,6 ГОДА
ОХОТОВОДЕНИЕ И ЗВЕРОВОДСТВО – 2,6 ГОДА | КИНОЛОГИЯ – 3,2 ГОДА | ЭКОНОМИКА И БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ – 2,9 ГОДА

МАГИСТРАТУРА

БЮДЖЕТ

ВНЕБЮДЖЕТ

ПРОГРАММА

- АГРОНОМИЯ - «ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ»
- АГРОИНЖЕНЕРИЯ - «ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В АПК» / ПРОГРАММА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»
- ЗООТЕХНИЯ - «РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ И ГЕНЕТИКА ЖИВОТНЫХ»

ПРОГРАММА

- БИОЛОГИЯ - «ЭКОЛОГИЯ» / «ОХОТОВОДЕНИЕ»
- ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ - «ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ»
- ФИНАНСЫ И КРЕДИТ - «КОРПОРАТИВНЫЕ ФИНАНСЫ»

БОЛЕЕ ПОДРОБНУЮ ИНФОРМАЦИЮ МОЖНО ПОЛУЧИТЬ В ПРИЕМНОЙ КОМИССИИ УНИВЕРСИТЕТА
НАШИ КОНТАКТЫ: ТЕЛ.: 8 495 521 55 46 E-MAIL: PRIEMKOM@RGAZU.RU INTERNET: WWW.RGAZU.RU

УДК 631.3: 004 (06)

Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции / Российский государственный аграрный заочный университет. – Балашиха: Изд-во ФГБОУ ВО РГАЗУ, 2023. – 200 с.

В сборник включены материалы международной научно-практической конференции преподавателей вузов, аспирантов и студентов, проходившей 27 апреля 2023 года на факультете электроэнергетики и технического сервиса Российского государственного аграрного заочного университета.

Сборник предназначен для научных работников сельского хозяйства, конструкторов, преподавателей, аспирантов и студентов аграрных и машиностроительных ВУЗов.

Редакционная коллегия: Гаджиев П.И., д.т.н., Сивцов В.Н., к.т.н.; Рамазанова Г.Г., к.т.н., доцент

Рецензенты: Тихомиров Д.А., член-корреспондент РАН, д.т.н., главный научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; Голубев И.Г., д.т.н., профессор, заведующий отделом, главный научный сотрудник отдела научно-информационного обеспечения инновационного развития АПК ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ»

Издание осуществляется с авторских оригиналов

© Российский государственный аграрный
заочный университет, 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Байбобоев Н.Г., Акбаров Ш.Б., Нишонов Х.Х. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕПАРИРУЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ	5
Сулейманова Н.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ В АПК И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ	13
Кузьмин А.М., Шемятин А.М., Грызунов Е.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УПАКОВКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ	19
Кузьмин А.М., Nadir Ayrlimis, Сивцов В.Н. ТАРИРОВКА ЛАБОРАТОРНЫХ ДОЗАТОРОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ	25
Норчаев Д.Р., Норчаев Ж.Р., Хусаинов Б.С. ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ И КОРНЕПЛОДОВ	31
Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Рамазанов И.А. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ	41
Рамазанова Г.Г., Гаджиев П.И., Рамазанов З.Т. ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	48
Сметнев А.С., Юдин Ю.Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАВОЗОРАЗБРАСЫВАТЕЛЕЙ	53
Ахметов А.А., Остонов Ш.С. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОЧВОЙ ПОЧВОЗАСЫПЩИКА ПРИ ЕГО РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ УСТАНОВКИ	58
Ахметов А.А., Каримов А.К., Норматов М.Ш. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕХАНИЗМА ИЗМЕНЕНИЯ БАЗЫ УНИВЕРСАЛЬНО-ПРОПАШНОГО ТРАКТОРА	63
Сахапов Р.Л., Махмутов М.М., Махмутов М.М. ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ	68
Салтыков М.М., Горюнов С.В. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПРИМЕСЕЙ ОТ КЛУБНЕЙ ПРИ СОРТИРОВАНИИ КАРТОФЕЛЯ	74
Зимин В.К., Ильинкова И.Ю. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ В АПК	82
Петров Д.О., Сивцов В.Н., Лобков Р.В. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСАДОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ	86
Калентьев Д.В., Сивцов В.Н., Граблев А.А. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	91

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Шичков Л.П., Киселев А.В. ПРОГРАММНЫЙ РАСЧЁТ МОЩНОСТИ НА ЭЛЕКТРОПОДОГРЕВ УЛЬЯ ПРИ СОДЕРЖАНИИ ПЧЁЛ НА ПАСЕКЕ	96
Расторгуев В.М., Клычков А.Н. АНАЛИЗ РАБОТЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЗАЩИТЫ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	100
Плахтиев А.М., Дониеров О.Ч., Мурадов Х.И. ВЫСОКОНАДЕЖНЫЕ БЕСКОНТАКТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА	106

Плахтиев А.М., Мелибоев Я.А., Мурадов Х.И. ВЫСОКОНАДЕЖНЫЕ БЕСКОНТАКТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА	111
Бобер А.В., Манаенков А.М., Литвин В.И. ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК ОТВЕТ НА СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И РЕАЛИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	116
Овчинников А.А., Литвин В.И. АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	126
Артемьев А.С., Литвин В.И. НЕПОСРЕДСТВЕННЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН С КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ	131
Бобрышева В.В., Закабунин А.В. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	135
Корольков С.А., Липа О.А., Липа Д.А. МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРОПОННОЙ СИСТЕМЫ ОРОШЕНИЯ ХИЩНЫХ (ПЛОТОЯДНЫХ) РАСТЕНИЙ ПИТАТЕЛЬНЫМ РАСТВОРОМ С ПОДДЕРЖКОЙ МИКРОКЛИМАТА	142
Липа Д.А., Липа О.А., Кулешов С.В. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ 35-220 кВ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА	148
Чекмарева В.А., Липа О.А., Липа Д.А. ПРОБЛЕМЫ ДИММИРОВАНИЯ ПРОЖЕКТОРОВ И СВЕТИЛЬНИКОВ СО СВЕТОДИОДНЫМ ИСТОЧНИКОМ СВЕТА	155
Перехожих М.С., Зорькин В.В., Недождогина М.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ПОДОГРЕВА ВОДЫ НА МОЛОЧНО-ТОВАРНОЙ ФЕРМЕ	159
Буш Г.А., Ильин Д.О., Недождогина М.В. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ	164
Струков А.Н., Сидоров А.В., Панова Ю.В. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ДОЗИРОВАННОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ЭНЕРГИИ КАК СИСТЕМА ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦЫ	171
<i>РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</i>	
Тетдоев В.В., Заикина И.В., Хисматуллина Ю.Р. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ В ТЕХНОСФЕРЕ	179
Худайбердиев Р.Н., Махмутов М.М., Хисматуллина Ю.Р. РАЗВИТИЕ И ПОТЕНЦИАЛ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛИЙ	183
Хуснуллин М.М., Махмутов М.М., Хисматуллина Ю.Р. МАЛАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ	186
Остапенко А.В., Махмутов М.М., Хисматуллина Ю.Р. ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ	190

**ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ
ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА**

УДК 631.356

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
СЕПАРИРУЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ**

Байбобоев Н.Г., д.т.н., профессор, Наманганский инженерно-строительный институт, Республика Узбекистан, e-mail: ngbayboboev@gmail.com,

Акбаров Ш.Б., к.т.н., Наманганский инженерно-строительный институт, Республика Узбекистан,

Нишонов Х.Х., соискатель Наманганский инженерно-строительный институт, Республика Узбекистан

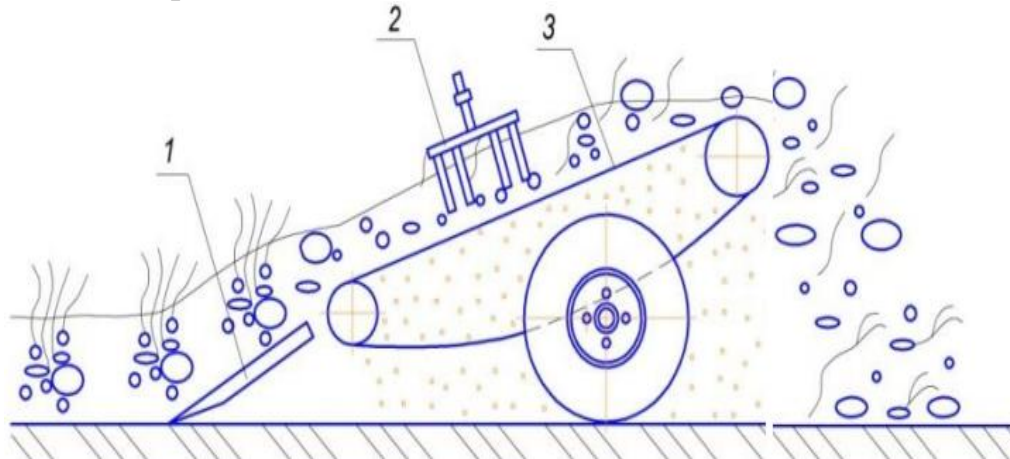
Приведены результаты исследования оптимальных значений параметров картофелеуборочной машины, оборудованной дисками с эластичными пальцами. Для обеспечения требуемого качества работы картофелеуборочной машины при скорости 1,2 м/с число оборотов диска должно составлять 80 min^{-1} , а угол установки пальца на диске – 30° . При этом степень просеивания почвы колеблется в пределах 90,0-95,5%, повреждение и потери клубней 2,9-3,1% и 1,2-3,1% соответственно.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картофелекопатель, почва, математическая модель, оптимизация параметров, элеватор, клубень картофеля, сепарация, конструкция.

В мире разработка ресурсосберегающих технологий и технических средств возделывания и уборки картофеля имеет важное значение. Если учесть, что в мировом масштабе картофель возделывается в 138 странах на 20-22 млн гектаров, с которой ежегодно собирают 320-335 млн тонн картофеля [1-3], тогда производство высококачественных и высокопроизводительных энергосберегающих картофелекопателей является одним из важных задач. При выполнении этих задач, в частности важным является техническое и технологическое совершенствование и обоснование основных параметров картофелеуборочных машин минимальным повреждением клубней картофеля [4-6].

Для совершенствования картофелеуборочных машин нами в конструктивно-технологической схеме картофелеуборочной машины было предложено применять сепарирующий элеватор с эластичным пальцевым диском для равномерного распределения массы, поступающей на элеватор по ширине, распределяя почвенно-клубневой смеси по ширине элеватора с образованием слоя однородной толщины по поверхности элеватора. Картофелеуборочная машина, оборудованная подобными

приспособлениями (рис. 1) состоит из лемеха 1, элеватора 3 и диска 2 с эластичными пальцами, установленных на нем. Диск с эластичным пальцем выполнен в виде плоских дисков, вращающихся вокруг своей оси, установленные перпендикулярно плоскости пруткового элеватора, а пальцы выполнены из пружины с резиновым покрытием для легкого закрепления его верхнюю часть на диске.



1 – лемех; 2 – диск с эластичным пальцем; 3 – элеватор

Рис. 1. Технологическая схема картофелеуборочной машины, оборудованной диском с эластичным пальцем

А палец, представляет собой пружину с резиновым покрытием, верхняя часть из резьбового стержня (рис. 2).



Рис. 2. Эластичный палец с пружинным стержнем

Для равномерного входа в слой пальцев, прикрепленные на диски изготовлены в виде усеченного конуса и установлены под известным некоторым углом (рис. 3).

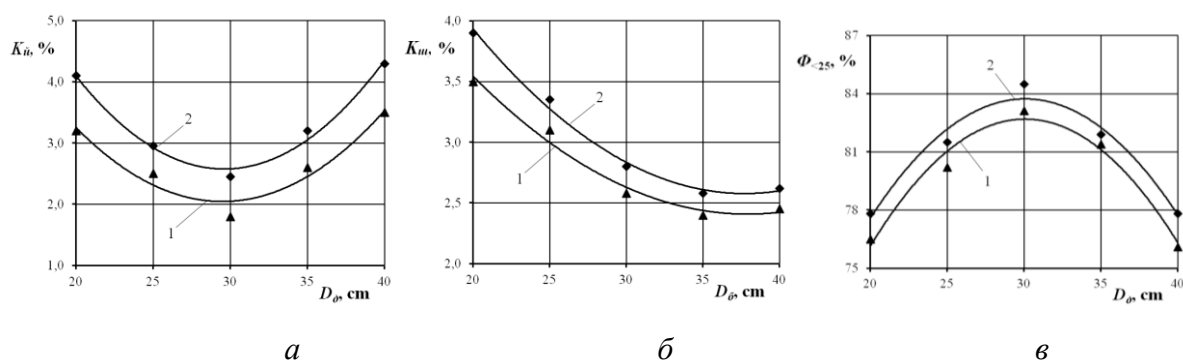


Рис. 3. Диск с эластичным пальцем

В данной работе приведены результаты одно- и многофакторных экспериментальных исследований, проведенных с целью проверки результатов теоретических исследований и обоснования оптимальных значений параметров машины для уборки картофеля, оборудованной диском с эластичным пальцем.

В однофакторных экспериментальных исследованиях применялся специально подготовленный лабораторный стенд [7] для изучения диаметра диска, длины его эластичного пальца картофелеуборочной машины, угла установки эластичного пальца на диске, числа оборотов диска, а также влияния скорости движения на потери повреждения картофеля, а также просеивания почвы. Их результаты приведены на рис.4-7. Как видно из графических зависимостей, приведенных на рис. 4, с увеличением диаметра диска с эластичным пальцем потери картофеля при обеих скоростях движения сначала уменьшались, а затем увеличивались. Наименьшие потери картофеля – менее 3% – на обеих скоростях движения наблюдались при диаметре диска с эластичным пальцем, равном 25-30 см.

Например, при диаметре диска с эластичным пальцем 25 см потери картофеля на обеих скоростях движения составили соответственно 2,60 и 2,95%, а при диаметре диска с эластичным пальцем 30 см этот показатель составил, соответственно, 1,80 и 2,45%.



1, 2- соответственно при скорости 0,8 и 1,2 м/с

Рис.4. График изменения потери (а), повреждения (б) картофеля и просеивания почвы (в) в зависимости от диаметра диска с эластичным пальцем

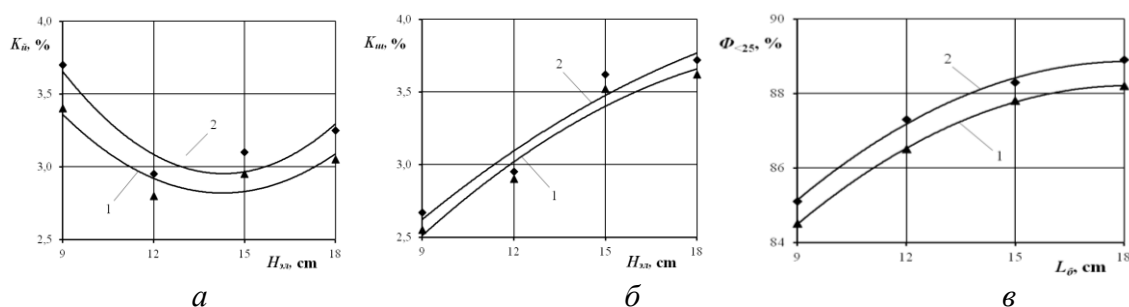
При увеличении диаметра диска с эластичным пальцем на обеих скоростях движения повреждение картофеля уменьшается, т.е. при увеличении диаметра диска с эластичным пальцем от 20 до 30 см на скоростях движения агрегата 0,8 и 1,2 м/с повреждение картофеля уменьшилось, соответственно, от 3,5 до 2,58% и от 3,9 до 2,8%. При увеличении диаметра диска с эластичным пальцем от 30 до 40 см на обеих скоростях движения повреждение картофеля частично уменьшилось.

При увеличении диаметра диска с эластичным пальцем от 20 до 30 см привело к увеличению в обрабатываемом слое количества фракций почвы размером меньше 25 мм, а при увеличении диаметра от 30 до 40 см привело к уменьшению вышеуказанного показателя, т.е. на обеих скоростях движения от 83,1 до 76,1% и от 84,5 до 77,8% соответственно.

Это можно объяснить тем, что по мере увеличения диаметра диска с эластичным пальцем поверхность взаимодействия его с почвой увеличивается.

Таким образом, согласно результатам проведенного исследования, для уменьшения повреждения и потери картофеля диаметр диска с эластичным пальцем картофелеуборочной машины должен составлять 30 см.

Как видно из приведенных данных (рис. 5), при увеличении длины эластичного пальца на обеих скоростях движения агрегата потери картофеля сначала уменьшались, а затем увеличивались. Например, при увеличении длины эластичного пальца от 9 до 12 см на обеих скоростях движения агрегата снизилась от 3,4 до 2,8% и от 3,7 до 2,95% соответственно, а при увеличении длины пальца от 12 до 18 см – от 2,8 до 3,05% и от 2,95 до 3,25% соответственно. Это можно объяснить тем, что с увеличением длины эластичного пальца поверхность взаимодействия его с картофелем и почвенной массой увеличивается.



1, 2- соответственно при скорости 0,8 на 1,2 м/с

Рис. 5. График изменения потери (а), повреждения (б) картофеля и просеивания почвы (в) в зависимости от длины эластичного пальца

С увеличением длины эластичного пальца повреждение картофеля увеличивалось медленнее, а затем быстрее, т.е. при скорости движения агрегата 0,8 и 1,2 м/с с увеличением длины эластичного пальца от 9 до 12

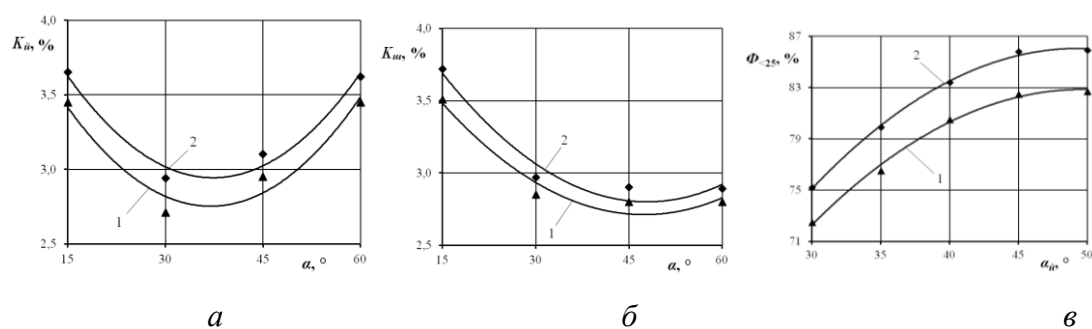
ст повреждение картофеля увеличивалось от 2,55 до 2,9% и с 2,67 до 2,95% соответственно, а при увеличении от 12 до 18 см этот показатель увеличился от 2,90 до 3,62% и от 2,95 до 3,72% соответственно. При меньшей длине эластичного пальца, из-за того, что картофель проходил через него, не касаясь, в результате менее повреждается.

Качество просеивания почвы увеличивалось с увеличением длины эластичного пальца.

Например, при увеличении длины эластичного пальца от 9 до 15 см качество просеивания почвы, т.е. количество фракций почвы размером менее 25 мм при скорости движения агрегата 0,8 и 1,2 м/с увеличивается от 84,5 до 87,8% и от 85,1 до 88,3% соответственно, а при увеличении длины от 15 до 18 см вышеуказанные показатели увеличились только от 87,8 до 88,2% и от 88,3 до 88,9% соответственно. Увеличение скорости движения агрегата на всех длинах оказало положительное влияние на этот показатель.

В заключение по результатам проведенных экспериментов можно отметить, что для обеспечения наименьшего повреждения и потери картофеля длина эластичного пальца должна быть не менее 12 см.

Как видно из данных, представленных на рис. 5, с увеличением угла установки эластичного пальца на диске на обеих скоростях движения агрегата потери картофеля сначала уменьшались, а затем увеличивались. Например, с увеличением угол установки эластичного пальца на диске от 15° до 30°, при скорости движения агрегата 0,8 и 1,2 м/с снизилась от 3,45 до 2,71% и от 3,65 до 2,94% соответственно, а при увеличении этого угла от 30° до 60° при обеих скоростях движения приведенные выше показатели составили от 2,71 до 3,45% и от 2,94 до 3,61% соответственно.



1, 2 - соответственно при скорости 0,8 на 1,2 м/с

Рис.6. График изменения потери (а), повреждения (б) картофеля и просеивания почвы (в) в зависимости от угла установки эластичного пальца на диск

С увеличением угла установки эластичного пальца на диске от 15° до 30° повреждение картофеля также уменьшилось, как и вышеуказанный показатель, а при увеличении от 30° до 60° оно оставалось практически неизменным, т.е. при увеличении угла установки эластичного пальца на

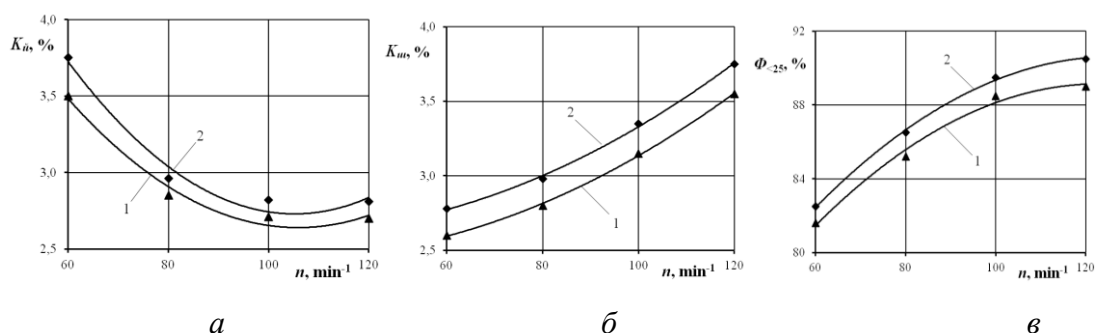
диске от 15° до 30° при скоростях движения агрегата 0,8 и 1,2 м/с. повреждение картофеля составляло от 3,51 до 2,85% и от 3,72 до 2,97% соответственно, а при увеличении от 30° до 60° при скорости движения агрегата 0,8 и 1,2 м/с снизилась, соответственно, от 2,85 до 2,81% и от 2,97 до 2,89%. Это можно объяснить тем, что с увеличением угла установки эластичного пальца на диске уменьшается их взаимодействие с почвой.

С увеличением угла установки эластичного пальца на диске качество просеивания почвы при обеих скоростях движения сначала улучшилось, а затем ухудшилось, т.е. количество фракций почвы размером менее 25 мм сначала увеличилось, а затем уменьшилось.

Например, с увеличением угла установки эластичного пальца на диске от 15° до 30° при скорости движения агрегата 0,8 м/с качество просеивания почвы увеличивалось от 84,1 до 88,5%, а при 1,2 м/с увеличивалось – от 85,2 до 89,2%, при увеличении от 30° до 60° на обеих скоростях движения агрегата этот показатель снизился от 88,5 до 85,1% и с 89,2 до 85,8% соответственно.

По полученным результатам проведенных экспериментов показатели работы картофелеуборочной машины соответствовали агротехническим требованиям. При уборке урожая с наименьшими повреждениями угол установки эластичного пальца на диске должен составлять не менее 30° .

Как видно из графических зависимостей, приведенных на рис. 7, при увеличении числа оборотов диска потери картофеля на обеих скоростях движения сначала были интенсивными, а затем оставались без изменения, т.е. при увеличении числа оборотов с 60 min^{-1} до 100 min^{-1} при скорости движения агрегата 0,8 м/с увеличивался от 3,51 до 2,71%, при скорости движения 1,2 м/с от 3,8 до 2,82%, а затем при увеличении от 100 min^{-1} до 120 min^{-1} на обеих скоростях движения агрегата этот показатель оставался без изменения.



1, 2 - соответственно при скорости 0,8 и 1,2 м/с

Рис. 7. График изменения потери (а), повреждения (б) картофеля и просеивания почвы (в) в зависимости от числа оборота диска

С увеличением числа оборотов диска повреждение картофеля на обеих скоростях движения сначала увеличивалось медленно, а затем более

интенсивно, т.е. с увеличением количества оборотов диска от 60 min^{-1} до 80 min^{-1} при скорости движения агрегата $0,8 \text{ m/s}$, повреждение картофеля увеличилось от 2,6 до 2,8%, а при скорости $1,2 \text{ m/s}$ – от 2,78 до 2,98%, с увеличением от 80 min^{-1} до 120 min^{-1} повреждение картофеля при скорости движения агрегата $0,8 \text{ m/s}$ увеличилось от 2,8 до 3,55%, а при скорости $1,2 \text{ m/s}$ – от 2,98 до 3,75%.

Увеличение числа оборотов диска от 60 min^{-1} до 100 min^{-1} привело к увеличению количества фракций почвы в обрабатываемом слое размером менее 25 мм, т.е. качество просеивания почвы улучшилось, а при увеличении от 100 min^{-1} до 120 min^{-1} этот показатель не изменялся.

При изменении числа оборотов диска в диапазоне от 60 min^{-1} до 100 min^{-1} степень просеивания почвы повышалась стремительными темпами, т.е. при скорости агрегата $0,8 \text{ m/s}$ составила от 81,6 до 88,5%, при $1,2 \text{ m/s}$ – от 82,5 до 89,6%, а в диапазоне от 100 min^{-1} до 120 min^{-1} этот показатель почти не изменялся.

Следовательно, согласно результатам исследования, для обеспечения высокой производительности картофелеуборочной машины в соответствии с агротехническими требованиями при минимальных затратах количество оборотов диска должно составлять 80 min^{-1} .

Для определения оптимальных значений параметров картофелеуборочной машины, оборудованной дисками с эластичным пальцем, изученных в теоретических и однофакторных экспериментах, проведены многофакторные эксперименты по плану Хартли-3.

При этом в качестве факторов были выбраны количество оборотов диска, угол установки пальца, скорость картофелеуборочной машины, влияющих на показатели его работы [8-12].

При проведении многофакторных экспериментов в качестве критериев оценки были приняты степень просеивания почвы (Y_1 , %), повреждение (Y_2 , %) и потери (Y_3 , %) клубней.

Данные экспериментов обрабатывались по программе «STATISTIKAV6». При оценке однородности дисперсии, использовался критерия Кохрена, при оценке значения коэффициентов регрессии – критерия Стьюдента и при оценке адекватности регрессионных моделей – критерия Фишера [13].

Результаты экспериментов были обработаны методом математического планирования и получены следующие уравнения регрессии, адекватно описывающие критерии оценки:

– по степени просеивания почвы:

$$Y_1 = 90,787 + 0,25 \cdot X_1 + 0,243 \cdot X_2 - 0,351 \cdot X_3 - 1,468 \cdot X_1^2 + 1,664 \cdot X_2^2 + 0,997 \cdot X_3^2 - 0,579 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,839 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,18 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (1)$$

– по степени повреждения клубней:

$$Y_2 = 3,008 - 0,109 \cdot X_1 + 0,006 \cdot X_2 + 0,065 \cdot X_3 - 0,117 \cdot X_1^2 + 0,063 \cdot X_2^2 + 0,116 \cdot X_3^2 - 0,059 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,015 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (2)$$

– по степени потери клубней:

$$Y_3 = 4,933 - 0,067 \cdot X_1 + 0,005 \cdot X_2 + 0,005 \cdot X_3 - 0,046 \cdot X_1^2 + 0,037 \cdot X_2^2 + 0,068 \cdot X_3^2 - 0,075 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,058 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,03 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (3)$$

Таким образом, решения уравнений регрессии (1), (2) и (3) показали, что для обеспечения требуемого качества работы картофелеуборочной машины при скорости 1,2 m/s число оборотов диска должно составлять 80 min⁻¹, а угол установки пальца на диске – 30°. При этом степень просеивания почвы колеблется в пределах 90,0-95,5%, повреждение и потери клубней 2,9-3,1% и 1,2-3,1% соответственно.

Литература:

1. Рембалович Г.К. и др. Повышение эксплуатационно-технологических показателей транспортной и специальной техники на уборке картофеля // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. №. 88. С. 509-518.

2. Сивцов А.В., Домников Г.С., Рамазанова Г.Г. Проектирование интенсивной технологии возделывания и уборки картофеля // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Балашиха, 24 ноября 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 31-36.

3. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Костин С.В. Анализ современных технологий возделывания картофеля // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. – Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. – С. 10-14.

4. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Гаджиев И.П. Агрегат для уменьшения потерь урожая картофеля и снижения эрозии почвы // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве: Материалы национальной научно-практической конференции, посвященные памяти д.т.н., профессора Бычкова Валерия Васильевича, 28 февраля 2023 года – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. С. 12-19.

5. Гаджиев П.И., Шемякин А.В., Успенский И.А. [и др.] Исследование влияния лопастного интенсификатора на полноту сепарации // Техника и оборудование для села. 2023. №1(307). С. 27-29.

6. Гаджиев П.И., Башкиров А.П., Рамазанова Г.Г. [и др.] Результаты полевых испытаний картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 оснащенного интенсификатором // Наука в центральной России. 2022. № 3(57). С.41-47.

7. Рембалович Г.К. и др. Взаимосвязь характеристик повреждаемости клубней с параметрами технического состояния сельскохозяйственной техники в процессе производства картофеля // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2011. №. 74. С. 197-207.

8. Bayboboev N.G., Muxamedov J.M., Goyipov U.G., Akbarov Sh.B. Design of small potato diggers. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 1010(1), 012080

9. Bayboboev N.G., Goyipov U.G., Hamzayev A.X., Akbarov Sh.B., Tursunov A.A. 2021 Substantiation and calculation of gaps of the separating working bodies of machines for cleaning the tubers, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP

Publishing. 659

10. Bayboboev N.G., Goyipov U.G. et al. Calculation of the chain drum with elastic fingers of potato harvesting machines // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. Т. 845. №. 1. С. 012133.

11. Припоров И.Е., Гаврилов Е.В. 2021 Анализ малогабаритных транспортных средств для сельского хозяйства // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, (3), 115-119.

12. Ulyanov M.V., Skripkin D.V., Kharlashin A.V., Ayugin N.P., Khalimov R.Sh. Improving the design of a root crop harvester in order to increase the sustainability of agriculture. 2022. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

13. Аугамбаев М., Иванов А.З., Терехов Ю.И. Основы планирования научно-исследовательского эксперимента. Тошкент: Ўқитувчи, 1993. 336 б.

УДК:631.171:631.153

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ В АПК И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Сулейманова Н.М., Сумгаитский Государственный Университет,
Республика Азербайджан e-mail: nabatsuleymanova@gmail.com

Эффективное использование земельных, энергетических, материальных, временных, водных и финансовых ресурсов в сельском хозяйстве считается одним из основных условий повышения производительности. Смоделирован алгоритм факторов, влияющих на повышение урожайности растений. Установлено, что на повышения урожайности растений решающее влияние оказывают улучшение агрохимических свойств почвы, подбор высокоурожайных сортов, применение инновационных технологии и техники, системы капельного орошения, ресурсосберегающих технологий, своевременное и качественное выполнения агротехнических операций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эффективность, ресурсы, структурная модель, сберегающие технологии, инновационные техники, повышения урожайности.

Постановка проблемы. Повышение показателей эффективности использования ресурсов в сельскохозяйственной отрасли обуславливает эффективное использование финансовых ресурсов фермерских хозяйств. Для эффективного использования финансовых ресурсов в первую очередь следует улучшить показатели землепользования, качество сортов растений, расширить возможность применения инновационных технологий и техники и довести их до уровня соответствующих стандартов.

Цель статьи состоит в том, чтобы определить факторы, влияющие на эффективное использование ресурсов в аграрном секторе, и разработать модель повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Методика. Ресурсы, связанные с сельскохозяйственным производством, можно свести к четырем ресурсам, таким как использование земли, материалов, техники и времени. Эффективное

использование ресурсов в сельскохозяйственной сфере обеспечивает улучшение следующих технико-технологических и экономических показателей [1]:

1. Увеличение производительности
2. Снижение себестоимости продукции
3. Расширение производства
4. Увеличение чистого дохода и повышение рентабельности хозяйства
5. Возможность внутренних инвестиций.

На основании изложенных соображений структурную модель эффективного использования ресурсов в сельскохозяйственной сфере можно описать так, как показано на рис. 1.

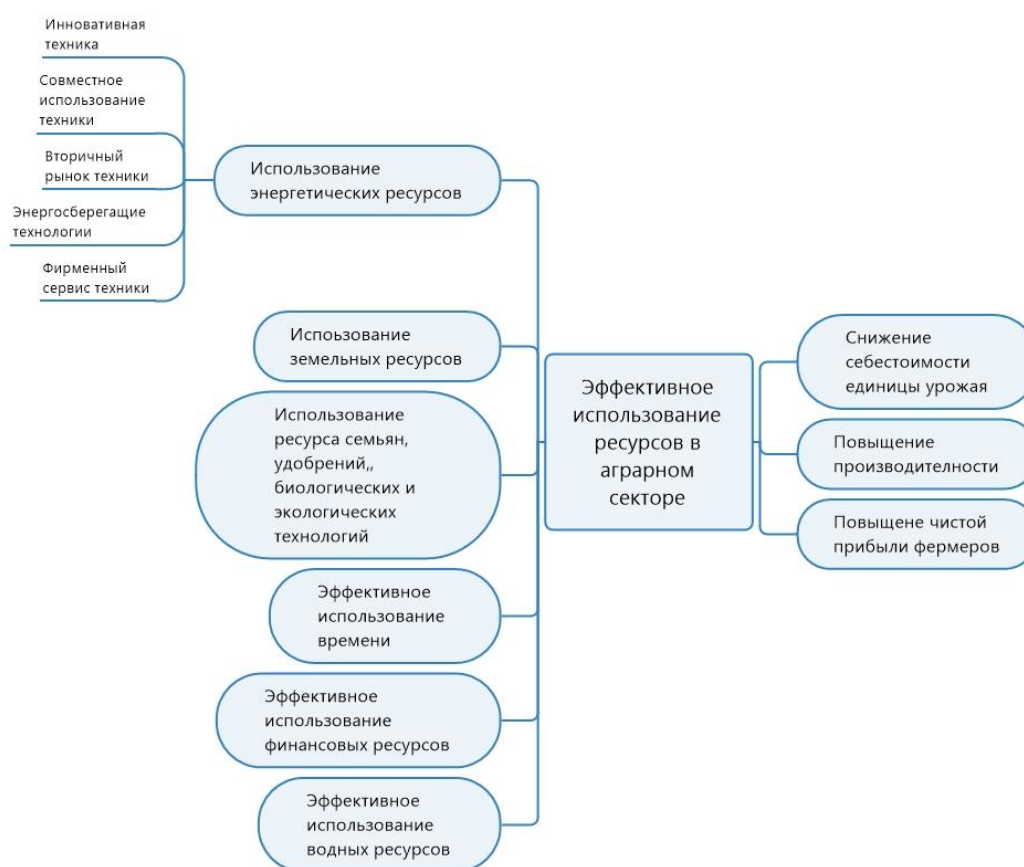


Рис.1. Структурная модель эффективного использования земельных, материальных, технических и временных ресурсов в аграрном секторе

Уровень эффективности использования сельскохозяйственной техники можно напрямую повысить за счет таких резервов, как создание вторичного рынка техники, организация частного сервиса и расширение его сети [2,3].

Ресурс времени, то есть резерв в использовании времени при выполнении агротехнических операций, обуславливает оптимизацию

коэффициента использования времени, увеличение полезного, производительного времени, за счет минимизации непроизводительного времени, расширение возможности применения инновационных технологий [4-6].

Основой интенсивного развития сельского хозяйства и применения ресурсосберегающих технологий является повышение урожайности растений с гектара. Эти вопросы были решены путем применения теорий вероятности и статистики [7, 8].

Результаты исследования и обсуждение. При рассмотрении вопроса повышения производительности растений в первую очередь следует выбор, и формулирование алгоритмы факторов:

1. При определении полей для посева растений получение агрохимических данных о почве и оценка пригодности почвы на основе агротехники высаживаемого растения.

2. Выявление адаптированных к местным условиям высокоурожайных сортов растений и организация производства семян в условиях республики.

3. В зависимости от вида растений, с учетом потребности в воде, проведение лечебно-профилактических мероприятий по обеспечению территорий поливной водой и мониторинг возможностей применения современных систем и техники орошения.

4. Планирование внесения минеральных удобрений с целью улучшения агрохимического состава почвы, обогащения ее органическими и минеральными веществами.

5. Для достижения высокой урожайности строгое соблюдение установленных агротехнических сроков агротехнических операций и контроль качества операций.

6. Добиться желаемых ожиданий от полей, повысить урожайность, улучшить ее агрохимические свойства, рационально использовать технику, строго применять систему севооборота.

7. Расширение возможностей применения инновационных технологий и соответствующей техники.

В связи с этим, можно констатировать, что применение севооборотов естественным образом обогащает агрохимический состав почвы.

С другой стороны, в зависимости от субъекта собственности владельцы сельхозтехники могут создавать на добровольной основе частные Агро сервисные кооперативы для обеспечения эффективного использования техники в течение всего года и своевременной уплаты арендных платежей. Помимо этого, агротехнические операции по возделыванию растений должны проводиться в строго оптимальные сроки.

Таким образом, снижение урожайности растений обусловлено биологическими потерями в течение ее вегетационного периода. Биологические потери оцениваются как разница между прогнозируемой и

фактической урожайности растения. В зависимости от почвенно-климатических условий 10-дневная задержка оптимального срока посева озимой пшеницы приводит к снижению урожайности на 9,8%, а 10-дневная задержка уборки - 6,8%. Биологические и физические потери зерновых культур через 4-5 дней созревания составляют 2-3%, через 10 дней 10-15%, через 15 дней 20-30% [9]. При посеве семян хлопчатника на 10 дней раньше агротехнического срока урожайность снижается на 20-25%, а при посеве на 10 дней позже - на 13-15% [10].

Как видно, преждевременное и позднее проведение агротехнических операций по отношении оптимальных сроков приводит к потере $\frac{1}{4}$ прогнозируемого урожая. Следует учитывать, что при посеве растений раньше агротехнического срока семена плохо перезимовывают, и повышается вероятность повреждения болезнями и вредителями.

Все это свидетельствует о том, что проведение агротехнических операций в оптимальные агротехнические сроки приводит к необратимым биологическим и физическим потерям. Потери, понесенные после сбора урожая, называются физическими потерями. Кроме того, из-за неправильного регулирования техники при уборке, низкого уровня технической готовности и профессионализма оператора, плохой подготовки поля к уборке, из-за нарушения герметичности кузова автомобиля при транспортировке, при разгрузке бункера комбайна в поле, при выгрузке груза из транспортного средства на склад чаще встречаются потери. Однако можно минимизировать указанные потери, устранив ошибки и решив проблему.

Пути повышения урожайности растений с поля в обобщенном виде даны на рис. 2.

В настоящее время одной из основных задач в сельском хозяйстве является увеличение продукции растениеводства за счет повышения урожайности [11,12]. Требуется применение севооборота, правильный подход к выращиванию растений, агротехники и техники. Повысить урожайность до 6,2 ц/га можно, своевременно и качественно выполняя агротехнические операции. По литературным источникам. Известно, что основное место занимают подбор семян и точный посев (19%), внедрение севооборотов (16%), капельное орошение (16%), внесение минеральных удобрений (24%), среди факторов, влияющих на производительность [13,14].



Рис. 2. Пути повышения урожайности в растениеводстве

Как видно из рисунка, основными факторами, существенно влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур, выделяются агрохимическое свойство почвы, сорт культуры, инновационные применяемые технологии и техники, своевременность и качественность агротехнических мероприятий.

Выводы. Для оценки степени влияния смоделирован алгоритм факторов, влияющих на повышение урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур. Установлено, что улучшение агрохимических свойств почвы, подбор высокоурожайных сортов, применение инновационных и ресурсосберегающих технологий и техники, системы капельного орошения, своевременное и качественное выполнение агротехнических мероприятия оказывает решающее влияние на повышения урожайности растений

Литература:

1. Исмаилов И.И. Частные агросервисы и оценка агротехнических услуг по часу работы техники. Монография, Баку, ЭЛМ, 2022. 268 с.
2. Успенский И.А., Юхин И.А., Гаджиев П.И. [и др.] Эффективность комбайновой уборки картофеля с применением интенсификатора сепарирующего элеватора // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. Рязань, РГАТУ. 2022. Т.14. № 4. С.177-184.

3. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Костин С.В. Анализ современных технологий возделывания картофеля // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. – Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. – С. 10-14.
4. Зимин В.К. Эффективность использования машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных организациях (на примере Московской области) / Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук, М.: РГАЗУ, 2007. – с.84-99.
5. Сивцов А.В., Домников Г.С., Рамазанова Г.Г. Проектирование интенсивной технологии возделывания и уборки картофеля // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Балашиха, 24 ноября 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 31-36.
6. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Гаджиев И.П. Программа экспериментальных исследований сепарирующего элеватора на переувлажненных почвах // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 11-16.
7. Зимин В.К., Сметнев А.С. Современные тенденции в техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Вестник РГАЗУ. 2015. №19(24), с.69-73.
8. Сивцов В.Н. Восстановление ресурсных деталей машин // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2016. № 22(27). С. 21-25.
9. Коренев Г.В., Тарасенко А.П. Прогрессивные способы уборки и борьба с потерями урожая, М.: Колос, 1983, 175 с.
10. Киртбая Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка, М.: Колос, 1982, 319 с.
11. Ажиметова Г.Н. Мировой опыт и обзор развития хлопководства в Казахстане // Современные проблемы науки и образования. 2011. №1. [Электронный ресурс]: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4578>
12. Basso, V., Cammarano, D., Carfagna, E. Review of Crop Yield Forecasting Methods and Early Warning Systems. In Proceedings of the First Meeting of the Scientific Advisory Committee of the Global Strategy to Improve Agricultural and Rural Statistics, Rome, FAO Headquarters, 2013, pp. 15-31. [Электронный ресурс]: <https://www.scirp.org/%28S%28lz5mqp453edsnp55>
13. Исмаилов И.И. Оптимизация производительной работы техники // Вестник Львовского Государственного Аграрного Университета, Агроинженерные достижения, 2005, № 9, с. 496-505.
14. Рамазанова Г.Г., Кулаков К.В., Корешкова Т.В. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 16-20.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УПАКОВКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Кузьмин А.М., к.т.н., доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», тел.: 8(927)-176-59-60, e-mail: kuzmin.a.m@yandex.ru,

Шемятин А.М., аспирант ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева»,

Грызунов Е.А., студент ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева»

Работа посвящена рассмотрению основных направлений развития отрасли биоразлагаемых полимерных материалов для упаковки сельскохозяйственной и пищевой продукции. Показана актуальность исследований, ориентированных на разработку процессов производства биополимеров. Приведены примеры основных производителей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: упаковочные пленки, термопласты, полиэфиры, сополимеры, биополимеры, крахмал, биоразлагаемая упаковка, активная упаковка

Упаковочные материалы выполняют, главным образом, две функции: защиту товаров от влияния таких вредных факторов как газы, жиры, излучения, температуры и др. и предотвращение улетучивания компонентов упаковываемого продукта [1-3]. Высокая эффективность применения полимерных пленочных материалов в отрасли упаковки предопределили постоянно растущий спрос на них и высокие темпы развития их производства.

Однако, то количество упаковочной продукции, которое уже было произведено в течение нескольких десятилетий, заставляет задуматься о том, как ее утилизировать, ведь большинство видов использованной полимерной упаковки не подвергается биологическим процессам разрушения и гниения и может десятки лет находиться в почве и загрязнять окружающую среду [1]. Так, в нашей стране ежегодно образуются около 160 млн м³ твердых бытовых отходов (ТБО), половину которых составляет пищевая упаковка. Это пластик, бумага, картон, стекло, композиционные материалы. Из них только 3% идут на переработку, а остальные сжигаются или вывозятся на полигоны. Однако сжигание является дорогостоящим процессом и к тому же при этом образуются высокотоксичные вещества, отрицательно влияющие на состояние окружающей среды. Совершенно очевидно, что проблемы, связанные с переработкой ТБО, целесообразней решать не в конце жизненного цикла упаковки, а в начале ее производства.

Исходя из этого, одним из актуальных направлений развития промышленности полимерных материалов становится производство

экологически чистой биоразлагаемой упаковки.

Целью данной работы является обзор существующих решений в области производства биоразлагаемых упаковочных материалов и рассмотрение перспектив развития данного направления.

Ранее усилия исследователей были направлены на создание полимерных материалов, стойких к воздействию факторов окружающей среды. В настоящее время стоит задача получения полимеров, способных сохранять эксплуатационные характеристики только в течение периода потребления, а затем легко разрушаться в естественных условиях под воздействием таких природных факторов, как свет, температура, влага, а также при участии живых микроорганизмов.

Способность полимеров к такому разложению зависит от ряда их структурных характеристик: химической природы, молекулярной массы, разветвленности макроцепей, особенностей надмолекулярной структуры. Так, например, присутствие заместителей в полимерной цепи часто способствует повышению способности к биодеструкции. Она зависит также от степени замещения полимерной цепи, длины ее участков между функциональными группами и гибкости макромолекул [4]. Одним из важных факторов, влияющих на биоразложение полимеров, является величина молекул. Олигомеры и мономеры обладают меньшей молекулярной массой по сравнению с полимерами и могут быть поражены микроорганизмами. Поэтому биодеструкцию большинства технических полимеров, как правило, инициируют процессами небиологического характера, которые приводят к снижению молекулярной массы. Не менее значимым фактором, оказывающим влияние на биодеградацию, является надмолекулярная структура синтетических полимеров. Компактное расположение структурных фрагментов полукристаллических и кристаллических полимеров ограничивает их набухание в воде и препятствует проникновению ферментов в полимерную матрицу. Это затрудняет их воздействие не только на главную углеродную цепь полимера, но и на биоразрушаемые части цепи [5].

Разработка биоразлагаемых полимеров ведется по трем основным направлениям [1]:

- 1) производство полиэфиров на основе гидроксикарбоновых кислот;
- 2) придание биоразлагаемости промышленным термопластам;
- 3) производство пластмасс на основе воспроизводимых природных компонентов.

В настоящее время в общей сложности в мире создано порядка ста видов различных биоразлагаемых полимеров. С каждым годом изделия из них становятся все более популярными и востребованными. Особое внимание в проводимых исследованиях, на наш взгляд, уделяется проблеме придания способности к биоразложению хорошо освоенным многотоннажным промышленным полимерам: полиэтилену, полипропилену,

ну, поливинилхлориду, полистиролу и полиэтилентерефталату [6].

В табл. 1 представлены синтетические полимеры и добавки (биополимеры), позволяющие придать полимерам свойства биоразлагаемости при сохранении высоких физико-механических характеристик [7].

Значительное место в производстве упаковочных материалов отводится композитам на основе сополимеров этилена и винилацетата различного состава. В качестве биоразлагаемого компонента в эти сополимеры вводится крахмал, являющийся воспроизводимым полимером [8,9]. Он хорошо разлагается под действием воды и микроорганизмов, не загрязняя при этом почвы. Достаточно широко применяются также композиционные материалы на основе полиэтилена, модифицированного крахмалом.

Таблица 1

Перечень синтетических и природных полимеров

Неразлагаемые полиолефины	Биоразлагаемые природные полимеры
1. Полиэтилен низкой плотности	1. Крахмал кукурузный
2. Полиэтилен высокой плотности	высокоамилозный
3. Полипропилен	2. Крахмал кукурузный низкоамилозный
4. Блоксополимеры	3. Крахмал пшеничный
5. Статистические полимеры	4. Крахмал ячменный
6. Смеси полиэтилена и полипропилена	5. Крахмал картофельный
7. Соплимеры этилена с винилацетатом (СЭВА) различного состава (6...28 % винилацетата)	6. Крахмал банановый
	7. Крахмал модифицированный
	8. Целлюлоза нативная
	9. Целлюлоза модифицированная
	10. Соевая мука с содержанием белка 30...40 %
	11. Соевый изолят с содержанием белка до 70 %
	12. Соевый концентрат с содержанием белка до 90 %
	13. Пивная дробина
	14. Полигидроксibuтират (ПГВ)

Среди коммерческих продуктов, изготовленных на основе композиций «полиэтилен-крахмал» следует назвать разработанный фирмой *Archer Daniels Midland* (США) концентрат *Polyclean™* для производства биоразлагаемых пленок [4]. В Италии компания *Novamont S.p.a* располагает заводом продуктов на основе крахмала мощностью около 60 тыс тонн в год [10]. В Германии в данном направлении работают фирмы *Biotec* (20 тыс. тонн в год) и *BIOP Biopolymer Technologies* (3,5 тыс. тонн в год) [8, 9].

Для создания биоразлагаемых упаковочных пленок используют также неочищенный крахмал, смешанный с поливиниловым спиртом и тальком для снижения себестоимости [11-13]. Биоразложение

композиционного материала, полученного по такой технологии, начинается с поверхности пленки, обогащенной крахмалом.

Также известна композиция полистирола с крахмалом или целлюлозой, которая используется для выпуска пищевой упаковки и сельскохозяйственной пленки. Такой материал разлагается почти наполовину за 50 дней и практически полностью – через 80 дней [14].

Приоритетным направлением получения биоразлагаемых синтетических пластиков в настоящее время является синтез соответствующих полиэфиров и полиэфирамидов. Особенно активно в этом плане работают два химических гиганта *BASF* и *BAYER AG* [6]. По данным фирмы *BASF* потенциальный рынок Западной Европы на биоразлагаемые материалы из полиэфирамидов, сополиэфиров и их смесей с крахмалом составляет 200 тыс. т/год.

Перспективной является биоразлагаемая упаковка, полученная целиком из кукурузы [6]. Как известно, основную часть ее зерна составляет целлюлоза, образующаяся за счет фотосинтеза. Из кукурузы изготавливают разнообразную упаковку, например, бутылки, пленку, которую используют не только как пищевую упаковку, но применяют и в других областях. Пленку можно производить и непосредственно из кукурузного крахмала. Подобные упаковочные материалы быстро и полностью разлагаются в природных условиях и даже при сжигании не выделяют вредных веществ.

В Великобритании (фирма *ICI*) производит упаковочные материалы полностью природного происхождения, например, биodeградируемый полимер *Biopol* [1]. Он представляет собой биосинтетический сополимер - полигидроксibuтират или полигидроксивалерат. Сополимер получают из биомассы бактерий определенного штамма, который культивируют на углеводных питательных средах. Полимер полностью отвечает требованиям, предъявляемым к упаковкам одно- или двухразового применения; легко разлагается под воздействием биологических факторов в течение 6- 36 недель. Другим примером биоразлагаемого полимера на основе гидроксикарбоновой кислоты может служить *Novon* фирмы *Wamer-Lambert & Co* (США). Этот материал в присутствии влаги способен разлагаться как на воздухе, так и в анаэробных условиях [1].

При изготовлении биоразлагаемых упаковочных материалов используют также полилактид – прозрачный бесцветный термопластичный полимер. Он устойчив к действию ультрафиолета, плохо воспламеняется и горит с малым выделением дыма. Полилактид способен к переработке всеми методами, применяемыми для переработки термопластов [15]. В 2002 году в городе Блэр (США) фирмой *Nature Work* был запущен завод мощностью 140 тыс. тонн в год по производству полилактида из глюкозы кукурузного крахмала. Сегодня это крупнейший производитель данного биополимера в мире, его мощности достигли 280 тыс. тонн в год. В то же

время использование данного биополимера сдерживается пока его ценой. Существуют прогнозы, что к 2025 году новые технологии сделают его конкурентоспособным с полиэтиленом и полипропиленом [1].

Заслуживает внимания и упаковка из молока – новый вид так называемой «съедобной» пищевой упаковки. На основе молочного белка – казеина получают водонепроницаемую пленку. Такие тонкие пленки можно наносить непосредственно на пищевой продукт – они хорошо выполняют свои барьерные функции, т.е. защищают продукт от механических, атмосферных и других неблагоприятных условий. Такие упаковки получили название «активных» упаковок, так как они являются непосредственной частью пищевого продукта. Это новое и рациональное направление в пищевой промышленности. При изготовлении их на основе полисахаридов или целлюлозы они в организме человека могут играть роль натуральных энтеросорбентов, выводя из организма тяжелые и токсичные металлы, радионуклиды и другие контаминанты [7].

Следует отметить, что в России отрасль производства и продажи биоразлагаемой упаковки находится в начальной стадии. В Петербурге наиболее активную деятельность по выведению на рынок биоразлагаемой упаковки развернула компания «ЕвроБалт». В месяц она выпускает около 150 тонн продукции, приблизительно 20% которой – биоразлагаемая пленка [13]. Для производства такой пленки «ЕвроБалт» закупает в Великобритании добавку *d2w*, то есть идет по пути производства оксоразлагаемых полимеров (полиэтилен с добавками солей переходных металлов: кобальта, никеля, железа). Эта добавка наделяет продукцию способностью разлагаться на безопасные для природы компоненты за полтора года [4,14].

Исследованиями в области биоразлагаемых полимерных материалов активно занимаются на кафедре «Технологии переработки пластмасс и полимерных композитов» МИТХТ им. М.В. Ломоносова совместно с лабораториями ИБХ РАН, в Московском университете прикладной биотехнологии и ряде других высших учебных заведениях России [12-15]. Создаются новые направления и проводятся исследования по разработке широкого ассортимента материалов на основе различных видов крахмалов, лигнинов, белков, целлюлозы и полигидроксibuтирата [7].

Стратегическим документом, определяющим политику Российской Федерации в биотехнологическом секторе экономики, является Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная Председателем Правительства Российской Федерации В.В. Путиным 24 апреля 2012 г. № 1853п-П8. Целью данного плана развития является создание внутреннего спроса и экспорта биотехнологической продукции и создание производственно-технологической базы для формирования новых подотраслей промышленности, способных в долгосрочной перспективе заменить

существенную часть продуктов, производимых методом химического синтеза [15].

Таким образом, исходя из выше изложенного, можно заключить, что в мире происходит постепенное вытеснение пленок из традиционных синтетических термопластов (полиэтилен, полипропилен и др.), используемых для упаковки сельскохозяйственной и пищевой продукции, пленками из биоразлагаемых композиционных материалов. Определенные шаги в этом направлении предпринимаются и в Российской Федерации. Можно уверенно предположить, что в ближайшем будущем исследования, проводимые в области синтеза новых полимеров, компонентов и добавок, обеспечивающих удешевление производства биоразлагаемых полимерных упаковочных материалов, позволят полностью вытеснить из упаковочной отрасли традиционные полимерные материалы, стойкие к деградации в естественных условиях.

Литература:

1. Кузьмин А.М., Водяков В.Н., Котина Е.А. Модификация термопластичных композитов с растительным наполнителем минеральными тонкодисперсными частицами // Вестник технологического университета. 2017. Т.20. №2. С. 74-77.
2. Кузьмин А.М., Водяков В.Н., Радайкина Е.А., Шабарин А.А. Получение и исследование термопластичных композитов с растительным наполнителем // Вестник технологического университета. 2020. Т.23. №7. С. 40-43.
3. Кузьмин А.М., Водяков В.Н., Кузнецов В.В. Получение термопластичных композиционных материалов на основе растительных отходов АПК компаундированием компонентов на двухшнековом лабораторном экструдере Rheomex RTW 16 // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. 2014. С. 20-28.
4. Шабарин А.А., Шабарин А.А., Водяков В.Н., Кузьмин А.М. Биоразлагаемые композиционные материалы на основе полиолефинов и пивной мдобины // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 17. С. 67-70.
5. Шабарин А.А., Кузьмин А.М., Шабарин И.А., Бутяйкин В.В. Полимерные композиты на основе полиолефинов и тонко измельченной ячменной соломы // Экология и промышленность России. 2022. Т. 26. № 7. С. 4-9.
6. Шабарин А.А., Кузьмин А.М., Водяков В.Н., Шабарин И.А. Получение биоразлагаемых композиционных материалов на основе полиолефинов и лузги семян подсолнечника // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2021. Т. 64. № 4. С. 73-78.
7. Масталыгина Е.Е., Тюбаева П.М., Киселёв Н.В., Попов А.А. Фазовая структура и деформационно-прочностные свойства смесей полимолочной кислоты с гибкоцепными полиэфирами // Пластические массы. 2022. № 7-8. С. 27-29.
8. Попов А.А., Зыкова А.К., Масталыгина Е.Е. Биоразлагаемые композиционные материалы (обзор) // Химическая физика. 2020. Т. 39. № 6. С. 71-80.
9. Пантюхов П.В., Зыкова А.К., Масталыгина Е.Е., Ананьев В.В., Попов А.А. Термоокислительная деструкция биоразлагаемых полимерных материалов // Плехановский научный бюллетень. 2018. № 1 (13). С. 71-75.
10. Ольхов А.А., Пантюхов П.В., Масталыгина Е.Е., Бурмистров И.Н., Воронцов Н.В., Зыкова А.К., Подзорова М.В., Тертышная А.А., Попов А.А. Смесей вторичных синтетических и природных полимеров для создания экологически безопасных изделий

дорожной инфраструктуры // Плехановский научный бюллетень. 2020. № 2 (18). С. 60-71.

11. Мясенко Д.М. Биоразлагаемые полимерные материалы для упаковки молочной и пищевой продукции // Молочная промышленность. 2020. № 11. С. 44-47.

12. Подзорова М.В., Тертышная Ю.В., Попов А.А. Воздействие факторов окружающей среды на биоразлагаемые материалы на основе полилактида // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 8. С. 9-13.

13. Нгуен Ч.Н., Пыхтин А.А., Симонов-Емельянов И.Д. Формирование структуры и свойства высоконаполненных полимерных композиционных материалов с деформирующимся дисперсным наполнителем // Пластические массы. 2023. № 1-2. С. 3-6.

14. Шаповалов В.М., Овчинников К.В., Мельников С.Ф., Шаповалов А.В., Напреев Р.С. Влияние отходов листового древесно-полимерного композита на физико-механические свойства композиционных материалов на основе термопластов // Горная механика и машиностроение. 2021. № 4. С. 82-91.

15. Алехина Р.А., Славкина В.Э., Лопатина Ю.А. Возможности применения биоразлагаемых полимерных материалов в аграрном секторе // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67. № 2 (39). С. 115-120.

16. Зимин В.К., Сметнев А.С. Современные тенденции в техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Вестник РГАЗУ. 2015. №19(24), с.69-73.

17. Сивцов В.Н. Восстановление ресурсных деталей машин // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2016. № 22(27). С. 21-25.

УДК 66.028.2

ТАРИРОВКА ЛАБОРАТОРНЫХ ДОЗАТОРОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Кузьмин А.М., к.т.н., доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», тел. 8 (927) 176-59-60, e-mail: kuzmin.a.m@yandex.ru,

Nadir Ayrimis, Istanbul University-Cerrahpasa,

Сивцов В.Н., к.т.н., доцент кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел. 8 (495) 521-52-22, e-mail: sivcovv@mail.ru

Данная работа посвящена настройке объемных шнековых дозаторов для гранулята термопластов и волокнистых наполнителей. Установлена производительность одно- и двухшнековых дозаторов от относительной скорости вращения шнеков при дозировании древесной муки, мелкодисперсной ячменной соломы, гранулятов полиэтилена и термопластичного композита.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тарировка, объемный шнековый дозатор, древесная мука, соломенная мука, гранулят, производительность

В настоящее время при производстве термопластичных композиционных материалов с растительным наполнителем чаще всего используют двухстадийный процесс. В двухстадийном процессе первоначально происходит смешение всех необходимых компонентов. Состав композиционных материалов может содержать в себе до 15 компонентов, включая связующее, растительный наполнитель и модификаторы. При смешении необходимо однородно и точно по рецепту распределить эти компоненты. Первоочередной задачей является точное дозирование компонентов [1].

Как известно, дозирование материалов осуществляется 5 способами: [2]

- Простое объемное дозирование, когда материал насыпается в емкость определенного размера (мерное ведро, бочку или емкость смесителя).
- Простое весовое дозирование, когда материал насыпается в емкость, расположенную на весах.
- Непрерывное объемное дозирование, например, при помощи шнекового дозатора. Регулирование осуществляется изменением скорости подачи устройства.
- Непрерывное весовое (гравиметрическое) дозирование при помощи специальных электронных устройств.
- Комбинированное дозирование, когда одни компоненты дозируются одним способом, а другие - другим.

Известно, что средства объемного дозирования дешевле, а средства весового дозирования точнее. Средства непрерывного дозирования проще организовать в автоматизированную систему [2].

Гранулированные полимерные материалы имеют обычно стабильную насыпную массу и могут быть достаточно точно дозированы объемными дозаторами. Как правило, для дозирования гранул используют одношнековые дозаторы. При дозировании древесно-растительной муки возникают проблемы, связанные с непостоянством насыпной плотности, которая зависит от размера и формы частиц, а также влажности самой муки.

Целями экспериментальных исследований, в нашем случае, были настройка и тарировка одно- и двухшнековых объемных дозаторов для точного дозирования компонентов в соответствии с разработанными рецептами.

Исследование проводилось в лаборатории «Энергоэффективные технологии переработки сырья и материалов» Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева». В качестве материала для дозирования использовали гранулы полиэтилена низкой плотности марки 273-83 (ОАО «Казаньоргсинтез»). В качестве растительного наполнителя применяли древесную и соломенную муку, полученную на

роторно-ножевой мельнице РМ-120. Также для улучшения свойств композитов применялись модификаторы. Дозаторы включают в себя бункер для материала, вращающиеся лопасти, предотвращающие образование сводов и перемешивающие материал, шнеков и дозирующей трубки. На рис. 1(а, б) приведен общий вид дозаторов.



а)



б)

Рис. 1. Общий вид объемных дозаторов МТ -1 (а) и DSR – 28 (б)

Тарировку дозаторов производили следующим образом. Тарировка дозаторов производится путем отбора проб. Для тарировки были подготовлены весы и секундомер. Дозаторы работают в автоматическом режиме совместно с программным комплексом НААКЕ PolySoft OS. Запускается программа НААКЕ PolySoft OS, бункер заполняется

материалом. Тарировку дозаторов на различных материалах производили в диапазоне 10...100% относительного вращения шнеков. Первоначально включается дозатор и материал начинает ссыпаться в лоток. Дозатор оставляют включенным до получения стабильного потока ссыпавшегося материала и равномерного распределения материала по шнеку. Далее совместно с секундомером включается дозатор и материал ссыпается в лоток, загрузка лотка производится в течение 60-1200 сек. По истечении времени взятия пробы отключается дозатор. Взятая проба взвешивается на весах.

Дозирование полимерных гранул производили на объемном одношнековом дозаторе Brabender, Type DRS-28 со шнеком для гранул S13/10 с максимальной производительностью 12 л/ч. Дозирование растительного наполнителя и добавок производили на объемном двухшнековом дозаторе Brabender, MiniTwin Feeder Type MT-1 с двумя комплектами шнеков с максимальной производительностью 0,9 л/ч и 7 л/ч.

Часовая производительность дозатора определяется по формуле:

$$\Pi = \frac{3600 \cdot a}{t},$$

где а – значение веса пробы без тары, г;

t – время взятия проб, сек.

После тарирования всех дозаторов установки строятся графики производительности в зависимости скорости вращения каждого дозатора. Полученные данные обрабатывались с помощью программы *Microsoft Excel*®

На рис. 2-4 представлены данные зависимости с линиями тренда и уравнениями, описывающими производительность дозаторов.

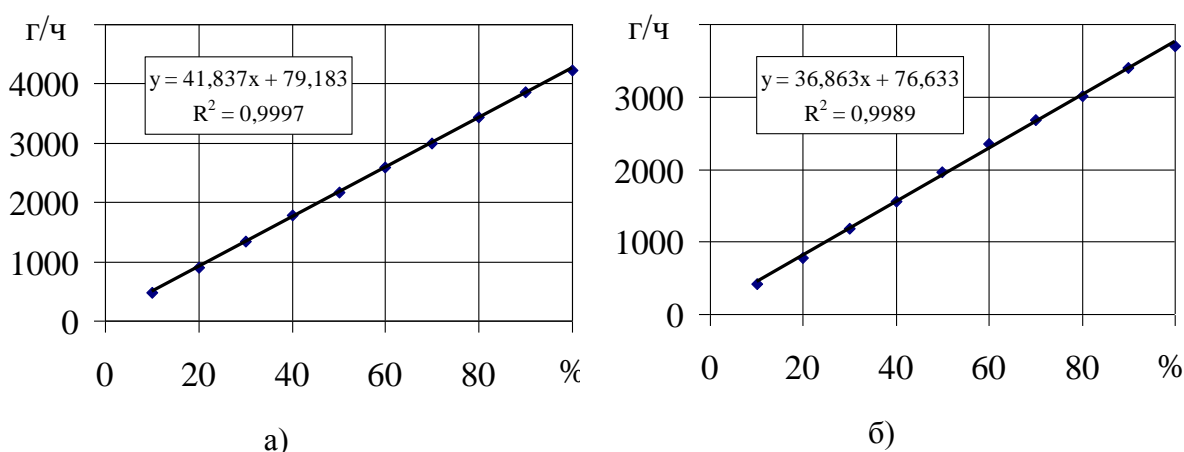
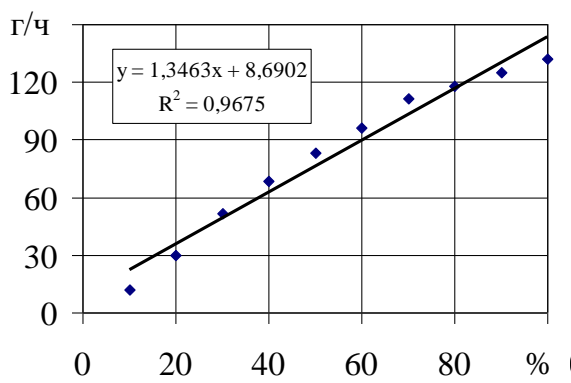
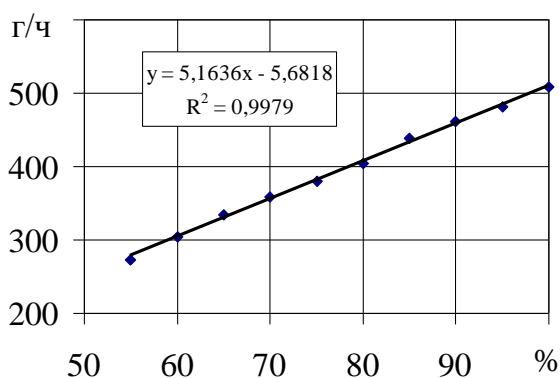


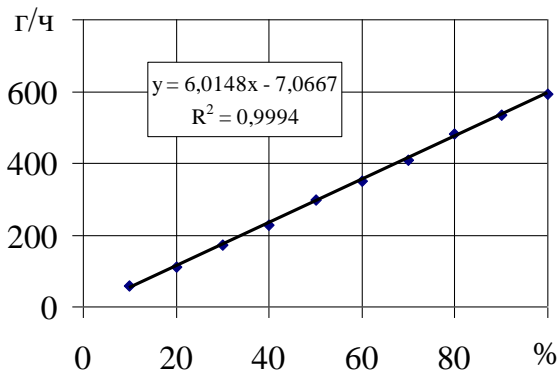
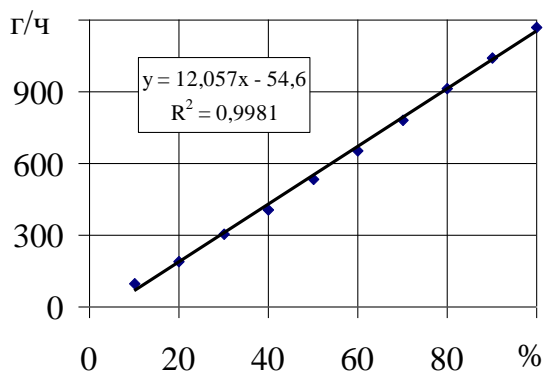
Рис.2. Зависимость производительности от относительной скорости вращения шнеков объемного дозатора DSR-28 для гранулята ПЭНД (а) и гранулята композиции (54,3% ПЭНД + 45,7% мелкодисперсная солома)(б)



а)

б)

Рис. 3. Зависимость производительности от относительной скорости вращения шнеков объемного дозатора МТ-1 для растительного наполнителя - мелкодисперсной соломы (а) и древесной муки (б)



а)

б)

Рис. 4. Зависимость производительности от относительной скорости вращения шнеков объемного дозатора МТ-1 для модификаторов – для шнека (а) и шнека (б)

Из рис. 2 видно, что максимальная производительность одношнекового дозатора DSR – 28 для гранул полиэтилена составляет 4230 г/ч, а для гранулята композиции (54,3% ПЭНД+45,7% мелкодисперсная солома) 3760 г/ч.

Для растительных наполнителей производительность двухшнекового дозатора МТ-1 составляет для мелкодисперсной соломы – 508 г/ч, а для древесной муки 132 г/ч (рис. 3). Малая производительность растительных наполнителей, на наш взгляд, связана с низкой насыпной плотностью (0,11-0,16 г/см³) и влажностью (8-12%) материала, а также с непостоянной формой частиц растительного наполнителя.

Производительность модификаторов составила для шнека 1150 г/ч и 595 г/ч для шнека (рис.4). В связи с небольшим количеством вводимых модификаторов в композицию наиболее оптимально использовать шнек с меньшей производительностью.

Коэффициенты корреляции близки к 1, что говорит о высокой достоверности получения уравнения зависимости производительности от

относительной скорости вращения шнеков.

Литература:

1. Кузьмин А.М., Водяков В.Н., Котина Е.А. Модификация термопластичных композитов с растительным наполнителем минеральными тонкодисперсными частицами // Вестник технологического университета. 2017. Т.20. №2. С. 74-77.
2. Кузьмин А.М., Водяков В.Н., Радайкина Е.А., Шабарин А.А. Получение и исследование термопластичных композитов с растительным наполнителем // Вестник технологического университета. 2020. Т.23. №7. С. 40-43.
3. Кузьмин А.М., Водяков В.Н., Кузнецов В.В. Получение термопластичных композиционных материалов на основе растительных отходов АПК компаундированием компонентов на двухшнековом лабораторном экструдере Rheomex RTW 16 // в сборнике международной конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы». 2014. С. 20-28.
4. Шабарин А.А., Шабарин А.А., Водяков В.Н., Кузьмин А.М. Биоразлагаемые композиционные материалы на основе полиолефинов и пивной мдробины // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 17. С. 67-70.
5. Шабарин А.А., Кузьмин А.М., Шабарин И.А., Бутяйкин В.В. Полимерные композиты на основе полиолефинов и тонко измельченной ячменной соломы // Экология и промышленность России. 2022. Т. 26. № 7. С. 4-9.
6. Шабарин А.А., Кузьмин А.М., Водяков В.Н., Шабарин И.А. Получение биоразлагаемых композиционных материалов на основе полиолефинов и лузги семян подсолнечника // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2021. Т. 64. № 4. С. 73-78.
7. Масталыгина Е.Е., Тюбаева П.М., Киселёв Н.В., Попов А.А. Фазовая структура и деформационно-прочностные свойства смесей полимолочной кислоты с гибкоцепными полиэффирами // Пластические массы. 2022. № 7-8. С. 27-29.
8. Попов А.А., Зыкова А.К., Масталыгина Е.Е. Биоразлагаемые композиционные материалы (обзор) // Химическая физика. 2020. Т. 39. № 6. С. 71-80.
9. Пантюхов П.В., Зыкова А.К., Масталыгина Е.Е., Ананьев В.В., Попов А.А. Термоокислительная деструкция биоразлагаемых полимерных материалов // Плехановский научный бюллетень. 2018. № 1 (13). С. 71-75.
10. Ольхов А.А., Пантюхов П.В., Масталыгина Е.Е., Бурмистров И.Н., Воронцов Н.В., Зыкова А.К., Подзорова М.В., Тертышная А.А., Попов А.А. Смеси вторичных синтетических и природных полимеров для создания экологически безопасных изделий дорожной инфраструктуры// Плехановский научный бюллетень. 2020. № 2 (18). С. 60-71.
11. Артемов А.В., Вураско А.В., Ершова А.С. Исследование влияния предварительной химической обработки исходного пресс-сырья для получения пластика без связующего на основе шелухи риса // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2023. № 1. С. 61-76.
12. Подзорова М.В., Тертышная Ю.В., Попов А.А. Воздействие факторов окружающей среды на биоразлагаемые материалы на основе полилактида // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 8. С. 9-13.
13. Нгуен Ч.Н., Пыхтин А.А., Симонов-Емельянов И.Д. Формирование структуры и свойства высоконаполненных полимерных композиционных материалов с деформирующимся дисперсным наполнителем // Пластические массы. 2023. № 1-2. С. 3-6.
14. Шаповалов В.М., Овчинников К.В., Мельников С.Ф., Шаповалов А.В.,

Напреев Р.С. Влияние отходов листового древесно-полимерного композита на физико-механические свойства композиционных материалов на основе термопластов // Горная механика и машиностроение. 2021. № 4. С. 82-91.

15. Алехина Р.А., Славкина В.Э., Лопатина Ю.А. Возможности применения биоразлагаемых полимерных материалов в аграрном секторе // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67. № 2 (39). С. 115-120.

16. Артёмов А.В., Ершова А.С., Якимова А.Б. Пластики без связующих на основе фитомассы банановых листьев: свойства и биоразлагаемость // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 3 (23).

17. Кашпаров И.И., Клушин В.А., Винокуров И.В., Зубенко А.Ф., Кашпарова В.П., Смирнова Н.В. Композиционные материалы на основе отходов сельского хозяйства, производства 5-гидроксиметилфурфурола и полиэтилена // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2017. № 19-21. С. 116-125.

УДК 631.356.4.02

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ И КОРНЕПЛОДОВ

Норчаев Д.Р., д.т.н., с.н.с, советник директора по науке и научной деятельности, Научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан, e-mail: davron_1983k@mail.ru,

Норчаев Ж.Р., к.т.н., с.н.с, Научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан, e-mail: jalol78@mail.ru,

Хусаинов Б.С., научный сотрудник, Научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан

Возделывание и уборка картофеля и корнеплодов традиционно базируются на одномашинных агрегатах, что сопровождается многократными проходами техники по полю, увеличением материальных и трудовых затрат. В статье приведена перспектива развития разработки многофункциональных агрегатов с комбинированной навесной и многопоточным использованием мощности двигателя. За счет применения комбинированных агрегатов, повышенной функциональности отдельных машин, входящих в состав этих агрегатов, значительно уменьшается трудозатраты механизаторов, полевых рабочих на основных и вспомогательных операциях, а также расход горюче-смазочного материала.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картофельводство, почвенная фреза, картофелекопатель, энергоёмкость, ресурсосбережение, фронтально навесные машины, комбинированные агрегаты, корнеклубнекопатель.

Выращивание и уборка картофеля, корнеплодов являются важной составной частью отрасли сельскохозяйственного производства республики для обеспечения населения Республики картофелем собственного производства, при этом большое внимание уделяется разработке комплекса современных высокоэффективных и

ресурсосберегающих технических средств, обеспечивающих выращиванию и выкопку картофеля при минимальных энергозатратах. Для осуществления этих задач, необходима разработка комплекс машин для выращивания и уборки картофеля, обеспечивающего требуемое качество работы в почвенно-климатических условиях нашей Республики при минимальных энергозатратах, это обеспечит сокращение импорта за счет локализации производства, что является одной из важных задач [1].

Темпы развития картофелеводства должны позволить полностью удовлетворить потребность населения в этой продукции. В настоящее время производство картофеля в хозяйствах отличается высокими затратами труда, денежно-материальных средств. Это объясняет отсутствием некоторых видов машин, а существующие технологии возделывания и уборки картофеля традиционно базируются на одно машинных агрегатах, что сопровождается многократными проходами тяжелой техники по полю, увеличением материальных и трудовых затрат и агротехнических сроков проведения работ.

Решение проблемы снижения трудо- и ресурсозатрат можно за счет модернизации существующих типовых технологий выращивания картофеля и применения в картофелеводстве специализированных многофункциональных многомашинных агрегатов, выполняющих за один проход по полю две и более технологических операций, применения ряда новых машин, позволяющих повысить эффективность отрасли [1,9,10,11,12,13].

По параметрам и исходными требованиями НИИМСХ и НИИОБиК в СКБ «Трактор» на базе серийного хлопководческого трактора ТТЗ 80.11, ОАО «ТТЗ» был создан трактор под маркой ТТЗ-100 SP, удовлетворяющий требованиям использования в составе многофункциональных комбинированных агрегатов [1, 2]. Овощеводческий трактор тягового класса 1,4 с мощностью – 77 kW, колесная схема 4×4, колея передних и задних колес 1400 мм, широкий диапазон скоростей, наличие задней и фронтальной гидронавесных систем с грузоподъемностью до 20 кН, а также переднего и заднего валов отбора мощности, достаточный агротехнический просвет дают возможность эффективно агрегатировать комбинированные многофункциональные многомашинные агрегаты.



Рис. 1. Овощеводческий трактор ТТЗ-100SP

Специалистами НИИМСХ, НИИОБиК совместно с ОАО «БМКБ-Агромаш» разработаны экспериментальные образцы фронтально агрегируемых машин: почвенной фрезы с горизонтальными активными рабочими органами, штанговобрандспойного опрыскивателя и ботва измельчителя, а также задненавесных машин: плуга оборотного для гладкой вспашки, пропашного овощеводческого культиватора с энергосберегающими рабочими органами, картофелесажалки и картофелекопателя.

В настоящее время созданы и проходят хозяйственные испытания комбинированные агрегаты, которыми без ущерба агротехническому и технологическому качеству работ за один проход по полю могут быть совмещены [1, 3]:

- измельчение растительных остатков от предшествующей культуры фронтальным ботво-стеблеизмельчителем и одновременная вспашка почвы задненавесным оборотным плугом (рис. 2);



Рис.2. Комбинированный агрегат фронтальным ботво-стеблеизмельчителем и одновременная вспашка почвы задненавесным оборотным плугом

- поверхностное рыхление почвы фронтальной почвенной фрезой и одновременная посадка картофеля задненавесной картофелесажалкой (рис. 3);



Рис.3. Комбинированный агрегат с фронтальной почвенной фрезой и картофелесажалкой

- культивация междурядий овощных культур и одновременная обработка растений ядохимикатами для борьбы с вредителями и болезнями фронтальным штангово-браншпойтным опрыскивателем (рис. 4);



Рис.4. Комбинированный агрегат с культиватором и опрыскивателем

- уборка картофельной ботвы фронтальным ботво-стеблеизмельчителем и одновременное выкапывание клубней на поверхность поля задненавесной картофелекопалкой (рис. 5).



Рис. 5. Комбинированный агрегат с ботво-стеблеизмельчителем и картофелекопалкой

При возделывания позднего картофеля основная обработка почвы производится одним комбинированным агрегатом, состоящим из измельчителя растительных остатков и оборотного плуга, за один проход по полю. Измельчитель растительных остатков навешивается на переднее навесное устройство, а оборотный плуг на задненавесное устройства трактора.

После вспашки оборотным плугом развальные борозды и свальные гребни не образуются, поэтому исключаются работы по устранению огрехов, неизбежных при традиционной пахоте. Посадка картофеля выполняется комбинированным агрегатом, который за один проход производит предпосадочную обработку почвы рыхлением на глубину до 15 см, посадку клубней картофеля и формирование гребней. В этот период из традиционного набора полевых работ исключаются двухкратное чизелевание почвы на глубину 14-15 см и малование.

Применение в составе комбинированного посадочного агрегата фрезерного рыхлителя по оценке специалистов позволяет при выращивании картофеля обеспечить создание максимально благоприятной среды вокруг развивающегося клубня.

В наиболее ответственный и длительный по времени период ухода за посадками картофеля основная задача заключается в поддержании оптимальных условий для роста и формирования клубней в течение всего вегетационного периода. Даже одноразовое нарушение воздушного или водного режимов приводит к необратимым изменениям структуры тканей клубней и неизбежной потере урожая.

Разработанный комбинированный пропашной агрегат состоит из фронтальнонавесного универсального опрыскивателя и универсального задненавесного культиватора-удобрителя позволяет:

- уничтожать сорняки, разрушать комки почвы, поддерживать почву в междурядьях в рыхлом состоянии, нарезать борозды для полива, вносить в почву минеральные удобрения или смеси органико-минеральных удобрений;

- производить формирование полнопрофильных гребней над рядками клубней высотой до 22-25 см с обеспечением рыхлой структуры внутри и уплотненных боковых откосов, что важно для создания благоприятных условий роста и развития растений картофеля и накопления урожая клубней;

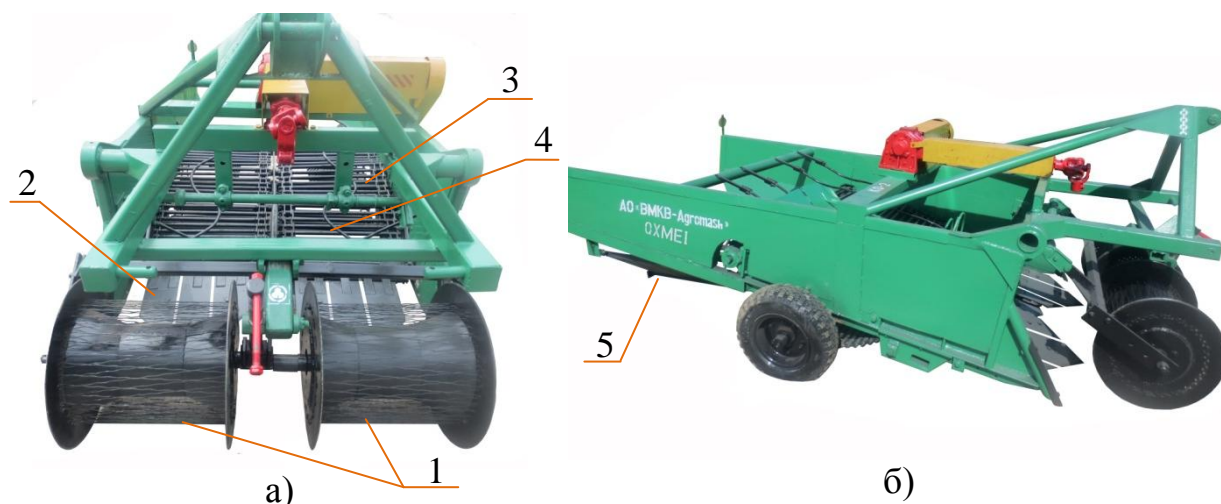
- в любом сочетании с вышеперечисленными операциями одновременно производить опрыскивание культурных растений химическими и биологическими препаратами, а сорных растений и почвы – гербицидами.

Выход на картофельные поля комбинированных агрегатов, позволяющих за один проход по полю обеспечить выполнение большого разнообразия сочетаний агроприемов, не только сократит количество

проходов по междурядьям тяжелой техники, но, самое главное, значительно повысит оперативность при необходимости проведения срочных обработок, не терпящих отлагательства.

Комбинированный агрегат для уборки картофеля позволяет объединить две операции – ботвоудаление фронтальнонавешанным измельчителем и выкопку клубней картофеля задненавесной уборочной машиной с раскладкой урожая по поверхности поля.

Для уборки картофеля был разработан модернизированный картофелекопатель КК-2 (рис. 6).



а) вид спереди; б) вид сзади;

*1 – опорно-комкоразрушающее устройство; 2 – основные секционные лемеха;
3 – промежуточный лемех; 4 – волнистый рыхлитель; 5 – валкоукладчик*

Рис.6. Модернизированный картофелекопатель КК-2

Во время рабочего хода по полю опорно-комкоразрушающее устройство 1 измельчает прочные комки картофельных грядок и разрыхляет их верхнюю часть и откосы, секционные лемеха 2 подкапывают два рядка картофеля и направляют клубненосный пласт на сепарирующий прутковый элеватор 3 для отделения от клубней мелких примесей почвы и частично ботвы. Установленные на сепараторе волнистые рыхлители 4 способствуют полноте сепарации. С пруткового сепаратора клубни с растительными примесями и крупными комьями почвы поступают на решетчатый каскад валкоукладчика 5 для дальнейшего отделения их от примесей, затем клубни сбрасываются на поверхность поля, а сужающиеся решетки способствуют образованию узкого вала клубней, которые потом подбирают вручную.

Такое сочетание работ в одном агрегате значительно сокращает сроки уборки урожая и повышает качество продовольственного продукта.

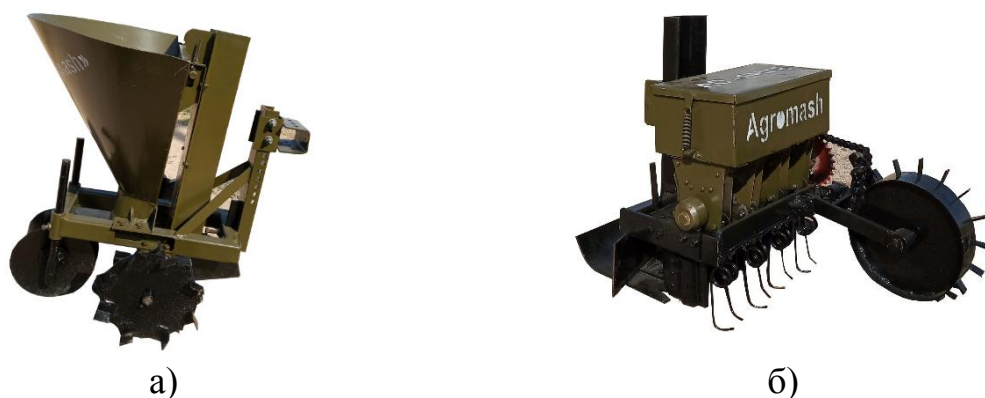
В республике из-за отсутствия средств малой механизации для работы на малоконтурных участках многие операции по возделыванию овощных культур и картофеля производятся вручную, что связано с

увеличением трудовых и материальных затрат. В развитых зарубежных странах при выращивании продовольственных культур в малоконтурных приусадебных участках широко применяют мобильные средства малой механизации [1,4,5,6].

На малоконтурных участках дехканских и фермерских хозяйствах при возделывании овощей и картофеля наиболее полно отвечает мотоблок третьей группы с мощностью двигателя не менее 12-14 л.с. [1,4,5,6].

К этому мотоблоку разработаны нами экспериментальные образцы сеялки для сева мелкосеменных овощных культур, картофелесажалки для выполнения сельскохозяйственных технологических процессов работ по выращиванию овощей и картофеля на малоконтурных земельных и приусадебных участках дехканских и фермерских хозяйств, наиболее полно отвечающим сельскохозяйственным условиям республики.

Общий вид однорядной картофелесажалки КСМ-1 (далее картофелесажалка) и сеялки однорядной для мелкосеменных овощных культур СОМ-1 (далее - сеялка) приведены на рис. Картофелесажалка предназначена для рядовой посадки непророщенных клубней картофеля на подготовленной почве с междурядьем 70 см во всех зонах возделывания картофеля РУз [3, с.445].



*а – картофелесажалка; б - сеялка
Рис. 7. Общий вид картофелесажалки и сеялки*

Картофелесажалка состоит из рамы с элементами навески – для крепления агрегатов, составляющих машину; одного бункера – для семенного материала; опорных колес – для опоры машины на почву и привода элеватора; сошников – для нарезки посевных борозд; элеватора с чашками – для захватывания картофеля из бункера и транспортирования его в борозды; бороздорезов – для закрытия борозд с высеванным картофелем и образования поливных борозд [1,4,5,6].

Картофелесажалка агрегируется с мотоблоком тяжелого типа с номинальной мощностью 12 л.с.

Вместимость бункера не более 25 кг. Бункер имеет наклонное днище. Цепной элеватор снабжен устройствами для натяжения цепи и

имеет вибратор для сбрасывания лишних клубней в бункер [1,4,5,6,7,8].

Привод элеватора осуществляется от оси опорных колес.

Сошник имеет возможность регулировки его положения по высоте относительно опорной плоскости колес.

Сеялка предназначена для многострочного сева семян мелкосеменных овощных культур.

Сеялка состоит из рамы с элементами навески – для крепления агрегатов, составляющих машину; одного бункера – для семенного материала; приводного колеса – для привода высевающего аппарата; сошников – для подготовки семенных борозд; приспособления для заделки семян.

Сеялка производит посев семян мелкосеменных овощных культур ленточным способом по схемам: $(40+15+15) \ 8/3$ см; $(50+20) \ 8/2$ см и $(50+10+10) \ 8/3$ см.

Вместимость бункера не более 10 кг. Привод высевающего аппарата осуществляется от вала приводного колеса. Сошники имеют возможность регулировки их положения по высоте относительно опорной плоскости полозка.

Преимущества предложенных картофелесажалки и сеялки заключаются в том, что от применения рекомендуемыми параметрами уменьшается металлоемкость 10%, снижается затраты труда на 50%, улучшается качество работы 15%.

А также с учетом выше указанных и решение данной проблемы нами был разработан к мотоблоку экспериментальный образец картофелекопателя для выполнения сельскохозяйственных технологических процессов работ по выращиванию овощей и картофеля на малоконтурных земельных и приусадебных участках дехканских и фермерских хозяйств, наиболее полно отвечающим сельскохозяйственным условиям республики (рис. 8).



Рис.8. Вид картофелекопателя в рабочем процессе

Картофелекопатель представляет собой конструкцию, состоящую из корпуса, транспортёра, ножа (рыхлителя), грунтозацепов, колёсной оси и валов транспортёра. В передней части корпуса находится стойка, с

помощью которой картофелекопалку присоединяют к мотоблокам различных моделей. На боковых стенках находятся отверстия для крепления и регулировки ножа, а также отверстия с подшипниками скольжения для установки вала транспортёра и колёсной оси. Колёсная ось имеет отверстия для позиционирования и крепления грунтозацепов и зубчатое колесо для передачи крутящего момента через шестерню на вал транспортёра. На валу транспортёра находятся звёздочки, которые входят в зацепление с прутьями транспортёра, тем самым приводя его в движение. Оптимальное натяжение транспортёра достигается с помощью натяжного устройства и ведомого вала, который установлен в пазах корпуса [6].

Экспериментальные исследования проведены совместно с четырьмя организациями: КХМИТИ, АО «БМКБ-Агромаш», УзГЦИТТ и Научно-исследовательский институт овощебахчевых культур и картофеля (НИИОБК и К).

При выкопке овощей и картофеля при меньших энергозатратах, нами предлагается новые энергосберегающие копатели для уборки картофеля и овощей (рис.8 и 9). В этом плане важной задачей считается осуществление научных исследований по таким направлениям, как обеспечение методов энергосбережения с разработкой, комкоразрушающих устройств, секционных подкапывающих лемехов и применение боковых дисков, разработка лопастных битеров для интенсификации процесса сепарации почвы.

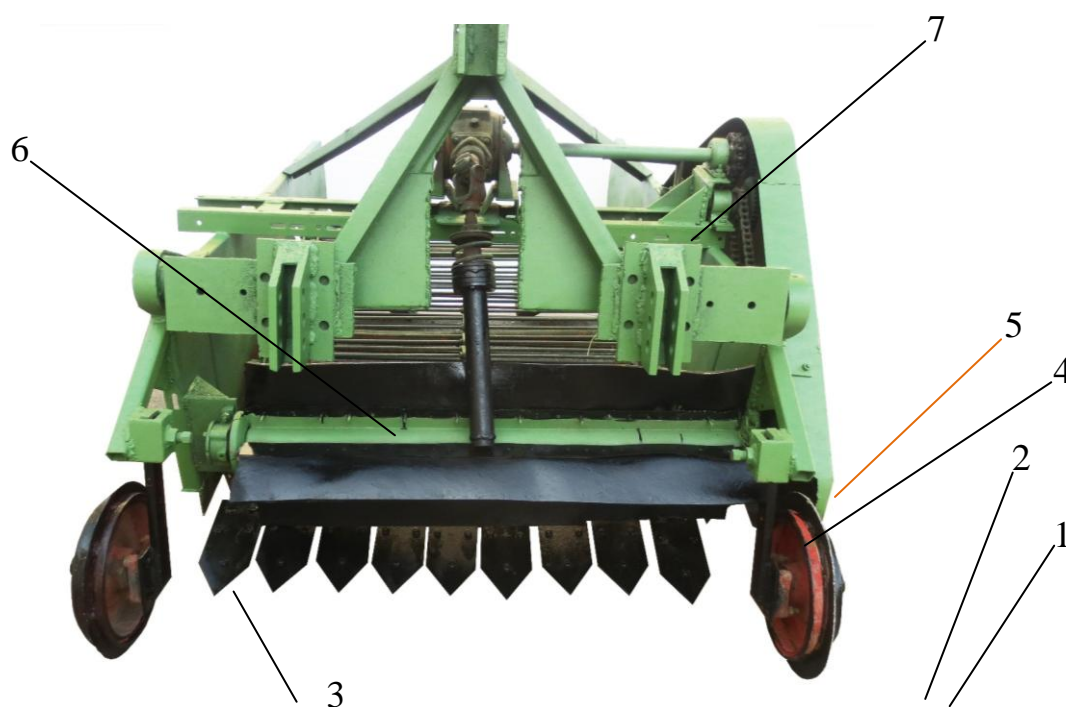


Рис. 9. Экспериментальный корнеклубнекопатель:

1 – диск опорного катка; 2 – опорный каток; 3 – секционные лемеха; 4, 5 – битер-подаватель с упругой лопастью; 6 – элеватор; 7 – сужающие щитки

Совершенствование технологических процессов работы серийных корнеклубнекопателей и картофелекопателей не может решать проблему уборки овощей и картофеля в условиях республики без разработки надежных и высокоэффективных конструктивных параметров, учитывающих физико-механические свойства почвы и овощей в условиях Узбекистана [9,10,11,12,13]. Исходя из этого, мы взяли за решение задачи по разработке выкапывающего устройства копателя овощей (лук, свекла, репа) с обоснованием конструктивных и режимных параметров, позволяющих повысить производительность и качество выкопки.

Выводы:

1. Предварительная сравнительная оценка основных показателей традиционных и рекомендуемых технологий возделывания позднего картофеля показала, что за счет применения комбинированных агрегатов, повышенной функциональности отдельных машин, входящих в состав этих агрегатов и современного подхода при ревизии традиционных (типовых) технологий производства картофеля, количество агротехнологических операций возможно сократить на 13 позиции, т.е. значительно уменьшить за сезон количество проходов машинно-тракторных агрегатов по междурядьям овощных культур и картофеля.

2. Исходя из расчетной площади посева картофеля и корнеплодов в 10 га, за сезон, работая по рекомендуемым технологиям, можно уменьшить трудозатраты механизаторов при возделывании и уборке картофеля на 45 %, полевых рабочих на основных и вспомогательных операциях на 27,4 %, расход дизельного топлива соответственно на 830 л.

Литература:

1. Байметов Р.И., Норчаев Д.Р., Норчаев Ж.Р. Перспективы совершенствования технических средств для возделывания и уборки картофеля // Техническое обеспечение сельского хозяйства. Научно-производственный периодический журнал. Москва, 2020., №1(2). С.17-22.

2. Baimetov R.I., Norchaev D.R. Efficiency of using a support-clod-destroying device when harvesting potatoes // European Applied Science: modern approaches in scientific researches: 2nd International Scientific Conference. Stuttgart, 2013. С.171-173.

3. Норчаев Р.Н., Норчаев Д.Р. Корнеклубнекопатель // Евразийский Союз Ученых. Польша, 2019. № (4-3 (61)). С.55-57.

4. Норчаев, Д.Р. Теоретические предпосылки по обоснованию параметров энергосберегающего подкапывающего рабочего органа. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. ПА Костычева. Рязань, 2014. №(2 (22)), С.44-47.

5. Норчаев, Р.Н., Норчаев, Д.Р., Чоршанбиев, Р.Х. Обоснование параметров решетчатого рыхлителя копателя моркови в условиях Республики Узбекистан. Сельскохозяйственные машины и технологии. Москва, 2020. №14(3), С.15-19.

6. Norchaev D.R. Advanced energy-saving potatoes lifting machine. Europäische Fachhochschule. Germany, 2015. № (12), P.45-46.

7. Норчаев Д.Р. Исследование воздействия рыхлителей элеватора энергосберегающего картофелекопателя на почвенную массу. Тракторы и

сельхозмашины. Москва, 2015. №(6), С.20-22.

8. Ганиев Ф.К., Осипов О.С. Агрегатируемость овощеводческого трактора с комбинированными агрегатами // “Ўзбекистонда сабзавотчилик, полизчилик ва картошкачиликни ҳолати ва ривожлантириш истиқболлари.” Илмий-амалий конференция маърузалар тўплами. Тошкент, 2011. С.128-142.

9. Успенский И.А., Юхин И.А., Гаджиев П.И. [и др.] Эффективность комбайновой уборки картофеля с применением интенсификатора сепарирующего элеватора // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. Рязань, РГАТУ. 2022. Т.14. № 4. С.177-184.

10. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Гаджиев И.П. Условия работы сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин на переувлажненных почвах // Наука в центральной России. 2022. № 2(56). С.98-106.

11. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Манаенков К.А. Повышение эффективности обработки почвы для комбайновой уборки картофеля // Наука в центральной России. 2020. №4 (46). С. 33-40. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2020-4-33-40>

12. Гаджиев П.И., Шестакова Е.В., Рамазанова Г.Г. Теоретическое исследование подкапывающего лемеха картофелеуборочного агрегата для снижения потерь урожая и эрозии почвы // Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32, № 2. С. 263–278. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.032.202202.263-278>.

13. Сивцов А.В., Домников Г.С., Рамазанова Г.Г. Проектирование интенсивной технологии возделывания и уборки картофеля // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Балашиха, 24 ноября 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 31-36.

УДК 631.356

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ

Гаджиев П.И., д.т.н., профессор, декан факультета электроэнергетики и технического сервиса машин, e-mail: pgadjiev@yandex.ru, тел.: 8(495) 521-38-85,

Рамазанова Г.Г., к.т.н., доцент кафедры природообустройства и водопользования, e-mail: gulbike@yandex.ru, тел.: 8 (495) 521-38-85,

Рамазанов И.А., студент 1 курса ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: ramazanov-ilya@internet.ru, тел.: 8 (917) 534-38-44

В статье рассмотрены различные технологии уборки картофеля и условия их применения. Выявлены преимущества и недостатки основных технологий уборки картофеля и указаны перспективные факторы совершенствования картофелеуборочных машин.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: технологии уборки картофеля, урожайность, повреждения и потеря клубней, интенсификаторы.

Общеизвестно, что картофель является одним из основных продуктов растениеводства, потребляемых на планете. Международная организация «Food and Agriculture organization of the United Nations» назвала 2008 год Международным годом картофеля. Картофель возделывается в 130 странах мира на площади 18 млн га, с которой ежегодно собирают свыше 300 млн т клубней. На долю РФ приходится около 11...14% общего объема производства. Полученный картофель расходуется на питание, корм скоту, технические цели, в семенной фонд [1-3].

Он возделывается практически во всех почвенно-климатических зонах. Потенциальная эффективность его производства в традиционно аграрных регионах Европейской части России различается на 10...40%, при этом в зонах с наибольшей потенциальной эффективностью производства картофель зачастую возделывается на плодородных тяжелых суглинистых почвах (до 30% от общей площади) [4-6].

Картофель возделывают в большинстве природных зон Российской Федерации. Общий валовый сбор картофеля в стране в 2019 году составил 7 554,4 тыс. тонн. Крупнейшие регионы-производители представлены на рис. 1.

Дальнейшее увеличение производства сдерживается рядом причин, в том числе недостаточное обеспечение предприятий картофелеуборочными машинами, картофелехранилищами. Мелкие и средние производители картофеля нуждаются в простых уборочных машинах: картофелекопателях и однорядных комбайнах [7-9]. Высокая энерго- и трудоемкость уборки связана с недостаточным уровнем механизации и «невозможностью создания универсальной конструкции комбайна, удовлетворяющую многообразию условий выращивания картофеля». Картофелеуборочным комбайнам часто приходится работать в сложных условиях (на участках с сорняками, полегшей ботвой, плохо обработанной почвой) и даже на легких почвах не обеспечивается хорошее качество уборки. В зависимости от технологии возделывания на уборку, транспортировку, послеуборочную доработку и хранение приходится 58...68% затрат труда, 35...38% затрат топлива [10-12].

Кроме того, производство картофеля в Российской Федерации характеризуется высокими затратами. На возделывание 1 га картофеля в РФ в среднем затрачивается до 500 человек. Основные затраты энергии приходятся на уборку картофеля (около 60%). Наибольшие урожаи и доходы от производства картофеля получают там, где внедрены современные технологии. Сегодня при производстве картофеля на предприятиях АПК применяются преимущественно машинные технологии. Эти технологии дают возможность обеспечить проведение работ в сжатые агротехнические.

Выбор технологии уборки картофеля и соответственно картофелеуборочной техники зависит от финансовых возможностей сельхозпроизводителя, а также факторов, влияющих на условия проведения работ.

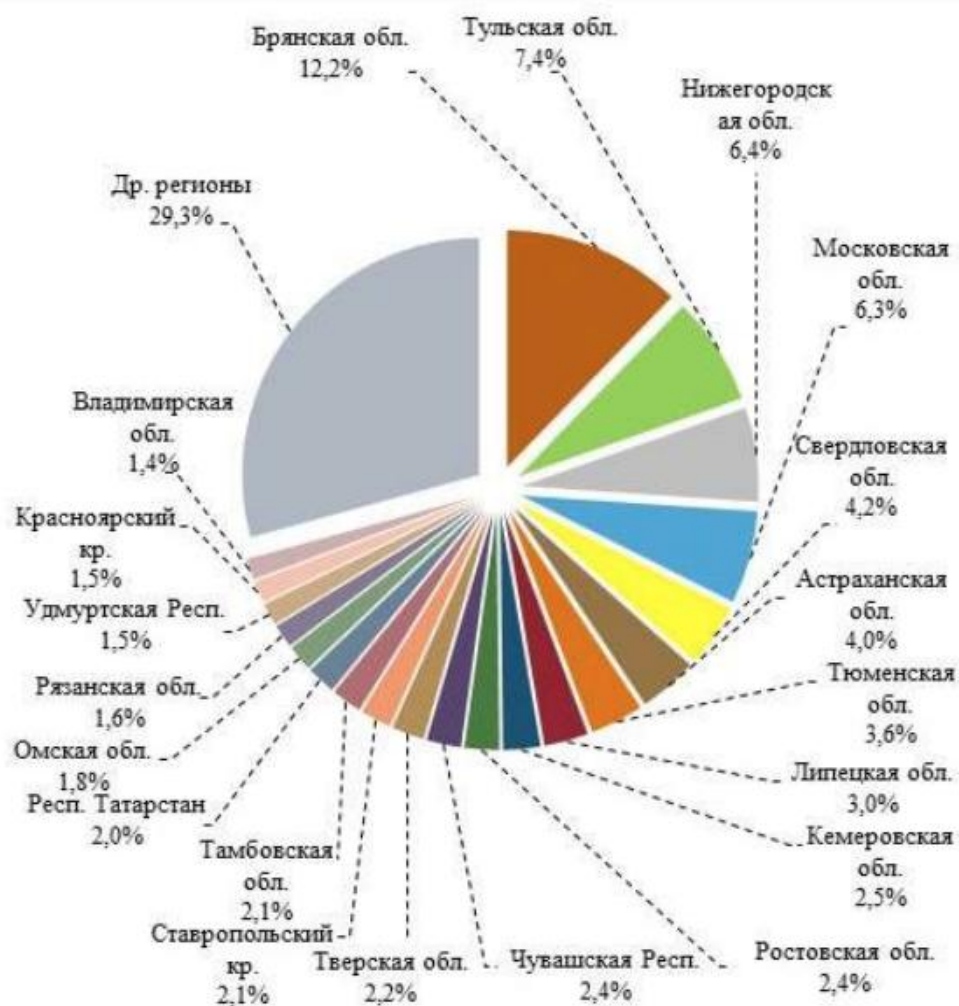


Рис. 1. Структура производства картофеля в Российской Федерации на примере крупнейших регионов-производителей

Основными широко используемыми технологиями механизированной уборки картофеля являются отдельный и поточный. Способы уборки картофеля, как комбинированный, поточно-перевалочный, отдельный двухфазный и др. не нашли такого распространения, как выше перечисленные.

Отдельный способ уборки картофеля. Технология уборки картофеля копательным способом (с ручным сбором и погрузкой).

Он заключается в том, что картофелекопатель-валкоукладчик УКВ-2 выкапывает клубни, частично отделяет от них почву и укладывает в валок. Валок может быть образован из двух, четырех или шести выкопанных рядков картофеля. В валках клубни подсыхают и проходят стадию световой закаливания. Затем картофелеуборочные комбайны, оборудованные

подборщиками, подбирают клубни из валков, доочищают их и загружают в транспортные средства. Этот способ целесообразно применять на средних, переувлажненных почвах с влажностью 24...26%.

Основные условия применения:

1. Низкая урожайность картофеля.
2. Семеноводческие посадки картофеля.
3. Неблагоприятные почвенно-климатические условия.
4. Наличие в хозяйстве свободных трудовых ресурсов (рабочих на подборе).

Преимущества (+) и недостатки технологии (-):

- + Низкий уровень повреждения клубней картофеля.
- + Возможность реализации или хранения картофеля сразу после уборки (без доочистки).
- Высокие трудозатраты и потери.
- Низкая производительность.

Копатели имеют невысокую стоимость, широко используются в мелких и средних хозяйствах и обеспечивают низкий уровень повреждений клубней. Но данная технология отличается низкой производительностью, высокими трудозатратами, которые связаны с ручным подбором и погрузкой картофеля в транспортное средство.

Поточный способ уборки картофеля. Технология уборки картофеля копателем-погрузчиком.

Основными достоинствами машин данного типа является их невысокая стоимость, возможность работы на всех видах почв, в том числе на суглинистых и тяжелых при влажности 10-27%. Копатели-погрузчики, в отличие от обычных копателей, как правило, имеют дополнительные устройства для удаления ботвы из машины, и выгрузной транспортер, позволяющий производить отгрузку собранных клубней в рядом идущий прицеп или в узкий валок с двух, четырех или шести рядков.

Основные условия применения:

1. Наличие оборудования для доочистки и сортировки картофеля.
2. Большие площади посадки.
3. Большая урожайность картофеля.
4. Сжатые сроки уборки урожая.
5. Наличие в хозяйстве свободных транспортных средств в период уборки.

Преимущества (+) и недостатки технологии (-):

- + Высокая производительность.
- + Низкие трудозатраты.
- Высокий уровень повреждений и потерь клубней картофеля.

Уборочный агрегат с копателем-погрузчиком стоит дороже, чем картофелекопатели. Высокая производительность копателей-погрузчиков позволяет убирать значительные площади картофеля с большой урожайностью в сжатые сроки. Недостатком этих агрегатов является

высокий уровень повреждений и потерь клубней, а также необходимость наличия в хозяйстве оборудования для послеуборочной доочистки клубней и свободных транспортных средств для погрузки урожая после их выкапывания.

Поточный способ уборки картофеля. Технология уборки картофеля комбайном.

Он выполняется прямым комбайнированием, комбинированным и раздельным способами. При прямом комбайнировании все операции уборки выполняются за один проход агрегата. При уборке картофеля содержание примесей в обработанном продукте по требованиям ГОСТ Р 53136 – 2008 допускается не более 2 %, точность разделения на фракции не ниже 97%, общее количество поврежденного картофеля не должно превышать 3% от исходного объема.

Основные условия применения:

1. Благоприятные почвенно-климатические условия.
2. Большие площади посадки.
3. Большая урожайность картофеля.
4. Сжатые сроки уборки урожая.

Преимущества (+) и недостатки технологии (-):

- + Высокая производительность.
- + Низкие трудозатраты.
- + Возможность реализации или хранения картофеля сразу после уборки (без доочистки).
- Высокий уровень повреждений клубней картофеля.

Наиболее перспективной является комбайновая технология уборки картофеля, при которой возможны низкие трудозатраты и высокая производительность. Однако высокая стоимость данных машин и невозможность использования в сложных почвенно-климатических условиях ограничивает применение данной технологии уборки.

Выбор технологии уборки картофеля на момент проведения уборочных работ зависит от множества факторов, которые можно разделить:

Неуправляемые факторы: природно-климатические условия, влажность почвы, вид и состав почвы, урожайность картофеля, площадь посадки картофеля.

Управляемые факторы, связанные с организационными мероприятиями: качество получаемой продукции, длительность хранения картофеля, сроки уборки, обеспеченность хозяйства трудовыми ресурсами, обеспеченность хозяйства транспортными средствами, наличие в хозяйстве картофелехранилищ, наличие в хозяйстве оборудования для очистки и сортирования картофеля.

Управляемые факторы, связанные с техническими мероприятиями – это перспективные факторы для усовершенствования технологических

процессов.

Для повышения качества сепарации и снижения повреждаемости и потери клубней при уборке картофеля в конструкциях большинства картофелеуборочных машин применяют различные встряхиватели и интенсификаторы [13,14].

Ввиду неспособности прутковых элеваторов эффективно работать в условиях повышенной почвенной влажности часто сопутствующими являются интенсификационные устройства с различными приводами. Так, выделяют механическое, пневматическое, гидравлическое устройства (рис. 2).

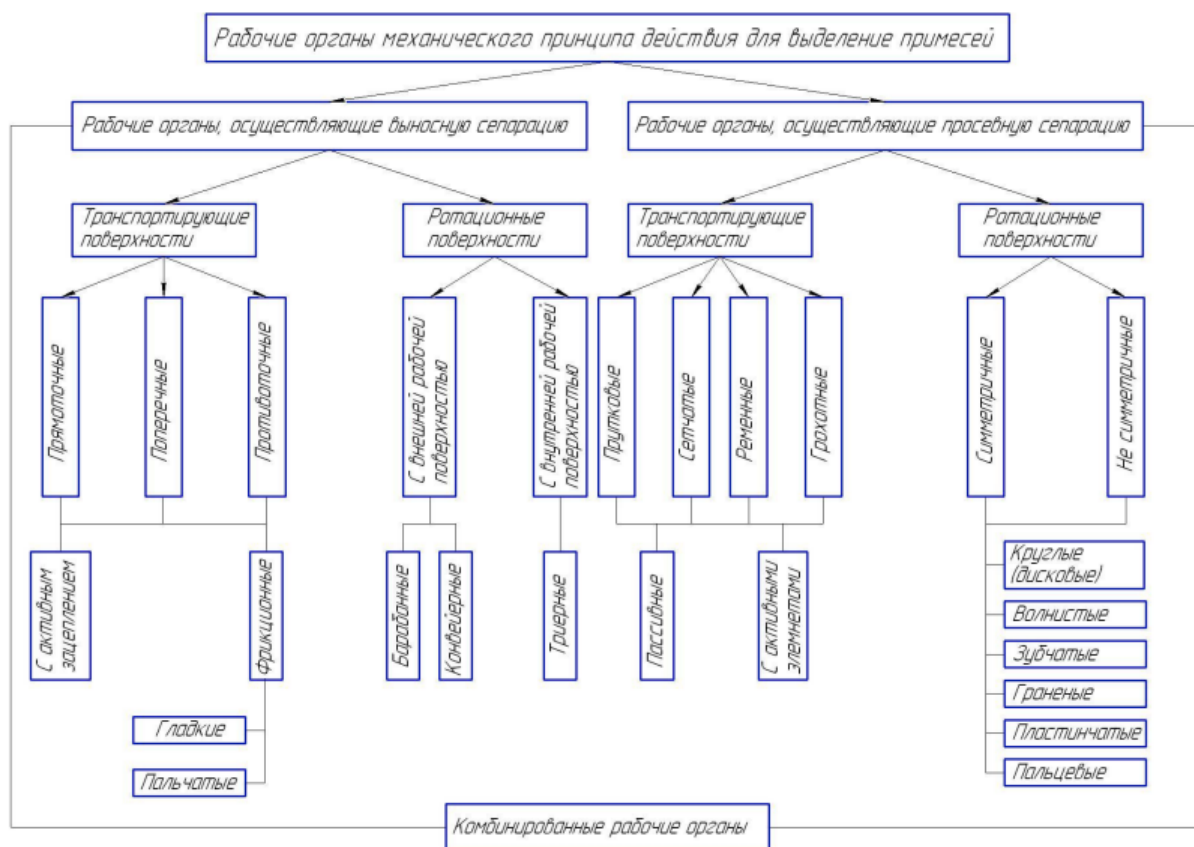


Рис. 2. Классификация сепараторов механического принципа действия

Интенсификаторы сепарации прутковых элеваторов повышают скорость просеивания почвы. За счет применения локальной интенсификации сепарации почвы на нескольких участках элеватора. Относительное движение прутков элеватора создает условия для переориентации компонентов и способствует просеву почвы. Уменьшение инерционных нагрузок от одновременного перемещения больших масс клубненосного вороха и конструкций элеватора способствует снижению энергоемкости процесса сепарации.

Литература:

1. Борычев, С.Н. Совершенствование технологий и машин для уборки картофеля

// Вестник КрасГАУ. 2007. № 5. С.179-185.2.

2. Гаджиев П.И. Влияние технологических приемов на урожайность картофеля / П.И. Гаджиев, А.П. Башкиров, Г.Г. Рамазанова, И.П. Гаджиев, Н.С. Шершнева // Наука в центральной России. – 2022. – № 3(57). – С.41-47.

3. Гаджиев П.И., Шестакова Е.В., Рамазанова Г.Г. Теоретическое исследование подкапывающего лемеха картофелеуборочного агрегата для снижения потерь урожая и эрозии почвы // Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32, № 2. С. 263–278.

4. Сивцов А.В., Домников Г.С., Рамазанова Г.Г. Проектирование интенсивной технологии возделывания и уборки картофеля // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Балашиха, 24 ноября 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 31-36.

5. Гаджиев П.И., Башкиров А.П., Рамазанова Г.Г. [и др.] Результаты полевых испытаний картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 оснащенного интенсификатором // Наука в центральной России. 2022. № 3(57). С.41-47.

6. Евтехов Д.В., Безносюк Р.В., Кодиров С.Т. [и др.] Исследование эксплуатационных показателей картофелеуборочных машин с модернизированными рабочими органами // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2021. № 1(49). С.112-119.

7. Костенко М.Ю. Технология уборки картофеля в тяжелых полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Михаил Юрьевич Костенко. – Рязань, 2011. – 462 с.

8. Сивцов А.В., Домников Г.С., Сивцов В.Н. Способы уборки картофеля и агротехнические требования // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 37-40.

9. Борычев С.Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей-погрузчиков и комбайнов: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01/ Борычев Сергей Николаевич. – Рязань, 2008. – 484 с.

10. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Гаджиев И.П. Определение конструктивных параметров интенсификатора и условия выгалькивания клубня из зазора между прутками сепарирующего элеватора // Агроинженерия. 2023. Т.25. № 1. С.35-39.

11. Гаджиев П.И., Перегудов П.А. Усовершенствование сепарирующих рабочих органов комбайна ККУ-2А как средство снижения затрат на производство картофеля // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. – Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. – С. 22-25.

12. Гаджиев П.И., Шемякин А.В., Успенский И.А. [и др.] Исследование влияния лопастного интенсификатора на полноту сепарации // Техника и оборудование для села. 2023. №1(307). С. 27-29.

13. Махмутов М.М., Хисматуллина Ю.Р., Гаджиев И.П. Повышение эффективности работы картофелеуборочных агрегатов на почвах с низкой несущей способностью // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. – Балашиха:

Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. – С. 40-49.

14. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Гаджиев И.П. Агрегат для уменьшения потерь урожая картофеля и снижения эрозии почвы // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве: Материалы национальной научно-практической конференции, посвященные памяти д.т.н., профессора Бычкова Валерия Васильевича, 28 февраля 2023 года – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. С. 12-19.

УДК 004: 63

ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Рамазанова Г.Г., к.т.н., доцент кафедры природообустройства и водопользования, e-mail: gulbike@yandex.ru, тел.: 8 (495) 521-38-85,

Гаджиев П.И., д.т.н., профессор, декан факультета электроэнергетики и технического сервиса машин, e-mail: rgadjiev@yandex.ru, тел.: 8 (495) 521-38-85,

Рамазанов З.Т., студент 4 курса ГБПОУ «Московский колледж архитектуры и градостроительства», e-mail: ziyav.ramazan@yandex.ru

В статье приведены возможности применения цифровых инструментов в сельском хозяйстве. Цифровизация сельского хозяйства в корне изменяет традиционную экономическую парадигму, открывает новые возможности ведения сельского хозяйства, обеспечивающие конкурентоспособность и эффективность аграрного сектора настоящего и будущего.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цифровые технологии, интернет вещей, робототехника, точное земледелие, «умные» фермы, «умные» теплицы.

В отличие от традиционного производства в сельском хозяйстве нельзя заранее структурировать все бизнес-процессы. Возделывание сельскохозяйственных культур сильно зависит от погоды и природных явлений. Засуха или избыток влаги, недостаток или превышение нормы удобрений, сорняки и насекомые требуют немедленного вмешательства. Вспышка болезни может появиться неожиданно и не всегда легко определить ее причину; при позднем обнаружении и неправильном обращении болезнь способна погубить часть урожая. Стандартное расписание обработки (сплошной полив, удобрение, химизация) не учитывают локальных особенностей и природной изменчивости и приводят к неэффективному результату – перерасходу ресурсов или не выявленным проблемам [1-3].

В течение сезона фермеру приходится принимать более 40 различных решений: какие семена сажать, когда сажать, как их обрабатывать, чем лечить заболевшее растение и т.д., как справляться с угрожающими благополучию поля ситуациями. Недостаток информации для принятия

решений приводит к тому, что в процессе посадки, выращивания, ухода за культурами теряется до 40% урожая. Во время сбора урожая, хранения и транспортировки теряется еще 40%. При этом, как выявили ученые, кроме погоды, *2/3 факторов* потерь сегодня можно контролировать с помощью автоматизированных систем управления (Hi-Tech Management).

Поэтому будущее сельского хозяйства напрямую зависит от быстрой и эффективной цифровой интеграции, реализация которой способна кардинально повлиять на прибыль и конкурентоспособность продукции и компании в целом.

Интеграция получаемых данных с различными интеллектуальными ИТ-приложениями, производящими их обработку в режиме реального времени, осуществляет *революционный сдвиг в принятии решений* для фермера, предоставляя результаты анализа множественных факторов и *обоснование* для последующих действий. При этом, чем больше датчиков, сенсоров и полевых контроллеров подключены в единую сеть и обмениваются данными, тем более умной становится информационная система и больше полезной информации для пользователя она способна предоставить [4-6].

На основе научных расчетов информационная система способна создавать рекомендации по обработке и уходу за растениями или инструкции для автоматического исполнения роботизированной техникой.

Например, предиктивная аналитическая модель помогает определить, что повышение температуры на 2 градуса способствует вылуплению насекомых, или увеличение влажности выше оптимальной границы может привести к вспышке болезни. Управление этими факторами создает реальную ценность моделирования микроклиматических условий: если это теплица, то можно не допускать повышение температуры, а если поле – то предусмотрительно наблюдать за участком и воздействовать химикатом при появлении паразитов. Впервые за всю историю сельского хозяйства у фермера появляется возможность контролировать природные факторы, проектировать точные бизнес-процессы, и, кроме того, прогнозировать результат с математической точностью.

«Роботизация» производства особо актуальна для больших фермерских хозяйств. Совершая полеты над полями, беспилотники с помощью камеры и датчиков позволяют фермерам в режиме реального времени видеть, как выглядит каждое растение, как происходит процесс созревания с.-х. культур и как изменяется цвет почвы.

«Сельскохозяйственные» беспилотники позволяют создавать электронные карты полей в формате 3D, рассчитывать нормализованный вегетационный индекс с целью эффективного удобрения культур, инвентаризировать проводимые работы и охранять сельхозугодия.

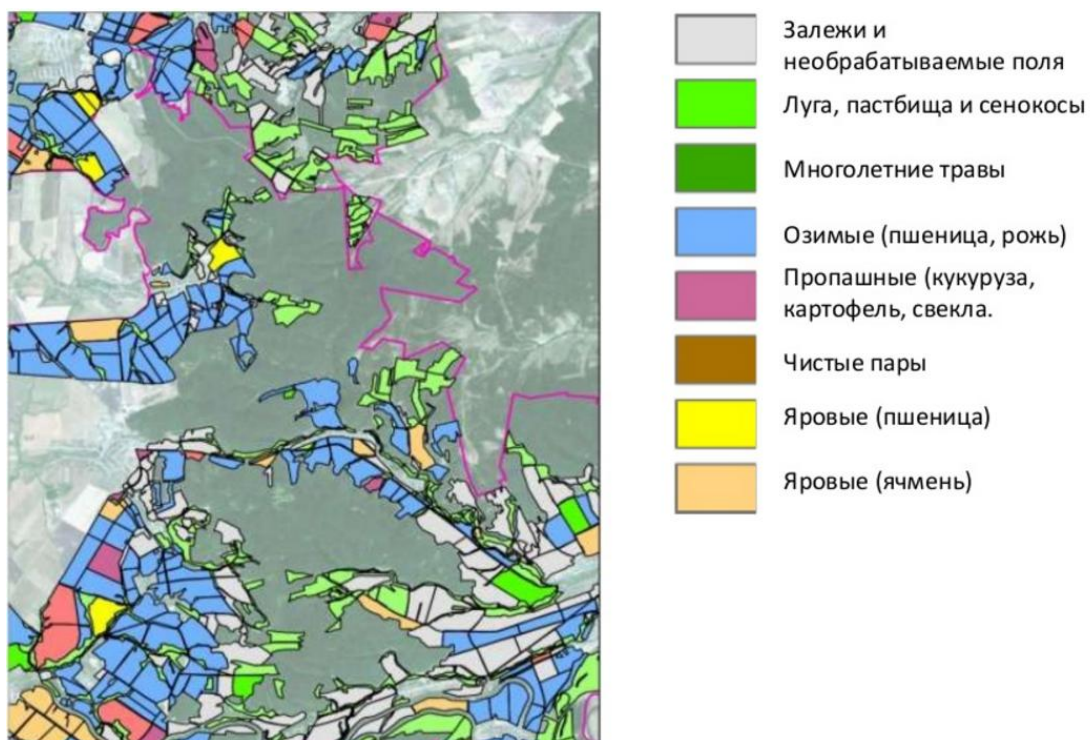


Рис. 1. Векторные карты, полей созданные с помощью беспилотников

Сельскохозяйственные беспилотники могут выполнять следующие виды работ:

Анализ состояния почвы. С помощью камер и специально установленных на БПЛА датчиков фермеры анализируют состояние почвы на различных участках и определяют, на каких из них наиболее целесообразно проводить посадку семян.

Посадка семян. На рынке можно найти ряд стартапов, которые предлагают сажать растения с помощью специальных дронов, выстреливающие в почву капсулами с семенами.

Мониторинг состояния урожая. Для фермеров очень важно своевременно обнаружить вредителей, от которых гибнут сельхозугодия, чтобы оперативно предпринять необходимые меры. Уже давно известно, что первые признаки ухудшения состояния растений проявляются в изменении хлорофилла. Поэтому, установив на БПЛА инфракрасные камеры, фермеры могут своевременно узнать о начале гибели урожая.

Обработка урожая. Еще одна потенциальная сфера применения БПЛА в сельском хозяйстве – это равномерные опрыскивания урожая ядохимикатами и специальными удобрениями удаленно.

Прогноз урожайности. Собранные в ходе мониторинга данные могут быть использованы для построения различных аналитических отчетов. В этом случае БПЛА будет применяться как платформа для сбора данных, в то время как основной фронт работ ляжет на специализированное ПО, обрабатывающее собранную информацию. Многие эксперты даже полагают, что будущее «сельскохозяйственных»

БПЛА именно за этой моделью развития – сами аппараты станут «коммидити», в то время, как основную ценность для рынка будут представлять специалисты, способные на основе результатов работы ПО принимать верные решения по дальнейшему развитию сельхозугодий.

Примечателен проект компании из Великобритании, цель которого – автоматизировать все процессы выращивания агрокультур. Так, ферма **Hand Free Hectare** позволила аграриям сложив руки наблюдать за ростом агрокультур. Автономные модифицированные тракторы и дроны сами вырастили на территории 2,5 га 4,5 тонны ячменя. Люди автоматизировали все процессы – от посева семян до сбора урожая. Машинами управляет техперсонал из диспетчерской. Дроны со встроенными мультиспектральными датчиками производили съемку угодий. Небольшие сельскохозяйственные машины брали образцы земли, оценивали ее и подбирали необходимые минудобрения. Камеры в режиме реального времени оповещали о вредителях или сорняках [7-9].

Беспилотные тракторы в сельском хозяйстве. Компания Case IH совместно с CNH Industrial представила беспилотный трактор, который может выполнять основные сельскохозяйственные работы. У трактора Case IH Magnum нет кабины, где бы мог сесть водитель.



Рис. 2. Трактор Case IH Magnum в работе

Трактор Case IH Magnum построен таким образом, что позволяет осуществлять дистанционный мониторинг предварительно запрограммированных операций. Бортовая система автоматически определяет размеры установленного сельскохозяйственного инструмента и определяет наиболее эффективные пути выполнения задания. Трактор учитывает особенности местности, рельефа, расположение остальных машин на поле и другие факторы. Case IH Magnum оборудован лазерным радаром, радиолокаторами, бортовыми видеокамерами. Это оснащение помогает трактору сканировать обстановку и, при возникновении

препятствий, прекращать работу. Кроме того, трактор остановит работу при потере сигнала GPS или других данных о местоположении.

Оператор может дистанционно контролировать работу трактора через компьютер или планшет в режиме реального времени, а также настраивать новые программы работы. Разработчики обращают внимание, что такие тракторы могут работать на одном поле с другими сельскохозяйственными машинами – таким же роботами, или управляемыми людьми.

Уникальная цифровая платформа Cropwise Operations уже сейчас позволяет оцифровать ключевые производственные процессы, спланировать с учетом погодных и других факторов, когда именно производить те или иные работы, и получать непосредственно на поле столь необходимую экспертизу. В 2022 году данная платформа используется на 17 млн га сельхозугодий России, 39 тыс. га из которых – это посадки картофеля.

Тенденции

Население мира растет. Через 30 лет человечеству понадобится в 1,7 раз больше продовольствия, чем оно производит сейчас. Для этого надо серьезно модернизировать сельское хозяйство.

По прогнозам ООН, население мира к 2050 году достигнет 9,8 млрд человек, чтобы его прокормить, надо увеличить производство продовольствия на 70%.

Это означает, что фермер по производству сои в Айове или фермер по производству кукурузы в России должны изменить процессы производства, сделать их максимально эффективными.

«Аналоговый период в сельском хозяйстве закончился, отрасль вошла в цифровую эру». – Goldman Sachs прогнозирует, что применение технологий нового поколения способно увеличить производительность мирового сельского хозяйства на 70% к 2050 году.

Сельское хозяйство стоит на пороге «Второй зеленой революции». Эксперты оценивают, что благодаря технологиям точного земледелия, основанным на интернете вещей, может последовать всплеск урожайности такого масштаба, какого человечество не видело даже во времена появления тракторов, изобретения гербицидов и генетически изменённых семян.

Технологии эволюционировали, подешевели и продвинулись до такого уровня, что впервые в истории отрасли стало возможно получать данные о каждом сельскохозяйственном объекте и его окружении, математически точно рассчитывать алгоритм действий и предсказывать результат.

Литература:

1. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г. Перспективы цифровой трансформации образования в вузе // Общество. 2022. № 1-2(24). С. 38-40.

2. Федеронко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С. [и др.] Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития // М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 316 с.

3. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 48 с.

4. «Интернет вещей» (IoT) в России. Технология будущего, доступная уже сейчас [Электронный ресурс]. – URL: IoT-inRussia-research_rus.pdf-документ с сайта www.rwc.ru (дата обращения: 22.04.2023).

5. Рамазанова Г.Г., Мазикин А.А., Буш Г.А. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в сельском хозяйстве // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С. 162-167.

6. Сальников С.Г. Актуальные направления цифровой трансформации АПК России [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.viapi.ru/> (дата обращения: 22.04.2023).

7. Гаджиев П.И., Башкиров А.П., Рамазанова Г.Г. [и др.] Результаты полевых испытаний картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 оснащенного интенсификатором // Наука в центральной России. 2022. № 3(57). С.41-47.

8. Успенский И.А., Юхин И.А., Гаджиев П.И. [и др.] Экономическая эффективность комбайновой уборки картофеля с применением интенсификатора сепарирующего элеватора // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. Рязань, РГАТУ. 2022. Т.14. № 4. С.177-184.

9. Рамазанова Г.Г., Кулаков К.В., Корешкова Т.В. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 16-20.

УДК 631.356

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАВОЗОРАЗБРАСЫВАТЕЛЕЙ

Сметнев А.С., к.т.н., доцент кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, e-mail: smetnev.as@yandex.ru, тел.: 8 (495) 521-38-85,

Юдин Ю.Б., старший преподаватель кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, e-mail: yubiury@yandex.ru, тел.: 8 (495) 521-38-85

В данной статье рассматривается производительность разбрасывателя органических удобрений, где также рассматривается графический метод, с построением необходимых графиков и расчетных формул, показана зависимость между грузоподъемностью, шириной распределения, скоростями движения и другими важными факторами, влияющими на производительность

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: разбрасыватель, производительность, эффективность, скорость, почва

Графический способ определения производительности

Производительность разбрасывателей удобрений выражается в гектарах обработанной площади. Определение часовой производительности ведется по формуле:

$$W = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot \tau \text{ га/ч} \quad (1)$$

где: τ – коэффициент использования времени.

Учитывая цикличность действия разбрасывателей, кандидат технических наук И.В. Павловский и кандидат сельскохозяйственных наук И.И. Бойко, выразили τ через затраты времени на различные операции.

Время одного цикла складывается из затрат на следующие операции:

1. Загрузка удобрением,
2. Переезд от места загрузки к месту внесения,
3. Внесение (разгрузка на ходу),
4. Возврат под загрузку.

По роду выполняемых операций работа разбрасывателя аналогична работе транспорта, занятого на вывозке удобрений. Производительность транспорта выражается в тоннах перевезенного груза. Поэтому и производительность разбрасывателей удобнее выразить в тоннах внесенного удобрения. Если будем сравнивать выработку двух одинаковых агрегатов, один из которых вносил удобрение по 2 тонны на га., а другой по 40 тонн на га., то окажется, что при равном количестве внесенного ими удобрения, первый обработает значительно большую площадь, чем второй.

Если бы мы определяли производительность в «га», то трудно было бы определить какой из агрегатов лучше работа в течение смены. Для определения часовой производительности представим время, затрачиваемое на различные операции одного цикла суммой времени:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{н}} + t_{\text{р}} + t_{\text{п}} + t_{\text{х}} + t_0, \text{ мин}$$

Число совершаемых циклов за час определится по следующей формуле:

$$i = \frac{60}{t_{\text{ц}}}$$

а производительность часовая, $W = i \cdot E$ т/ч

Выразим время, затрачиваемое на различные операции следующими зависимостями:

1. Время погрузки: $t_{\text{н}} = \frac{60 \cdot E}{W_{\text{н}}}$

где $W_{\text{н}}$ – производительность погрузчика, т/ч.

2. Время работы: $t_{\text{р}} = \frac{600 \cdot E}{Q \cdot B \cdot v_{\text{р}}}$

где Q – норма внесения удобрений, т/га;

B – ширина распределения, м;

$v_{\text{р}}$ – скорость движения, км/ч.

3. Поезд от места загрузки к месту внесения: $t_r = \frac{0,06 \cdot L_r E}{V_r}$

где L_r – расстояние, проходимое агрегатом с грузом, м.

4. Возврат под заправку агрегат совершает на повышенной скорости:

$$t_x = \frac{0,06 \cdot L_x}{V_x}$$

Время t_0 принимается для каждого агрегата на основе хронометражных данных.

Теперь формулу определения часовой производительности можно представить в окончательном виде:

$$W = \frac{60E}{\frac{60E}{W_n} + \frac{600E}{Q \cdot B \cdot V_p} + \frac{0,06 \cdot L_r}{V_r} + \frac{0,06 \cdot L_x}{V_x} + t_0} \text{ т/час} \quad (2)$$

Эта формула показывает зависимость между грузоподъемностью, шириной распределения, скоростями движения и другими важными факторами, влияющими на производительность. На основании выведенной формулы разработан графический способ определения производительности разбрасывателя.

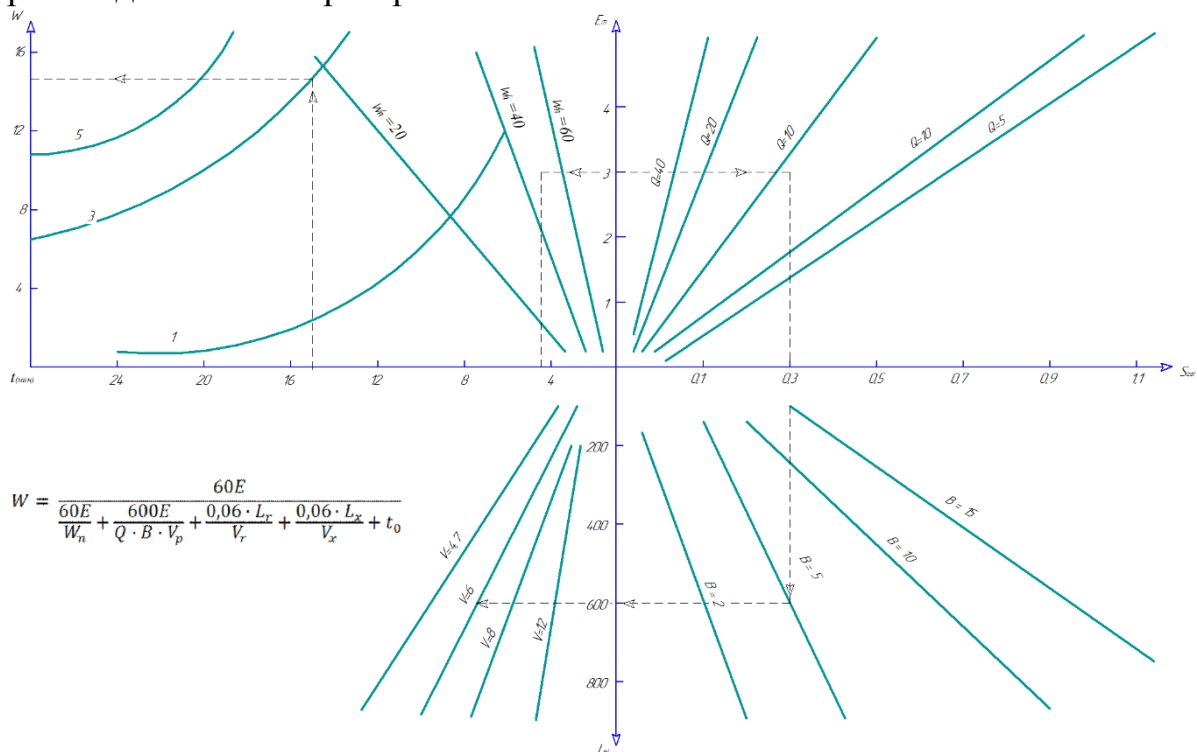


Рис. Графический способ определения производительности

На рисунке представлены 4 номограммы, позволяющие легко и быстро определить производительность. В 1 номограмме ось ординат служат шкалой значения грузоподъемности. На оси абсцисс нанесена шкала значений обрабатываемой площади за 1 цикл (га). В этих координатных осях построены прямые изменения обрабатываемой

площади, в зависимости от грузоподъемности разбрасывателя, при различных нормах внесения.

$$S = \frac{E}{Q}$$

И номограмма позволяет определить длину пути, на котором вносится удобрение.

$$L_p = \frac{10^4 \cdot E}{Q \cdot B}, (\text{м})$$

В III номограмме нанесены прямые лучи для определения времени V при различных скоростях движения и, наконец, IV номограмма позволяет определить время t_n и производительность W .

Графический способ определения производительности разбрасывателей облегчает выполнение анализа грузоподъемности машин.

Для анализа грузоподъемности, введем понятие удельной часовой производительности, отнесенной к одной тонне грузоподъемности.

$$U = \frac{W}{E} = i \quad (3)$$

Удельная часовая производительность равна количеству циклов, совершаемых в течении одного часа разбрасывателем удобрений $U = i$.

Для выбора основных рациональных параметров разбрасывателей, грузоподъемности и ширины распределения нужно провести сравнительный анализ выбранных машин, для чего надо определить производительность.

На производительность влияют: грузоподъемность – E ; ширина распределения – B ; длина рабочего, холостого пути, скорость движения, норма внесения, производительность погрузчика.

Выберем наиболее распространенные значения всех перечисленных факторов, влияющих на производительность. В настоящее время на внесение удобрений применяют машины с грузоподъемностью от одной до пяти тонн. Для сравнения возьмем разбрасыватель с $E = 1-3-5$ тонн

Ширина распределения зависит от типа применяемого разбрасывающего устройства и заданной нормы внесения удобрений. Дисковые и роторные разбрасыватели дают ширину распределения 20 метров.

Наименьшая величина – B равна 1,5...2 метра, а максимальная 20 м, поэтому принимаем $B = 2...20$ м.

Внесение удобрений – срочная сельскохозяйственная работа. Поэтому удобрение в большинстве случаев заранее вывозится на поле и укладывается в штабели. Основная доля органических удобрений вносится хозяйствами нечерноземной полосы, где длина гона небольшая. Так, в Ленинградской области, длина гона 185 метров. В Великолукской области 60...70% всех участков имеет длину гона 200 м, и только свыше 5...10% длиной свыше 400м.

Длину рабочего хода разбрасывателя берем 200...2000 м. Скорость движения $V_p - 4...15$ км/ч.

Если учитывать применение на работе только тракторов и самоходных шасси, то выбранные пределы изменения скоростей будут достаточны. Норма внесения удобрений обычно выражается тонн/га и колеблется в пределах 2...60 т/га.

Малыми дозами вносятся известь, органоминеральные смеси, большими торфяные и навозные компосты. Заправка большими дозами удобрений, бедных органическими веществами почв, производится на малой площади, по сравнению с внесением малых и средних доз, но по количеству вносимого удобрения представляет трудоемкую и большую работу. Именно на внесение больших доз сельские механизаторы стремятся найти пути высокопроизводительного и дешевого способа распределения удобрений.

Производительность погрузчика – для разгрузки применяют в основном тракторные погрузчики, производительность которых колеблется в пределах 20...60 т/ч.

Литература:

1. Сметнев А.С., Юдин Ю.Б. Подготовка тракторов, сельскохозяйственных машин и механизмов к работе. 2022. с.12-21
2. Кузьмин М.В., Тараторкин В.М., Сметнев А.С. Техническое обслуживание и подготовка машин к эксплуатации. 2021. с. 22-35
3. Карпов А.М., Иншаков А.П., Лезин П.П. и др. Эксплуатация машинно-тракторного парка. 2004. с.65-71
4. Рамазанова Г.Г., Кулаков К.В., Корешкова Т.В. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 16-20.
5. Зимин В.К., Сметнев А.С. Современные тенденции в техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Вестник РГАЗУ. 2015. №19(24), с.69-73.
6. Сивцов В.Н. Восстановление ресурсных деталей машин // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2016. № 22(27). С. 21-25.
7. Зимин В.К. Эффективность использования машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных организациях (на примере Московской области) / Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук, М.: РГАЗУ, 2007. с.84-99.
8. Рамазанова Г.Г., Мазикин А.А., Буш Г.А. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в сельском хозяйстве // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С. 162-167.
9. Гаджиев П.И., Башкиров А.П., Рамазанова Г.Г. [и др.] Влияние технологических приемов на урожайность картофеля // Наука в центральной России. 2022. № 3(57). С.41-47.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОЧВОЙ ПОЧВОЗАСЫПЩИКА ПРИ ЕГО РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ УСТАНОВКИ

Ахметов А.А., д.т.н., профессор, начальник отдела Конструкторский технологический центр сельскохозяйственного машиностроения, г. Ташкент, Республика Узбекистан, tractor@mail.ru,

Остонов Ш.С., докторант, Бухарский институт управления природными ресурсами НИУ «ТИИИМСХ», г. Бухара, Республика Узбекистан, shuhratostonov2@mail.ru

В статье рассматривается влияние угла установки почвозасыпщика устройства для формирования поперечных почвенных валиков в междурядьях на характер взаимодействия его с почвой.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: засоленные земли, полив, устройство, поперечные палы, почвенные валики, почвозасыпщик.

На засоленных землях республики [1] при возделывании хлопчатника в целях снижения содержания солей в почве проводят промывные поливы [2]. Несмотря на эти поливы, из-за подтягивания вверх грунтовых вод почва все равно остается с высоким содержанием солей, что в дальнейшем после каждого вегетативного полива из-за капиллярного подтока и испарения влаги приводит к скоплению солей на верхушке гребней рядков [3,4]. Такое скопление солей в непосредственной близости к растениям приводит негативным последствиям в жизнедеятельности растения.

В целях снижения отрицательного воздействия засоленности почвы на этих землях вегетативный полив (рис. 1) проводят с затоплением до верхней части гребней рядков. Для этого на междурядьях образуют поперечные палы из продольных 2 и поперечных 1 почвенных валиков.

В настоящее время вопрос механизированной поделки продольных валиков решен [5], а вопрос механизированной поделки поперечных валиков остается открытым, их делают ручным способом. Поэтому перед первым и последующими вегетационными поливами формирование поперечных почвенных валиков и после полива их демонтаж, а также обработка почвы между рядками хлопчатника является ключевой задачей механизации.

Для решения этой задачи нами на основе проведенного обзора и патентных исследований разработано техническое решение на уровне патента [6]. На основе, данного технического решения разработано устройство для формирования поперечных почвенных валиков в междурядьях.



Рис.1. Вид вегетативного полива хлопчатника на засоленных землях

Разработанное устройство состоит (рис. 2) из рамы 6, навесного устройства 2, пяти бороздорезов 1, установленных на раме в один ряд на расстоянии 60 см друг от друга и пяти почвозасыпщиков 5, выполненных в виде ковша, установленных на подвижной рамке 4. При этом подвижная рамка шарнирно соединена с основной рамой с ее задней стороны, и она поднимается в транспортное положение и опускается в рабочее положение с помощью гидроцилиндра 3.

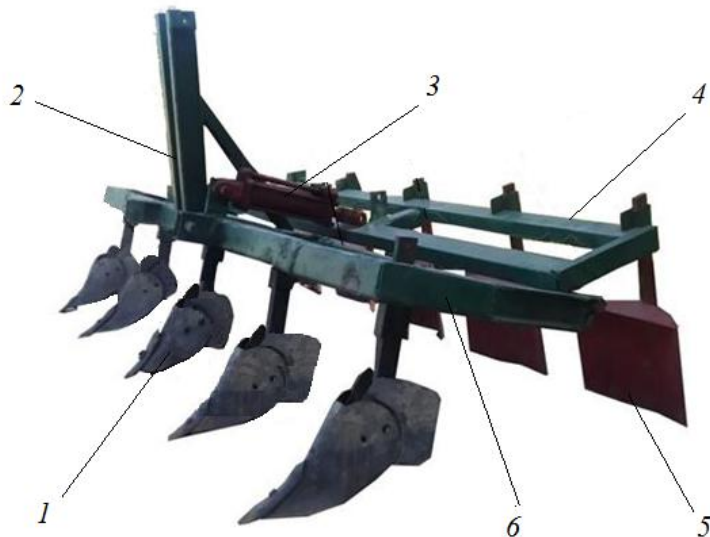


Рис. 2. Устройство для формирования поперечных почвенных валиков в междурядьях

Подъем в транспортное положение и опускания в рабочее положение основной рамы осуществляется навесной системой трактора, а подъем в

транспортное положение и опускания в рабочее положение подвижной рамки осуществляется гидроцилиндром устройства в отдельности.

Во время движения устройство в рабочем положении бороздорезы образуют поливные борозды с междурядьем 60 см. При этом на заранее обозначенных участках по длине гона опускается на краткое время в рабочее положение почвозасыпщик, которые в это время, врезаясь и сдвигая почву, формируют поперечные перегородки. После образования поперечных перегородок в виде земельных насыпей в требуемых объемах, почвозасыпщик, закрепленные к подвижной рамке поднимаются гидроцилиндром в транспортное положение без остановки трактора и без подъема бороздорезов в результате чего образование борозд продолжается, но при этом дальнейшее образование земляных насыпей до следующего опускания почвозасыпщиков в рабочее положение прекращается.

Предварительное апробирование в работе разработанного устройства показало, что длина пути набора необходимого объема почвы и равномерность дна после прохода почвозасыпщика в некоторой степени зависит от угла его установки γ . Для определения рационального значения угла установки почвозасыпщика необходимо проанализировать взаимодействия срезаемой и сдвигаемой им почвы с его поверхностью.

Предварительное апробирование в работе разработанного устройства показало, что длина пути набора необходимого объема почвы и равномерность дна после прохода почвозасыпщика в некоторой степени зависит от угла его установки γ . Для определения рационального значения угла установки почвозасыпщика необходимо проанализировать взаимодействия срезаемой и сдвигаемой им почвы с его поверхностью.

Проведенный анализ взаимодействия срезаемой и сдвигаемой почвозасыпщиком почвы с ее поверхности показал три возможных характерных случая протекания данного процесса, которые в основном зависят от угла установки почвозасыпщика (рис. 3).

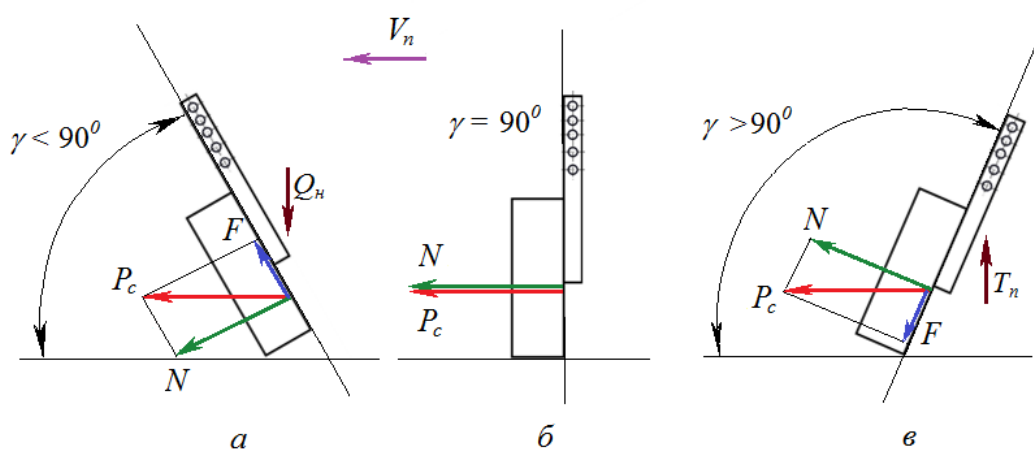


Рис. 3. Силы, действующие во время работы на почвозасыпщика в зависимости от угла его установки

В первом случае, когда угол установки

$$\gamma < 90^{\circ} \quad (1)$$

нормальная составляющая N силы тяги P_c сжимая почву стремится к ее уплотнению, а составляющая F силы тяги P стремится выталкивает почвозасыпщик на верх.

В этом случае для поддержания равномерности глубины хода почвозасыпщика необходимо дополнительная сила нагрузки Q_n прижимающее его к почве. Эта сила определяется как

$$Q_n = P_c \cos \gamma \sin \gamma, \quad (2)$$

где P_c – сила тяги, Н;

γ – угол установки почвозасыпщика, градус.

Существенным недостатком данного случая наряду с уплотнением почвы считается неравномерность глубины хода почвозасыпщика. Кроме того, требуется дополнительное устройство создающее силу нагрузки Q_n , что усложняет конструкцию устройства для формирования поперечных почвенных валиков в междурядьях, а это нежелательно.

Во втором случае, когда угол установки

$$\gamma = 90^{\circ} \quad (3)$$

нормальная составляющая N силы тяги P_c практически соответствует самой силе тяги P_c .

В данном случае составляющая F силы тяги P_c будет равно нулю и глубина хода почвозасыпщика будет стабильным по сравнению с предыдущим случаем и почва перемещается почвозасыпщиком к месту формирования поперечных почвенных валиков без существенного уплотнения. В данном случае конструкция устройства для формирования поперечных почвенных валиков в междурядьях будет наиболее упрощенной.

В третьем случае, когда угол установки

$$\gamma > 90^{\circ} \quad (4)$$

нормальная составляющая N силы тяги P_c приподнимая почву приводит к ее высыпанию по боковым граням почвозасыпщика, что может привести к засыпанию почвой ростков растений. С другой стороны, составляющая F силы тяги P_c способствует заглублению почвозасыпщика в почву, что приводит к нестабильности глубины хода почвозасыпщика, а это также нежелательно. Так как для поддержания равномерности глубины хода почвозасыпщика требуется установить опорные колеса, что естественно повышает массу, следовательно, металлоемкости устройства для формирования поперечных почвенных валиков в междурядьях.

Сопоставляя рассмотренные характерные случаи взаимодействий срезаемой и сдвигаемой почвозасыпщиком почвы с ее поверхностью можно отметить, что с точки зрения равномерности глубины хода, и

перемещении почвы к месту формирования поперечных почвенных валиков без засыпания почвой ростков хлопчатника среди рассмотренных случаев установки почвозасыпщика наиболее приемлемым является угол установки $\gamma = 0^{\circ}$.

Апробирование работы устройства для формирования поперечных почвенных валиков в междурядьях, изготовленного с почвозасыпщиком с углом установки $\gamma = 0^{\circ}$ показало, что устройство обеспечивает качественное формирование поперечного почвенного валика без засыпания почвой ростков хлопчатника.

Литература:

1. Парпиев Г.Т., Кузиев Р.К., Курвантаев Р.К. Особенности структурного состава оазисных почв регионов Узбекистана // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. №2. С.20-24.
2. Типовые технологические карты по уходу за сельскохозяйственными культурами и выращиванию продукции на 2016-2020 годы (часть 1). Минсельхоз РУз. Ташкент. НИИМСХ. 2016. 136 с.
3. Ядгаров Д.С., Икрамова М.Л. Научно-обоснованная система ведения земледелия в Бухарской области. Бухара: "Муаллиф". 2000. 165с.
4. Рахматов Б., Икрамова М.Л. и др. Рекомендации по выращиванию агротехнологии "Бухарского сорта хлопчатника" в почвенно-климатических условиях Бухарской области. Бухара: «Дурдона». 2019. 72 с.
5. Олимов Х.Х., Абдуалиев Н.Х., Муртазов А.Н. Пахта етиштиришда сугоришдан олдин буйлама ва кундаланг поллар хосил килишнинг ахамияти // Agro Pm. Ташкент. 2019. №1(57). Б.61-62.
6. UZ FAP 02144. Устройство для образования поперечных почвенных палов в междурядьях хлопчатника / Ш. Остонов, Х. Олимов, А. Жураев, Х. Нуриддинов. Бюл. 2022. №12-1.
7. Гаджиев П.И., Башкиров А.П., Рамазанова Г.Г. [и др.] Влияние технологических приемов на урожайность картофеля // Наука в центральной России. 2022. № 3(57). С.41-47.
8. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Манаенков К.А. Повышение эффективности обработки почвы для комбайновой уборки картофеля // Наука в центральной России. 2020. №4 (46). С. 33-40.
9. Гаджиев П.И., Башкиров А.П., Рамазанова Г.Г. [и др.] Результаты полевых испытаний картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 оснащенного интенсификатором // Наука в центральной России. 2022. № 3(57). С.41-47.
10. Успенский И.А., Юхин И.А., Гаджиев П.И. [и др.] Экономическая эффективность комбайновой уборки картофеля с применением интенсификатора сепарирующего элеватора // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. Рязань, РГАТУ. 2022. Т.14. № 4. С.177-184.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕХАНИЗМА ИЗМЕНЕНИЯ БАЗЫ УНИВЕРСАЛЬНО-ПРОПАШНОГО ТРАКТОРА

Ахметов А.А., д.т.н., профессор, начальник отдела, Конструкторский технологический центр сельскохозяйственного машиностроения, г. Ташкент, Республика Узбекистан, tractor@mail.ru,

Каримов А.К., ассистент, Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Республика Узбекистан, abrorkarimov@bk.ru,

Норматов М.Ш., магистрант, Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова, г. Ташкент, Республика Узбекистан, normatovmsh@gmail.com.

В статье изучены вопросы работоспособности механизма изменения базы универсально-пропашного трактора и методика расчета его ответственных узлов на прочность.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: трактор, база, механизм, работоспособность, устойчивость, маневренность, управляемость.

Значительная часть пахотных земель, пастбищ и сенокосов в республике расположена в горных или предгорных районах, посевная площадь которых имеет неравномерную поверхность со сложной конфигурацией и большинстве случаев значительную склонность [1,2]. На сегодняшний день эти земли освоены не полностью из-за трудности механизации работ связанной с отсутствием или нехваткой техники, способной выполнять технологические и уборочно-транспортные операции на участках со сложной конфигурацией, имеющим значительную склонность.

Трудности механизации работ состоят в том, что при работе на этих участках из-за их значительного уклона местности продольная и поперечная устойчивость серийных тракторов снижается, а сложная конфигурация контуров полей ухудшают маневренности и управляемости серийных тракторов.

С точки зрения устойчивости движения более благоприятна и безопасна работа с машинотракторными агрегатами, составленными на базе тракторов с большей колеёй, удлиненной базой и низким клиренсом, следовательно, низким расположением центра тяжести [3]. Поэтому при работе на транспортных работах на предгорных и горных участках, особенно на крутых поворотах и склонах, для обеспечения устойчивости трактора его база должна быть наибольшим. В то же время для обработки междурядий овощеводческих и бахчеводческих культур, возделываемых

на картах со сложной конфигурацией контуров, для обеспечения хорошей маневренности и минимального радиуса поворота, наоборот, база трактора должна быть наименьшим. Кроме того, учитывая то, что в республике возделываются сельскохозяйственные культуры с низким, средним и высоким стеблем клиренс трактора должен быть адаптирован к ним. В настоящее время, хотя вопросы изменения клиренса [4] и колеи [5] трактора решены, но серийные универсально-пропашные тракторы не имеют возможности изменения базы.

Для решения данной проблемы в Конструкторском технологическом центре сельскохозяйственного машиностроения разработан макетный образец универсально-пропашного трактора с изменяемой базой (рис. 1) [6].



Рис. 1. Универсально-пропашной трактор с изменяемой базой в приращенной (а) и укороченной (б) базе

Возможность изменения базы универсально-пропашного трактора с одной стороны (при уменьшении) приводит к уменьшению ширины поворотной полосы, следовательно, вытоптанной ходовой системой трактора без обработки площади, а с другой (при увеличении) к устойчивости движения по неровной местности. Поэтому основным назначением трактора при минимальной базе является механизация полевых работ по посеву, возделыванию и уборке урожая сельскохозяйственных культур при его агрегатировании с навесными, полуприцепными или прицепными сельскохозяйственными машинами и орудиями, а при максимальной базе – выполнение погрузочно-транспортных работ.

Отличительная особенность разрабатываемого трактора от серийного это наличие в нем механизма изменения базы трактора. Компактность и безотказность работы этого механизма во многом зависит от правильно подобранных конструктивных размеров и материала его деталей. Это обстоятельство особое значение приобретает для наиболее

нагруженных деталей механизма изменения базы трактора. Одним из таких деталей в механизме изменения базы трактора, как показала проверка его работоспособности лабораторно-полевых условиях, являются передние и задние звенья, которые вместе обеспечивают движение всего механизма под воздействием гидроцилиндра. При этом наиболее нагруженным оказались передние звенья (рис. 2).

Каждый из передних звеньев выполнено с тремя проушинами. Посредством осей, вставленных в верхнюю 1 и нижнюю 3 проушину, переднее звено шарнирно соединено с одной стороны брусом полурамы, закрепленной лонжеронам трактора, а с другой – кронштейном, несущим переднюю балку. Как уже было сказано передние звенья и вместе с ними кронштейн с передней балкой приводятся в движение гидроцилиндром. Для этого переднее звено посредством средней 2 проушины шарнирно насажено на оси связанной со штоком гидроцилиндра. При этом на ось приложено значительное усилие от силового гидроцилиндра.

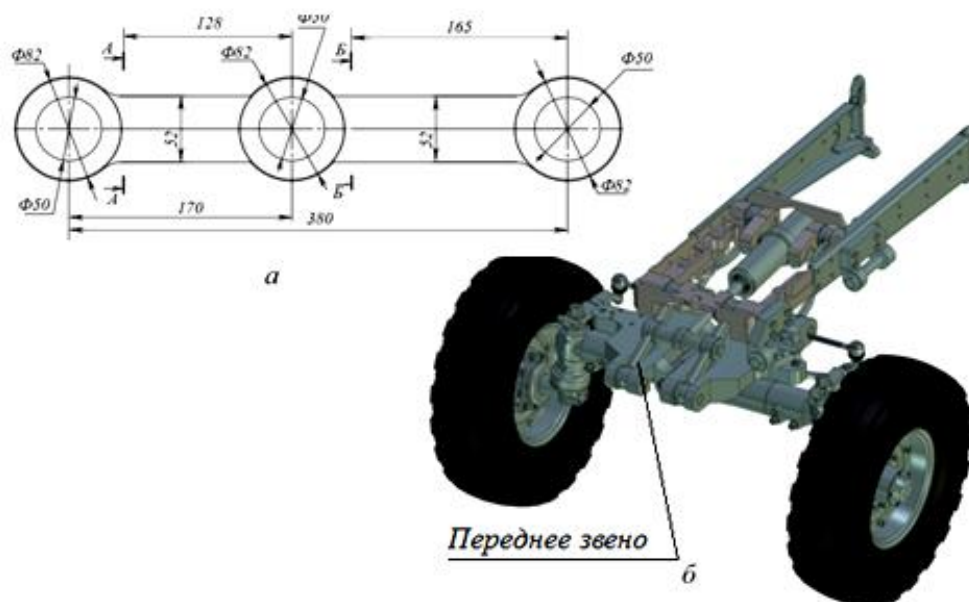


Рис. 2. Расчетная схема (а) и месторасположение (б) переднего звена механизма изменения базы трактора

Анализ работы механизма изменения базы трактора показывает (рис. 3), что под воздействием сил гидроцилиндра F_u , тяжести передней части трактора G_n и затрачиваемое на перекачивание передней балки P_f на нижнюю проушину (точка К) действует значительное усилие F_{21} по сравнению с верхней проушиной (точка О). При этом максимальное напряжение в нижней проушине переднего звена от внешней силы возникает, как правило, на контуре отверстия и значительно реже на внешнем контуре.

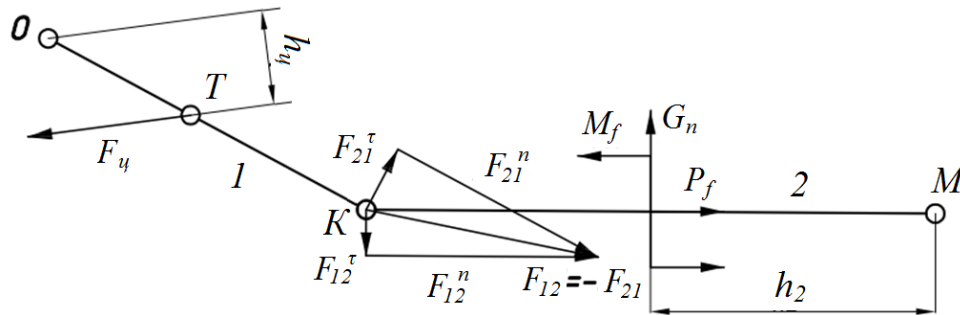


Рис.3. Схема для определения составляющих реакции в нижней проушине (точка K):
1- переднее звено, 2 - кронштейн

В боковой перемычке максимальное напряжение в несколько раз превышает номинальные напряжения [7]

$$\sigma_{\max} = \alpha_p \cdot \sigma, \quad (1)$$

где α_p – теоретический коэффициент концентрации напряжения.

Во время работы механизма на нижнюю проушину переднего звена воздействует сила F_{12} . Тогда среднее номинальное напряжение в сечении по отверстию будет

$$\sigma = \frac{F_{12}}{(D-d) \cdot b}, \quad (2)$$

где D – наружный диаметр проушины, $D = 82$ мм; d – внутренний диаметр проушины, $d = 50$ мм.

Так как $\frac{d}{D} = 0.61$ и при наличии зазора $\varepsilon = 0,2 \dots 0,3\%$ [6] то теоретический коэффициент концентрации напряжения будет

$$\alpha_p = 0,85 + 0,95 \frac{D}{d} = 0,85 + 0,95 \frac{82}{50} = 2,41.$$

Согласно (2) напряжение в сечении по отверстию

$$\sigma = \frac{0,5 \cdot 89702}{(82 - 50) \cdot 40} = 35,04 \text{ МПа},$$

а с учетом (1) его максимальное значение будет

$$\sigma_{\max} = 2,41 \cdot 35,04 = 84,45 \text{ МПа}.$$

При условии прочности

$$\sigma \leq [\sigma]_{cp}, \quad (3)$$

если учесть то, что согласно работе [7]

$$[\sigma]_{cp}^{35Л} = 37,28 \text{ МПа}; \quad [\sigma]_{cp}^{40X} = 147,15 \text{ МПа},$$

то расчет показал, что отливка из стали 35Л не обеспечивает, даже при дополнительной закалке, достаточную прочность переднего звена. Возможен срез тела проушины. Поэтому рекомендуется заменить отливку

из стали 35Л на поковку из стали 40Х.

На основе проведенных расчетов был изготовлен экспериментальный вариант механизма изменения базы трактора, который был установлен на серийном тракторе ТТЗ 80.10 и апробирован в работе в лабораторно-полевых условиях.

Апробирование разработанного универсально-пропашного трактора, снабженного механизмом изменения базы, показало его работоспособность, перевод трактора с одной базы на другой осуществляется без трудности с помощью гидросистемы трактора.

Лабораторно-полевые испытания механизма изменения базы трактора подтвердила правильности проведенных расчетов и показала надежности работы переднего звена, изготовленного из стали 40Х с рекомендуемыми параметрами заложенных в его конструкцию.

Таким образом, проведенные исследования показали, что разработанный механизм изменения базы работоспособен и с его помощью без монтажно-демонтажных работ осуществляется перевод трактора с одной базы на другой. При этом укороченная база трактора существенно уменьшает радиус поворота трактора, а удлиненная база повышает продольной устойчивости трактора. При этом расчетно-аналитическими исследованиями параметров, заложенных в конструкцию ответственных узлов механизма изменения базы трактора установлено необходимости внесения в конструкцию механизма некоторых изменений, в частности:

- отливка из стали 35Л не обеспечивает, даже при дополнительной закалке, достаточную прочность переднего звена механизма. Возможен срез тела проушины. Рекомендуется заменить отливку из стали 35Л на поковку из стали 40Х;

- заложенные в конструкцию параметры механизма изменения базы трактора обеспечивает работоспособности механизма при изготовлении нижней проушины его переднего звена из стали 40Х.

В окончательном варианте предоставляемой в настоящее время к испытаниям универсально-пропашном тракторе с изменяемой базой учтены все вышеизложенные рекомендации.

Литература:

1. Парпиев Г.Т., Кузиев Р.К., Курвантаев Р.К. Особенности структурного состава оазисных почв регионов Узбекистана // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. №2. С.20-24.

2. Рамазанова Г.Г., Мазикин А.А., Буш Г.А. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в сельском хозяйстве // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С. 162-167.

3. Анилович В.Я., Водолажченко Ю.Т. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов. М.: Машиностроение. 1976. 456 с.

4. A. Akhmetov, R. Botirov, Sh Abdurokhmonov. Mechanism for changing the rear axle clearance of a universal-tiller tractor // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012125. 8 p.

5. Akhmetov A.A., Akhmedov Sh.A., Kambarova D.U. Adaptation of the track of cotton-growing tractors TTZ-831 and TTZ-831 LS on a row spacing of 76 cm // Harvard Educational and Scientific Review. 0362-8027. Vol.2. Issue 1 Pages 3-6.

6. Ахметов А.А., Усманов И.И., Асамов С. Выбор конструкции универсально-пропашного трактора с изменяющейся базой. Ж. ФарПИ ИТЖ, 2017. Т. 21 (2). С. 132-135.

7. Бойцов Б.В., Кравченко Г.Н. Расчет проушин на прочность и долговечность. М.: Машиностроение. 1989. 51 с.

8. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.1. М.: Машиностроение. 1979. 728 с.

9. Рамазанова Г.Г., Кулаков К.В., Корешкова Т.В. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 16-20.

10. Зимин В.К., Сметнев А.С. Современные тенденции в техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Вестник РГАЗУ. 2015. №19(24), с.69-73.

11. Сивцов В.Н. Восстановление ресурсных деталей машин // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2016. № 22(27). С.21-25.

УДК 62-5

ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Сахапов Р.Л. д.т.н., профессор, профессор кафедры цифровые дорожные технологии, Казанского государственного архитектурно-строительного университета, e-mail: maratmax@yandex.ru,

Махмутов М.М., к.т.н., доцент, доцент кафедры цифровые дорожные технологии, Казанского государственного архитектурно-строительного университета, e-mail: maratmax@yandex.ru,

Махмутов М.М., д.т.н., доцент, профессор кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: mansur.mahmutov@yandex.ru

Развитие и использование технологий элементов роботизации представляет собой специфической тенденцией современного этапа формирования дорожно-строительного набора. Рассмотрены вопросы кинематической точности манипуляционных дорожно-строительных производственных роботов. Получены зависимости, которые связывают общую погрешность позиционирования робота через погрешности координат, характеристики программируемого манипулятора и его положение в трудовой зоне. Верность позиционирования производственных

роботов представляет собой его важнейшей и комплексной характеристикой, от которой напрямую зависит выполнение определенной технологической операции. Поставлена и решена прямая и обратная проблема кинематической точности манипуляционных роботов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дорожно-строительная сфера, транспортные организации, кинематическая верность, погрешность позиционирования, прямая и обратная задачи кинематической точности.

Переход на автоматизированные технологии в разных отраслях человечества, в том числе в дорожно-строительной сфере, представляет собой одним из приоритетов научно-технического формирования Российской Федерации [1]. В дорожно-транспортном комплексе государства реализуются большие инфраструктурные проекты. Перспективы успеха данных проектов прямо связаны с интенсификацией технологических процессов при производственном процессе дорожно-строительных работ. Можно сказать, что без комплексной механизации и автоматизации всевозможных производственных процессов дорожное строительство на сегодняшнем этапе просто нельзя [2-4].

Использование роботизированных систем при проектировании, строительстве и использования автомобильных дорог существенно сокращает время, нужное для технологических операций, повышает уровень качества и продуктивность дорожно-строительных работ, а также обеспечивает безопасность в транспортной среде (рис. 1).



Рис.1. Факторы эффективности применения робототехники

В последние годы активно ведутся разработки по созданию интеллектуальных мобильных роботов, способных формировать модель уличной среды на открытом воздухе [5, 6]. Интеллектуальный робот

способен создавать модель производственной среды, распознавать и анализировать ситуации в условиях неполного знания меняющихся производственных ситуаций. Модификация и разработка новых поколений роботизированных устройств позволят уменьшить общее время, которое затрачивается на некоторые дорожно-строительные работы, при условии увеличения качества дорожно-строительных работ.

Материалы и методы. В этой работе для исследования промышленных роботов были использованы следующие стандарты и методы.

ГОСТ Р 60.0.3.1-2016 Роботы и роботизированные устройства. Типы тестов.

ГОСТ р ИСО 8373-2014 Роботы и роботизированные устройства. Термины и определения.

ГОСТ 30097-93 "Промышленные роботы".

ГОСТ 30220-95 Типы, основные параметры и габариты манипуляторов.

Очень важно использовать автономные и дистанционно управляемые роботизированные дорожно-строительные машины для погрузки и разгрузки, а также для транспортировки, чтобы обеспечить рабочую зону техническими средствами и материалами [7]. Ключевым аспектом применения данного вида оборудования при производстве дорожно-строительных работ является кинематическая точность робототехники, выполнение заданных положений захвата с требуемой точностью.

Точность позиционирования робота оценивается на основе его ошибки позиционирования, отклонения фактического положения выходного сигнала исполнительного механизма от фиксированного значения. Погрешность позиционирования может быть оценена в линейных и угловых значениях.

Рассмотрим ниже одну из наиболее важных составляющих точности позиционирования робота - кинематическую точность робота. Под кинематической точностью робота мы подразумеваем погрешность (error) положения выходного соединения исполнительного механизма робота, возникающую в результате ошибок при обработке исполнительными механизмами и системой управления программных значений обобщенных управляемых координат.

В большинстве промышленных роботов для дорожного строительства со средней грузоподъемностью от 10 до 50 кг эти ошибки являются основными, влияющими на основную ошибку позиционирования.

Фактические значения обобщенных координат манипулятора отличаются от значений программного обеспечения на величину Δq_i ($i = 1, \dots, n$), где n - количество степеней свободы системы, так что фактическое положение рукоятки отличается от заданного. Мы будем различать

линейную и угловую погрешности робота.

Для определения этих ошибок с захватным устройством свяжем систему координат Ox и z и ее заданное программное положение $O_n x_n y_n z_n$ будет отличаться от действительного положения $O_d x_d y_d z_d$ (рис.2).

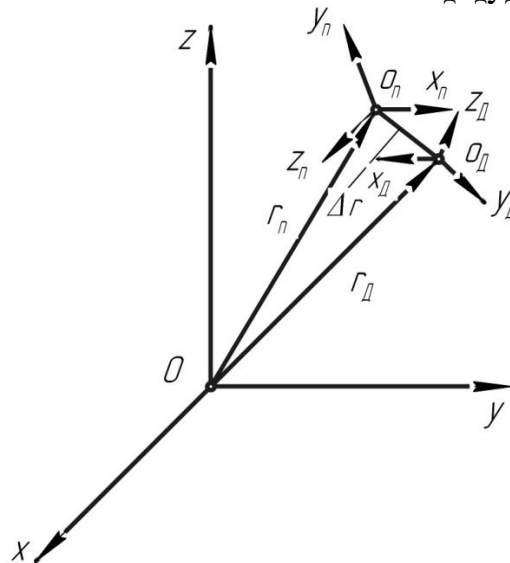


Рис. 2. К расчету ошибки позиционирования робота

Значение $(\Delta r) = r_n - r_d$ называется погрешностью линейного манипулятора, а угол, на который необходимо повернуть систему $O_n x_n y_n z_n$, чтобы ее оси были параллельны соответствующим осям системы $O_d x_d y_d z_d$, называется погрешностью угла манипулятора. Такое вращение всегда возможно в соответствии с известной теоремой Эйлера-Д'Аламбера.

Радиус-вектор любой точки захватного устройства может быть записан в виде:

$$\bar{r} = \bar{r}(q_i), i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где n – число степеней подвижности манипулятора.

Продифференцировав последнее выражение, получим:

$$d\bar{r} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \bar{r}}{\partial q_i} dq_i. \quad (2)$$

Заменяя дифференциалы конечными приращениями, найдем линейную ошибку:

$$\Delta \bar{r} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \bar{r}}{\partial q_i} \Delta q_i,$$

где Δq_i – ошибки обобщенных координат.

Координаты вектора \bar{r} в неподвижной системе координат можно определить путем использования умножения координат точки схвата в системе координат, связанной со схватом на матрицы, определяющие относительное положение звеньев, следующим образом:

$$\|\bar{r}\| = M_1, M_2, \dots, M_n, \|\bar{r}_n\|,$$

где $\|\bar{r}\|$ – столбец координат вектора \bar{r} в неподвижной системе координат, $\|\bar{r}_n\|$ – столбец координат точки схвата в системе координат,

связанного со схватом. $M_i (i = 1, \dots, n,)$ – матрицы перехода четвертого порядка от звена i и звена i_{-1} .

Из-за того, что в выражении для координаты точки, вектор имеет довольно большую степень свободы, то и выражения получаются очень громоздкими. Кроме того, для получения выражения линейной промахи эти выражения нужно дифференцировать, что представляет собой очень трудоемким. Поэтому получим формулу для оценки линейной промахи не содержащую операцию дифференцирования. Считая векторы относительных угловых скоростей скользящими, а векторы относительных линейных скоростей свободными запишем выражение вектора линейной быстроты точки схвата в виде:

$$V = \sum_j \omega_j \cdot r_{jn} + \sum_i v_i, \quad (4)$$

где j – номер вращательной пары; i – номер поступательной пары.

Но $\omega_j = \dot{\varphi}_j \cdot e_j$, а $v_i = \dot{s}_i \cdot e_i$,

где e_j, e_i – орты соответственно вращательных и поступательных пар, $\dot{\varphi}_j, \dot{s}_i$ – углы поворотов и перемещения в поступательных парах соответственно, определяемые по формулам:

$$\dot{\varphi}_j = \frac{d\varphi_j}{dt}; \quad \dot{s}_i = \frac{ds_i}{dt}.$$

Тогда на основе (4) получим:

$$d\bar{r} = \sum_j d\varphi \cdot \bar{e}_j \cdot \bar{r}_j + \sum_i ds_i \cdot \bar{e}_i, \quad (5)$$

или в конечной форме выражение для линейной ошибки манипулятора:

$$\Delta\bar{r} = \sum_j \Delta\varphi_j \cdot \bar{e}_j \cdot \bar{r}_j + \sum_i \Delta s_i \cdot \bar{e}_i, \quad (6)$$

где $\Delta\varphi_j, \Delta s_i$ – ошибки соответственно во вращательных и поступательных парах.

В частности ошибка положения выходного звена модульного робота РПМ-25, показанного на рисунке 2 может быть представлена в виде:

$$\overline{\Delta r_6} = \overline{\Delta\varphi_6} \cdot (\bar{l}_1 \cdot \bar{r}_{16}) + \Delta s_2 \cdot \bar{l}_2 + \Delta s_3 \cdot \bar{l}_3 + \overline{\Delta\varphi_4} \cdot (\bar{l}_4 \cdot \bar{r}_{46}) + \Delta\varphi_5 \cdot \bar{l}_5 \cdot \bar{r}_{56} + \Delta\varphi_6 \cdot \bar{l}_6 \cdot \bar{r}_6,$$

где $\bar{r}_{46}, \bar{r}_{56}, \bar{r}_6$ – радиус-векторы, определяющие положение точки схвата, относительно центров пар D, E и F соответственно.

Угловую ошибку и положения твердого тела в пространстве как одну величину можно определить, как тренд конечного поворота, считая угол поворота малым. В это время на основании популярного правила сложения маленьких поворотов твердого тела можно записать:

$$\Delta\bar{\varphi} = \sum_j \Delta q_j = \sum_j \Delta q_j \cdot \bar{e}_j, \quad (7)$$

где $\Delta\bar{q}_j$ – ошибка обобщенной координаты его вращательной кинематической пары, \bar{e}_j – орт оси шарнира j .

Так как векторы Δq_j и \bar{e}_j заданы в системах координат звеньев j , последней формуле можно придать вид:

$$\Delta \bar{\varphi} = \sum_j \Pi L_j \Delta q_j \cdot \bar{e}_j q_j, \quad (8)$$

где L_j – матрица перехода третьего порядка от системы номера j к системе $j-1$.

Вероятность осуществления роботом определенной технологической дорожно-строительной операции определяется соотношением промахи позиционирования задаваемой операцией и ошибкой позиционирования реализуемой работы. Умозаключения Верность позиционирования производственных роботов представляет собой его важнейшей и комплексной характеристикой, от которой напрямую находится в зависимости выполнение определенной технологической операции. В оперативно меняющемся мире проблема предприятия нормально управляемой дорожно-транспортной организации представляет собой очень важной. Развитие и использование технологий элементов роботизации помогает выйти на качественно новый степень создания транспортных систем с высокой надежностью и эффективностью деятельности.

Литература:

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года от 22 ноября 2008 г. №1734-р (в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 г. №1032-р).
2. Воробьев Е.И., Козырев Ю.П., Царенко. Промышленные роботы агрегатно-модульного типа. М.: Машиностроение, 1988. 240 с.
3. Доценко А.И., Карасев Г.Н., Кустарев Г.В., Шестопапов К.К. Машины для земляных работ: учебник для студентов вузов. М.: «Издательский Дом «БАСТЕТ», 2012. 688 с.
4. Мухаметшина Р.М., Петров А.В. Безопасная дорожная инфраструктура на основе ВМ технологий // Вестник НЦ БЖД, 2018. №2. С. 84-87.
5. Грабауров В.А. Интеллектуальная транспортная система как инновационная концепция развития транспорта // Наука и техника. 2014. №1. С. 63-69.
6. Козлов Л.Н., Урличич Ю.М., Циклис Б.Е. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России // Транспорт Российской Федерации. 2009. №3-4(22-23). С. 30-35.
7. Козырев Ю.П. Промышленные роботы: Справочник. М.: Машиностроение, 1983. 376 с.
8. Рамазанова Г.Г., Кулаков К.В., Корешкова Т.В. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 16-20.
9. Зимин В.К., Сметнев А.С. Современные тенденции в техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Вестник РГАЗУ. 2015. №19(24), с.69-73.
10. Сивцов В.Н. Восстановление ресурсных деталей машин // Вестник

Российского государственного аграрного заочного университета. 2016. № 22(27). С. 21-25.

11. Зимин В.К. Эффективность использования машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных организациях (на примере Московской области) / Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук, М.: РГАЗУ, 2007. – С.84-99.

УДК 631.362.3:633.491

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПРИМЕСЕЙ ОТ КЛУБНЕЙ ПРИ СОРТИРОВании КАРТОФЕЛЯ

Салтыков М.М., магистрант кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (991) 130-10-30,

Горюнов С.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-48-81,
e-mail: mpippp@rgazu.ru

Предложена конструкция устройства для отделения твердых примесей (камней, комков почвы) от клубней при сортировании картофеля. Теоретически и экспериментально проанализирована работа питателя, позволяющего равномерно и поштучно подавать ворох на разделяющую поверхность.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: клубень, сила тяжести, равномерность дозирования, производительность питателя.

Современные картофелеуборочные комбайны не в состоянии убирать с поля только клубни, в связи с этим в бункере комбайна получается картофельный ворох, состоящий из клубней и примесей (в основном комков и камней). Однако используемые на сельскохозяйственных предприятиях картофелесортировальные пункты типа КСП-25 и др. не имеют устройств, позволяющих механизировано отделять примеси из картофельного вороха, и эта операция выполняется вручную, что делает процесс очень трудоемким и не всегда качественным.

При переработке картофеля на пищевые продукты или в кормовых целях отделение камней и комков почвы осуществляется в процессе мойки за счет разницы плотностей компонентов вороха. Средняя плотность картофеля равняется 1168 кг/м^3 . Средняя же плотность камня – более 2200 кг/м^3 (при нормальных условиях). Плотность кирпича колеблется от 1700 до 1900 кг/см^3 .

Очевидно, что наиболее эффективны устройства, реализующие в своем технологическом процессе различие по плотности.

Отделение камней и почвенных комков от картофеля, не подлежащего переработке (продовольственный, семенной) представляет

собой значительную сложность, поскольку расслоение компонентов за счет силы тяжести в воде недопустимо. Сепарация компонентов в псевдооживленном слое зернистого материала не получила распространения из-за необходимости регулярной регенерации слоя.

В предлагаемой конструкции устройства отделение компонентов с разной величиной плотности осуществляется на рабочей поверхности, представляющей собой набор спиц из пружинной проволоки установленных параллельно и с зазором. Спицы закреплены консольно у места подачи материала, а вся рабочая поверхность расположена под углом к горизонту, превышающем угол качения картофеля и камней (в том числе и камней имеющих угловатую форму). При этом угол наклона не должен быть значительным, чтобы компоненты не развивали скорость скатывания, при которой спицы не успеют деформироваться.

Принцип работы предлагаемого устройства выглядит следующим образом. Подаваемый питателем поштучно материал скатывается по рабочей поверхности и за счет действия сил тяжести различной величины для частиц, отличающихся по плотности происходит деформация спиц. Таким образом, спицы под камнем прогнутся на большую величину, что обеспечит сход камня с рабочей поверхности ближе к месту разгрузки. Клубни скатываются с менее деформированных спиц в наклоненный приемный лоток с дальнейшей подачей в транспортное средство или на транспортер.

С целью увеличения производительности устройства поштучное распределение компонентов на рабочей поверхности осуществляется питателем с увеличенным фронтом подачи. Ленточный питатель выполнен с боковым вариантом разгрузки посредством использования одного из бортов в качестве плужкового разгрузителя. Разгрузочный борт устанавливается с некоторым зазором от поверхности ленты для отвода с нее основной части транспортируемого груза.

Следует отметить, что предлагаемое устройство рассматривается не как самостоятельная машина, а как дополнение к существующим картофелесортировальным пунктам, лишенным функции отделения камней. Поэтому ворох, поступающий на рабочую поверхность уже отсортирован по размеру.

Проведение предварительных экспериментов показало, что важным критерием устойчивого режима работы питателя является неизменность высоты транспортируемого слоя на всей площади несущей поверхности. В связи с этим, для предотвращения скопления груза на вертикальной плоскости разгрузочного борта, пересыпания через него и для поддержания высоты слоя постоянной, верхняя часть питателя выполнена закрытой кожухом с регулируемой высотой расположения. Высота установки верхнего кожуха зависит от размеров компонентов вороха, с учетом того, чтобы они при движении располагались в один слой и при

этом не контактировали с кожухом. Для выпрямления ленты в месте разгрузки предусмотрен опорный стол, выполненный из гладкого стального листа.

Подача материала питателем по своей природе является случайной величиной, изменяющейся во времени. На практике, при непрерывном объемном дозировании за промежуток времени T работы подвижного конвейера, оценка точности дозатора основана на контрольном взвешивании проб, масса которых равна:

$$m = \int_0^T Q(t) dt,$$

При этом экспериментальная автокорреляционная функция расхода аппроксимируется зависимостью:

$$R_\tau(\tau) = \sigma_Q^2 \exp\{-\alpha(\tau)\} \cos \beta\tau,$$

где τ – время сдвига;

σ_Q – среднее квадратичное отклонение расхода;

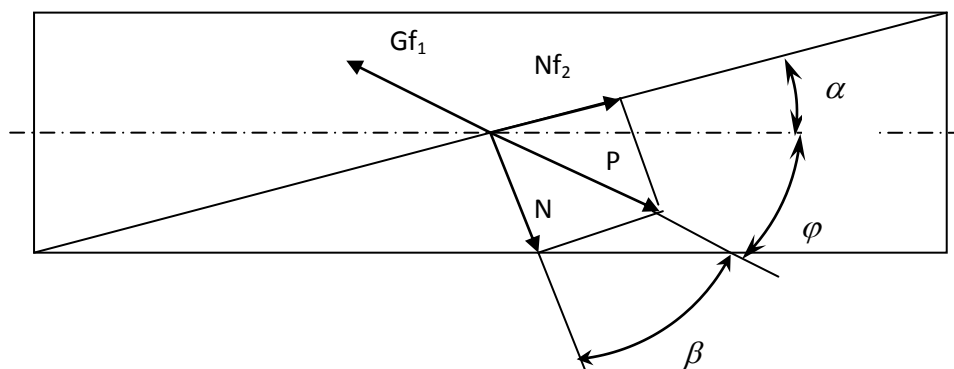
α – параметр, характеризующий затухание автокорреляционной функции;

β – преобладающая частота случайных колебаний расхода, c^{-1} .

При движении вдоль вертикальной плоскости разгрузочного борта груз имеет следующие скорости движения: абсолютную v_a ; переносную v_n , равную скорости движения ленты питателя, и относительную v_o . По теореме синусов из треугольника ABC (рис. 1) имеем

$$\frac{g_a}{\sin[90 - (\alpha + \varphi_2)]} = \frac{g_n}{\sin(90 + \varphi_2)},$$

$$g_a = g_n \frac{\cos(\alpha + \varphi_2)}{\cos \varphi_2},$$



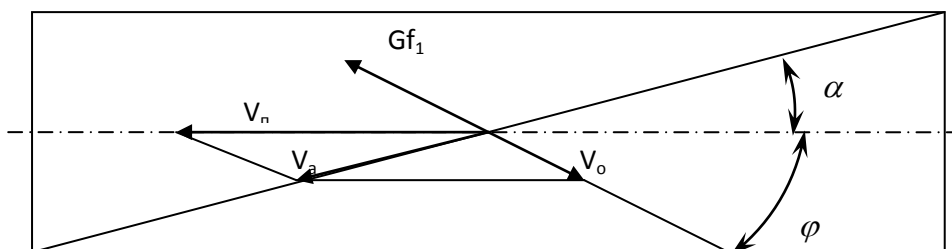


Рис. 1. Схемы сил и скоростей при движении груза по вертикальному борту

Относительная скорость по теореме синусов для треугольника ВСД (рис. 1) определяется следующим образом:

$$\frac{g_n}{\sin(90 + \varphi_2)} = \frac{g_o}{\sin \alpha},$$

$$g_o = g_n \frac{\sin \alpha}{\cos \varphi_2},$$

Производительность такого устройства будет эквивалентна производительности ленточного питателя с фронтальным способом разгрузки ввиду того, что потери в скорости, вызванные изменением направления движения груза, будут компенсированы увеличением площади выгрузного окна и некоторым увеличением плотности транспортируемого материала.

То есть:

$$Q = b_1 h g_n \rho k = b_2 h v_n \frac{\sin \alpha}{\cos \varphi_2} \rho k,$$

где b_1 , b_2 и h – соответственно ширина и толщина слоя продукта на ленте обычного ленточного питателя и питателя с боковым вариантом разгрузки, м;

v_n – скорость ленты, м/с;

ρ – плотность продукта, кг/м³;

k – коэффициент заполнения желоба.

С целью определения равномерности распределения питателем компонентов вороха по всей длине фронта разгрузки проведены следующие исследования.

Для детального исследования качества дозирования и распределения использовался специально изготовленный опытный образец питателя (рис. 2), ящик длиной, равной длине выгрузного окна питателя и разделенный на 10 равных секций (рис. 3), лабораторные весы, секундомер.



Рис. 2. Опытный образец питателя



Рис.3. Многосекционный ящик для определения равномерности подачи вороха

Время проведения эксперимента равнялось одной минуте. При работе питателя ворох скатывался в секции ящика, после чего масса компонентов в каждой секции взвешивалась.

По результатам взвешиваний определялась действительная производительность питателя, приходящаяся на каждую секцию ящика по формуле:

$$Q_o = \frac{3,6 \cdot m_i}{t},$$

где m_i – масса материала в i -й секции ящика, кг;

t – продолжительность эксперимента, с.

Сумма производительностей питателя, приходящихся на каждую секцию ящика, является действительной производительностью всего питателя.

Определение равномерности распределения компонентов вороха

Номер эксперимента	Номер секции	Масса высева материала, кг испытуемого	Продолжительность работы питателя при эксперименте, с	Действительная производительность питателя, т/ч	Отклонение от среднего значения
1	1	1,094	60	0,0656	-0,0002
	2	1,094	60	0,0656	-0,0002
	3	1,102	60	0,0661	0,0003
	4	1,098	60	0,0658	0
	5	1,093	60	0,0655	-0,0003
	6	1,096	60	0,0657	-0,0001
	7	1,096	60	0,0657	-0,0001
	8	1,101	60	0,0660	0,0002
	9	1,102	60	0,0661	0,0003
	10	1,096	60	0,0657	0,0001
Среднее		1,097		0,0658	
2	1	1,096	60	0,0657	-0,0001
	2	1,098	60	0,0658	0
	3	1,094	60	0,0656	-0,0002
	4	1,098	60	0,0658	0
	5	1,097	60	0,0658	0
	6	1,101	60	0,0660	0,0002
	7	1,096	60	0,0657	-0,0001
	8	1,101	60	0,0660	0,0002
	9	1,098	60	0,0658	0
	10	1,098	60	0,0658	0
Среднее		1,097		0,0658	

Чтобы охарактеризовать точность результатов наблюдения необходимо определить стандартное отклонение, а также точность результатов наблюдения.

Для этого сначала по значениям отклонений d_i вычисляется дисперсия S^2 по формуле:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} d_i^2}{n-1} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Отсюда стандартное отклонение вычисляется как:

$$S = \sqrt{S^2}$$

По специальным таблицам [1] находим коэффициент

нормированных отклонений (или, иначе, критерий Стьюдента). В зависимости от значения надежности $\alpha = 0,95$ и числа степеней свободы $\nu = n - 1$ выбираем $t_{0,25} = 2,26$.

Далее вычисляется точность прямого измерения по формуле:

$$\varepsilon_{a,\nu} = t_{a,\nu} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Определим грубые погрешности по стандартному отклонению:

$$d_{ep} > \frac{3S}{\sqrt{n}}$$

Вычисляем грубые погрешности по точности прямого измерения:

$$d_{ep} = \varepsilon_{a,\nu} \sqrt{2}$$



Рис. 4. Исследование равномерности дозирования

По результатам вычислений дисперсия составила $S^2=4,7 \cdot 10^{-8}$, стандартное отклонение $S=2,2 \cdot 10^{-4}$, а точность прямого измерения $\varepsilon_{a,\nu}=1,5 \cdot 10^{-4}$.

Таким образом, использование предлагаемой конструкции вполне оправданно. Распределение вороха по всему фронту разгрузки сравнительно равномерное.

Отклонение действительной производительности в некоторых секциях относительного среднего значения вызвано, прежде всего, несовершенством изготовления опытного образца. Выразилось это во взаимодействии стыка ленты с приводным и натяжным барабанами, а также задеванием стыка ленты о край опорного стола.

При устранении указанных конструктивных замечаний исследуемая конструкция будет соответствовать предъявляемым к ней технологическим требованиям.

Литература:

1. Русин Г.Г. Физико-химические методы анализа в агрономии. – М.: Агропромиздат, 1990. 303 с., ил.
2. Горюнов С.В., Кравченко И.Н. Ресурсосберегающая технология и технические средства для приготовления кормов в крестьянско-фермерских хозяйствах: Актуальные вопросы развития аграрного образования и науки: Материалы международной научно-практической конференции: Часть 1/Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. М., 2010. С. 126-130.
3. Горюнов С.В. Основные конструктивные элементы и порядок работы установки для приготовления витаминизированной кормовой смеси: Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2007. №3. С. 145.
4. Патент 2462862С2 Russian Federation, МПК2010146032 А01G 31/04, А23N 17/00, В01F 7/00. Установка для приготовления витаминизированной кормовой смеси / Горюнов С.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Российский государственный аграрный заочный университет. – № 2010146032; заявл. 2010-11-12; опубл. 2012-10-10.
5. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Костин С.В. Анализ современных технологий возделывания картофеля // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. – Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. – С. 10-14.
6. Сивцов А.В., Домников Г.С., Рамазанова Г.Г. Проектирование интенсивной технологии возделывания и уборки картофеля // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Балашиха, 24 ноября 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 31-36.
7. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Манаенков К.А. Повышение эффективности обработки почвы для комбайновой уборки картофеля // Наука в центральной России. 2020. №4 (46). С. 33-40.
8. Гаджиев П.И., Шестакова Е.В., Рамазанова Г.Г. Теоретическое исследование подкапывающего лемеха картофелеуборочного агрегата для снижения потерь урожая и эрозии почвы // Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32, № 2. С. 263–278.
9. Гаджиев П.И., Башкиров А.П., Рамазанова Г.Г. [и др.] Результаты полевых испытаний картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 оснащенного интенсификатором // Наука в центральной России. 2022. № 3(57). С.41-47.
10. Успенский И.А., Юхин И.А., Гаджиев П.И. [и др.] Экономическая эффективность комбайновой уборки картофеля с применением интенсификатора сепарирующего элеватора // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. Рязань, РГАТУ. 2022. Т.14. № 4. С.177-184.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ В АПК

Зимин В.К., к.э.н., доцент кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-52-22, e-mail: ziminvk@mail.ru,

Ильинкова И.Ю., магистрант факультета агро- и биотехнологий ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-51-52, e-mail: tek11a@mail.ru

В статье рассмотрены основные показатели эффективности использования машинно-тракторного парка и приведены рекомендации по эффективности использования техники в агропромышленном комплексе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оптимальный состав, оптимизация, себестоимость, прибыль, планирование, эффективность, организация работы.

Эффективность использования машинно-тракторного парка оценивают системой показателей. Непосредственным экономическим критерием, мерилom оценки эффективности использования техники в сельскохозяйственных предприятиях является соотношение приведенных затрат и объемов механизированных работ, выполненных качественно и в агротехнические сроки.

К показателям эффективности использования машинно-тракторного парка в целом относятся следующие:

1. Показатели выработки: среднесменная, среднесуточная, среднегодовая

2. Показатели использования во времени: коэффициент использования времени смены

3. Показатели затрат труда механизаторов: коэффициент использования рабочего времени за сезон (год), коэффициент использования времени при работе на отдельных марках тракторов, комбайнов при выполнении ряда работ, удельные затраты труда

4. Эксплуатационные затраты: стоимость топлива и смазочных материалов, амортизационные отчисления по тракторам и сельскохозяйственным машинам, затраты на ремонт и техническое обслуживание тракторов и машин, затраты на хранение машин, основная и дополнительная оплата труда механизаторов и вспомогательных рабочих, занятых на агрегатах

5. Себестоимость единицы работ физических и эталонных гектаров.

Оптимальный состав машинно-тракторного парка предусматривает:

- значение критериев, которые обеспечивают наивысшую производительность машинно-тракторного парка;

- состав агрегата и границы его эффективного производственного использования;
- состав механизированного отряда и организация его эффективной работы;
- состав машинно-тракторного парка и организация оптимального его производственного использования.

При организации работы машинно-технологической станции и других агропромышленных структур, как и любой рыночной структуры, необходимо создать определенные условия повышения интенсивности и от его основной деятельности.

Определение оптимального состава механизированного агрегата, установление оптимальной программы его загрузки и обеспечение топливно-смазочными материалами, техническим обслуживанием, технологическим транспортом и материалом (семенами, удобрениями).

Методика формирования оптимального состава механизированного агрегата: состав агрегата из всего возможного набора, при всех прочих равных условиях, должен отвечать в основном двум условиям - быть наиболее производительным и одновременно наиболее экономным.

$$W_{см} = W_{час} \times T_p \xrightarrow{\max}, \quad (1)$$

$$Q_{см} \xrightarrow{\min}.$$

Производительность агрегата определяется его динамическими характеристиками, структурой затрат времени смены:

$$W_{час} = b_p \times v_p; \quad (2)$$

$$T_p = T_{см} - (T_{пов} + T_{пер} + T_{мех} + T_{мехн} + T_{отл} + T_{пз} + T_{нз}), \quad (3)$$

где $W_{час}$ – чистая часовая производительность, га/час.;

b_p – рабочая ширина захвата, м;

v_p – рабочая скорость движения, км/час.;

$T_{см}$ – время смены, час.;

T_p – время основной работы, час.;

$T_{пов}$, $T_{пер}$, $T_{мех}$, $T_{мехн}$, $T_{отл}$, $T_{пз}$, $T_{нз}$ – время, соответственно на повороты, внутрисменные переезды, техническое обслуживание, технологические затраты, на отдых и личные надобности, непроизводительные затраты, час.

Динамические характеристики механизированного агрегата определяются тяговыми, кинематическими и технологическими параметрами предмета обработки, агрегата и требованиями технологии. Тяговые характеристики являются определяющими при формировании почвообрабатывающих агрегатов, когда сопротивление почвы рабочим органом почвообрабатывающего орудия должно преодолеваться тяговым усилием на крюке трактора со скоростью V_p .

Структура затрат времени смены характеризует качество организации работы предприятия, основная цель которой – создать такие производственные условия функционирования агрегата, чтобы время

основной работы было наибольшим, а время прочих затрат - наименьшим. Для выполнения большинства механизированных операций обязательными являются повороты агрегата на концах загонки и переезды с загонки на загонку, на посевных и уборочных работах обязательными являются в основном остановки агрегатов для загрузки посевного материала и разгрузки бункера. Эти затраты приводят к сокращению времени основной работы до 50% и более. Для того, чтобы сократить затраты на повороты пахотных агрегатов, все большее распространение получают оборотные плуги, при организации почвообрабатывающих, посевных и уборочных работ применяют круговые и всевозможные диагональные способы движения агрегатов. Для сокращения затрат времени смены на загрузку семенного материала на посевах и выгрузку бункера уборочного агрегата используют всевозможные полевые бункеры-перегрузчики (ПБН-30, ПБН-50), а выгрузку урожая практикуют осуществлять на ходу, тем самым уменьшая затраты времени смены на выгрузку зерна. При этом существует технологическая часть проблем, связанных с синхронизацией скорости движения технических агрегатов, решается установкой камеры заднего вида на бункер-перегрузчик.

Стоимость выполнения механизированных полевых работ в течение смены определяют на основании общеизвестных методических рекомендаций:

$$\sum C_{nj} = C_z + C_{\text{ремТО}} + C_a + C_{\text{долг}} + C_{\text{вр}} + C_{\text{нал}}, \quad (4)$$

где C_z , $C_{\text{ремТО}}$, C_a , $C_{\text{долг}}$, $C_{\text{вр}}$, $C_{\text{нал}}$ - заработная плата, стоимость ТСМ, ТО, ремонта и хранения техники, амортизационные отчисления, оплата по кредитам, накладные расходы, налоги, руб./год, руб./час.

Механизированный агрегат, использование которого в заданных условиях, определяемых характеристиками, составляющих его технических средств, агротехническими требованиями, технологическими свойствами сельхозугодий и условиями рынка позволяет исполнителю получить наибольшую прибыль, в практике называется оптимальным составом агрегата. Поэтому для каждого вида работ и комплекса условий, определяющих границы эффективности механизированных агрегатов, необходимо моделировать из имеющейся в составе МТП техники возможные механизированные агрегаты и выбрать из них агрегат оптимального состава, обеспечивающий потребителю наибольшее значение чистой прибыли:

$$\sum_{nj} = \frac{Q_{nj} \cdot C_n}{C_{nj}} - 1 = \Delta c \rightarrow \max, \quad (5)$$

где Q_{nj} – объем работ n-м агрегатом при заданных технологических требованиях, технологических характеристиках угодий, заданных ценах на материалы, ТСМ, запчастях и прочих рыночных параметрах га/см;

C_{nj} – j-е затраты на выполнение n-м агрегатом при выполнении Q_{nj} – го объема работ;

C_j – договорная цена на выполнение единицы j -ой работы, руб./га.

Если договорная цена устанавливается условиями рынка? А сменная производительность регламентируется научно-обоснованными нормами и нормативами, то составляющие затрат на производство механизированных работ являются результатами многофункциональных расчетов с участием практически всех факторов, определяющих границы эффективного применения механизированных агрегатов.

Вывод: с целью обеспечения гарантированной прибыли крайне важно грамотно планировать производственный процесс машинно-тракторного парка, предусмотрев в нем, с одной стороны, интересы и требования заказчика – сельского товаропроизводителя, с другой стороны, компенсацию производственных и внепроизводственных затрат машинно-технологических станций и других механизированных агропромышленных структур, возврат долгов, выплату налогов, затраты на социальные нужды, обновление основных фондов и развитие производства. В рыночных условиях, в условиях санкций ежегодный пересмотр технологии использования сельскохозяйственной техники с связи с постоянно меняющейся конъюнктурой рынка сельскохозяйственной продукции, услуг технического обеспечения сельских товаропроизводителей, природных и климатических условий крайне необходим.

Литература:

1. Кормаков Л.Ф. Машинно-технологические станции в системе агропромышленного производства: проблемы и решения // М: ВНИЭТУСХ, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П., Голубев И.Г. Инновационные проекты и разработки в области технического сервиса // М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010.
3. Кушнарев Л.И. Организация эффективного использования машинно-тракторного парка // М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015.
4. Лебедев А.Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК // М.: ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет, 2012.
5. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Бисенов Г.С. Перспективы развития транспортного обслуживания агропромышленного комплекса России на период до 2020 г. // М.: ФГБНУ ВИМ, 2013. 112с.
6. Измайлов А.Ю. Методические рекомендации по внедрению систем мониторинга и управления уборочно-транспортными комплексами // М.: ФГБНУ ВИМ, 2016.
7. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве. Сборник М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008.
8. Рамазанова Г.Г., Кулаков К.В., Корешкова Т.В. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 16-20.

9. Зимин В.К., Сметнев А.С. Современные тенденции в техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Вестник РГАЗУ. 2015. №19(24), с.69-73.

10. Сивцов В.Н. Восстановление ресурсных деталей машин // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2016. № 22(27). С. 21-25.

11. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Костин С.В. Анализ современных технологий возделывания картофеля // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С. 10-14.

12. Зимин В.К. Эффективность использования машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных организациях (на примере Московской области) / Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук, М.: РГАЗУ, 2007. с.84-99.

УДК 631.3.004.67+621.43.192

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСАДОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Петров Д.О., аспирант кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, тел.: 8 (926) 064-94-48, e-mail: ip.petrov.do@yandex.ru,

Сивцов В.Н., к.т.н., доцент кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-52-22, e-mail: sivcovv@mail.ru,

Лобков Р.В., магистрант кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (915) 296-84-43, e-mail: lobkov.rom@gmail.com

В статье рассматриваются основные способы восстановления посадочных отверстий корпусных деталей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: способ, качество, механическая обработка, гальванические покрытия, сцепляемость.

Одним из главных условий, гарантирующих высокое качество ремонта машин, является обеспечение необходимой размерной и пространственно-геометрической точности посадочных отверстий при восстановлении корпусных деталей в основном за счет механической обработки, которая характеризуется некоторыми особенностями по сравнению с аналогичными операциями при их изготовлении, которые могут привести к снижению точности и качества восстанавливаемых поверхностей. Это связано:

– с неравномерным износом поверхности детали, в результате чего в процессе обработки приходится снимать слой металла, неравномерный по толщине, что приводит к изменению силы резания и, как следствие, к

нарушению требуемой жесткости системы СПИД;

- с нарушением точности базирования детали на станке из-за износа или повреждения ее поверхностей, являющихся заводскими технологическими базами при изготовлении данной детали;

- с малой величиной припусков (после химико-термической обработки и металлизации и т.п.);

- со свойствами покрытия детали. Например, поверхность детали, восстановленные металлопокрытиями в ряде случаев имеет неравномерную структуру, твердость, ликвацию и т.п., что приводит к изменению условий резания;

- со сложностью достижения правильного взаимного расположения установочных баз, обеспечивающих высокую пространственную точность восстанавливаемой детали.

Таким образом, при восстановлении деталей к ремонтно-технологическому оборудованию, в частности металлорежущему, должны предъявляться более высокие требования по точности, чем к аналогичным станкам, используемым на машиностроительных предприятиях. Однако ремонтное производство в настоящее время оснащено в большинстве своем универсальным металлорежущим оборудованием, имеющим класс точности ниже оборудования завода-изготовителя, и, зачастую, не в состоянии выполнить данные технические требования.

Для восстановления деталей необходимо в 20-30 раз меньше металла, чем для изготовления новых запасных частей. Число операций по обработке деталей при восстановлении сокращается в 3-5 раз по сравнению с их изготовлением [1]. Эти цифры показывают на целесообразность проведения ремонтных работ. Однако, чтобы конкурировать с запасными частями восстановленная деталь должна быть эквивалентом новой или превосходить ее по долговечности. Этого можно достичь только за счет разработки и внедрения в производство новых ресурсосберегающих технологических процессов.

Следовательно, актуальным является изыскание надежных способов восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях, обеспечивающих возможность восстановления геометрических параметров (соосности, допусков на размеры, шероховатости поверхности), а также обеспечивающих требуемую износостойкость.

Восстановление чугунных корпусных деталей сопряжено со значительными трудностями, обусловленными высокой склонностью чугуна к образованию твердых структурных составляющих (ледебурита, мартенсита) и повышенной склонностью к трещинообразованию. Последнее связано не только с наличием ледебуритной эвтектики и мартенсита, но и с низкой пластичностью и прочностью чугуна. Поэтому работы по восстановлению посадочных отверстий в чугунных корпусах деталей ведутся в направлении создания таких процессов, которые

обеспечивали бы получение обрабатываемых покрытий резанием.

Ремонтное производство располагает различными способами восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях. Основные из них – установка дополнительных деталей, сварочно-наплавочные мероприятия, гальванические покрытия, нанесение полимерных материалов [2].

Однако эти способы неравноценны в техническом и экономическом отношениях.

До настоящего времени наиболее распространенным на ремонтных предприятиях был способ восстановления отверстий постановкой толстостенных втулок. В этом случае минимальный припуск на растачивание отверстий определяется толщиной стенки втулки, обеспечивающей ее прочную посадку при запрессовке. Для отверстий диаметром 50...60 мм минимальная толщина стенки – 2,0 мм; при увеличении диаметра до 100 мм и более минимальная толщина стенки допускается 2,5...3,0 мм. Однако этот способ отличается высокой сложностью и трудоемкостью реализации, требует специального сложного оборудования. К тому же расточка отверстия под втулку значительно снижает жесткость конструкции. Имеются проблемы и с жесткой фиксацией втулки в отверстии.

Среди методов восстановления отверстий коренных опор блока цилиндров наибольшее распространение на ремонтных предприятиях получил метод, который основан на растачивании в нормальный размер отверстий коренных опор со смещением их оси на 0,15...0,20 мм к верхней привалочной плоскости. Предварительно производится фрезерование плоскости разьема крышек на 0,4...0,5 мм. Наряду с явными преимуществами, этот метод имеет ряд существенных недостатков: требуется высокоточное специализированное оборудование (агрегатно-расточные станки), не обеспечивается заданная техническими условиями точность формы гнезд коренных опор, которая должна составлять 2/3 допуска на их размер.

Для восстановления малоизношенных деталей с незначительным припуском на механическую обработку целесообразно применять такой способ, как постановка тонкостенных свертных втулок из рулонной ленты с последующим раскатаванием до номинального размера. Их устанавливают в расточенные отверстия, на поверхности которых нарезают винтовую канавку треугольного профиля. При последующем раскатывании жесткими раскатниками металл втулки затекает в эту канавку, чем обеспечивается необходимая прочность посадки. Основным недостатком данной технологии является его значительная трудоемкость из-за трудности механизации процесса.

Для восстановления посадочных отверстий с аварийным износом используются способы наплавки различных материалов, в частности,

контактная приварка стальной ленты, проволоки [3], контактная приварка металлических порошков. Использование разнообразных присадочных материалов позволяет получить покрытия с необходимыми свойствами для деталей широкой номенклатуры (более 500 наименований).

Отличительной особенностью наплавочных способов является нагрев детали до высокой температуры, что приводит к короблению корпусов, изменению кристаллической решетки материала, возникновению микротрещин, к тому же нанесенный материал имеет физико-механические свойства, значительно отличающиеся от исходного материала восстанавливаемой корпусной детали. Технологические процессы восстановления с использованием наплавки отличаются также высокой трудоёмкостью работ, низким уровнем механизации процесса. К таким способам относятся ручная газовая наплавка латунию марки Л-62, чугунами электродами марок АНЧ-1, ЦЧ-3 или ЦЧ-4, полуавтоматическая наплавка проволокой ПАНЧ-11 в среде углекислого газа.

Сущность контактной приварки стальной ленты заключается в том, что на изношенную поверхность детали, после предварительной обработки, накладывают стальную ленту и приваривают её контактной шовной сваркой. Однако этот способ обладает существенными недостатками: приваренные ленты из сталей 10, 20, 30ХГСА обладают низкой обрабатываемостью, что ведёт к снижению стойкости режущего инструмента и значительным трудностям в обеспечении заданной точности обработки восстанавливаемых посадочных отверстий и качества их поверхности.

Одно из ведущих мест при восстановлении деталей на ремонтных предприятиях занимает газопорошковая наплавка, заключающаяся в том, что на нагретую наплавляемую поверхность наносят порошок, доведенный до квазижидкого (жидкотекучего) состояния с помощью газовой струи. Затем для увеличения прочности сцепления производят сплавление слоя с основным металлом газовым пламенем. При таком способе наплавки отсутствует перемешивание материала покрытия с основой, зона нанесения покрытия защищена факелом от окисляющей атмосферы.

Этот способ прост, не требует сложного оборудования. Для наплавки применяют самофлюсующиеся порошковые материалы, газовой средой является пропан. Высокие физико-механические и адгезионные свойства наплавленных покрытий позволяют восстанавливать поверхности деталей, работающих при знакопеременных, ударных нагрузках, в агрессивных средах и при высоких температурах. Однако использовать данный метод можно только для восстановления малогабаритных деталей с локальным износом.

Из большого разнообразия существующих методов восстановления и упрочнения деталей машин наиболее часто используют методы

газотермического напыления износостойких композиционных материалов. Выбор метода обусловлен комплексом параметров качества поверхностного слоя и физико-механических характеристик после наплавки или напыления. Минимальное температурное воздействие на деталь, возможность нанесения на ее поверхность оксидов, карбидов, нитридов и боридов тугоплавких металлов переходных 4 - и 5-й групп, широкий диапазон толщин (0,2-2,5) свидетельствует о перспективности данных способов. В зависимости от организованной формы конкретного производства, износа поверхности и требуемой ее эксплуатационной характеристики покрытия напыляют электродуговой металлизацией, газопламенным, плазменным или детонационными методами [4].

Основным фактором, определяющим практическую возможность применения того или иного напыленного слоя, является прочность его сцепления с основным металлом.

Однако всем газотермическим методам напыления свойственны общие недостатки: неоднородность структуры и твердости, недостаточная адгезионно-когезионная прочность, значительно уступающая прочности гомогенного материала с аналогичным химическим составом, наличие трехмерных дефектов структуры (пор).

По этим показателям напыленные покрытия значительно уступают наплавленным, гальваническим, термодиффузионным и другим. Поэтому покрытия, полученные напылением, нельзя применять для упрочнения и восстановления деталей, работающих в условиях значительных ударных нагрузок.

Несмотря на многообразие различных способов нанесения электролитических покрытий (местное осталивание, осталивание в проточном электролите и т.д.) и отработанность технологических процессов, ни один из них не нашел широкого практического применения при ремонте корпусных деталей машин.

Наряду с достоинствами, они имеют и существенные недостатки. Главными являются: сложность и недостаточная надежность технологического процесса, что приводит к нестабильной сцепляемости покрытий с деталями; потребление большого количества чистой воды, следовательно, и образование загрязненных стоков, что требует строительства дорогих очистных сооружений; сравнительно низкая производительность, обусловленная многооперационностью процесса, сравнительно малой скоростью осаждения металла.

В настоящее время для восстановления деталей необходимы эффективные универсальные методы, которые в короткое время и с незначительными дополнительными затратами можно было бы распространить на новые объекты. К таковым относятся методы электронной обработки, в частности электроискровая наплавка, позволяющая наносить на поверхности деталей различные износостойкие

покрытия без существенного изменения в структуре основного материала [5].

Литература:

1. Нефедов Б.Б. Плазменные методы восстановления деталей / Б.Б. Нефедов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2002. №3. С.24 – 25.
2. Сидоров А.И., Карцев С.В. Эффективность плазменного напыления с последующим оплавлением / А.И. Сидоров, С.В. Карцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. №12. С.20.
3. Пилипенко А.М. Обработка покрытий комбинированным методом / А.М. Пилипенко // Технология машиностроения. 2005. №7. С.52 – 56.
4. Сенин П.В. Повышение надежности мобильной сельскохозяйственной техники при ее необезличенном ремонте: дис.... докт. техн. наук / П.В. Сенин. – Саранск, 2000. – 318 с.
5. Сивцов В.Н. Прогрессивные методы восстановления изношенных деталей / В.Н. Сивцов, В.В. Кузнецов, А.С. Кисняшкин // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем: Межд. науч.-техн. конф. / Морд. гос. ун-т им. Н.П. Огарева. Саранск: «Ковылкинская районная типография», 2007. С.5-10.
6. Рамазанова Г.Г., Кулаков К.В., Корешкова Т.В. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 16-20.
7. Зимин В.К., Сметнев А.С. Современные тенденции в техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Вестник РГАЗУ. 2015. №19(24), с.69-73.
8. Сивцов В.Н. Восстановление ресурсных деталей машин // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2016. № 22(27). С. 21-25.
9. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Костин С.В. Анализ современных технологий возделывания картофеля // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С. 10-14.
10. Зимин В.К. Эффективность использования машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных организациях (на примере Московской области) / Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук, М.: РГАЗУ, 2007. с.84-99.

УДК 631.3.004.67+621.43.192

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Калентьев Д.В., аспирант кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, тел.: 8 (925) 209-18-15, e-mail: kalentjew.denis@yandex.ru,

Сивцов В.Н., к.т.н., доцент кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-52-22, e-mail:

sivcovv@mail.ru,

Граблев А.А., магистрант кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (903) 626-25-57, e-mail: grablev.alexander@yandex.ru

В статье рассматривается подход, заключающийся в обосновании предельных значений физико-механических свойств полимерных материалов, при этом сравнительному анализу подвергается один - два параметра самого полимера или восстановленного с его помощью соединения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: долговечность, работоспособность, композит, наполнитель, моделирование

Долговечность восстановленной детали или соединения с применением полимерных материалов напрямую зависит как от целого спектра свойств композиций, так и от технологических приемов, обеспечивающих показатели точности и качества восстановленных поверхностей.

Считается, что работоспособность восстановленного соединения будет обеспечена в том случае, когда прочность полимерного слоя превышает сумму приложенных к нему напряжений [1]. При этом происходит зарождение, накопление и развитие рассеянных по объему микрповреждений, связанных с разрывом химических связей атомов композита. При данном подходе не учитываются реологические свойства полимерной композиции, которые являются доминирующими при изменении начальных размеров и формы восстановленных поверхностей в процессе эксплуатации отремонтированной сборочной единицы в связи с упругими и пластическими деформациями полимерной пленки.

Общепринятым является подход, заключающийся в обосновании предельных значений физико-механических свойств полимерных материалов, причем, зачастую, сравнительному анализу подвергается один - два параметра самого полимера или восстановленного с его помощью соединения. При этом не учитывается возможное значительное изменение свойств материала не только от состава и концентрации наполнителей, но и от температуры, изменения нагрузки, толщины слоя, вида соединения и т.д.

Так, в работе [2] предлагается производить расчет аксиального усилия выпрессовки одной из сопряженных деталей, который считается одним из важнейших показателей долговечности восстановленного соединения, по формуле:

$$F = K_1 \cdot \delta_{e0} \cdot D \cdot B, \quad (1)$$

где K_1 - коэффициент поверхностного заполнения, зависящий от шероховатости поверхности; δ_{e0} - допустимое напряжение сдвига отвержденного герметика, Па; D - наружный диаметр подшипника; B -

ширина подшипника, мм.

Фирма “Локтайт” для прогнозирования достигаемой прочности полимерного соединения предлагает следующие зависимости:

$$F = \tau_{\beta} \cdot D \cdot L \cdot K_{nonp}; \quad (2)$$

$$M_t = 0,5 \cdot \tau_{\beta} \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot K_{nonp}, \quad (3)$$

где F - усилие выпрессовки, Н; M_t - крутящий момент, Н мм; D - средний диаметр посадки, мм; L - длина склеивания, мм; τ_{β} - предел прочности при аксиальном сдвиге, Н/мм²; K_{nonp} - поправочный коэффициент, учитывающий материал субстрата, величину зазора, шероховатость поверхностей.

Предлагается определять допустимую прочность соединения, восстановленного с применением анаэробных герметиков ускоренного отверждения, по формуле:

$$[\tau] = \tau \cdot (1 + VKa) \cdot K_m \cdot K_d \cdot K_k \cdot K_{\tau}, \quad (4)$$

где τ - разрушающее напряжение, МПа; K_a - квантиль нормального распределения; V - коэффициент вариации; K_m , K_d , K_k , K_{τ} - поправочные коэффициенты.

В ряде исследований предложен экспериментально-аналитический подход к определению остаточной прочности соединения, восстановленного с применением полимерных композиций, после определенного времени его испытания на уровне эксплуатационных нагрузок.

Подбор состава полимерной композиции осуществляют на основе определения усилия выпрессовки вклеенной детали. Это вызывает сомнение в том плане, что восстанавливаемые подшипниковые соединения, как правило, не испытывают значительных аксиальных нагрузок.

За критерий долговечности восстановленного подшипникового соединения принимается величина и время осадки вала, что соответствует появлению зазора в посадке из-за остаточных деформаций полимерной прослойки в процессе ее затвердевания. Данный подход косвенно позволяет учесть реологические свойства полимерного материала.

Вышеприведенные недостатки в определенной мере были учтены в исследованиях, где за критерий долговечности восстановленного подшипникового узла было принято разрушающее напряжение при распрессовке после стендовых испытаний его на уровне эксплуатационного режима нагружения. Однако данный эмпирический метод исследования отличается значительной продолжительностью эксперимента и не имеет аналитического аппарата. К тому же он может быть применим только к вклеенным деталям.

Значительный интерес в плане прогнозирования долговечности восстановленных соединений представляют работы по моделированию

деформационных процессов, происходящих в полимерных материалах под действием различных эксплуатационных факторов.

Образованная на стадии полимеризации структура полимера под действием силовых, температурных и временных факторов постоянно изменяется, что приводит к изменению начальных размеров восстановленной детали в силу возникающих упругих и пластических деформаций композиции.

Причем скорость пластического течения полимерного материала напрямую зависит от скорости разрушения и восстановления химических связей в нем, а сама вязкость - от среднего числа надмолекулярных образований в единице объема. Данная концепция предполагает наличие двух коэффициентов вязкости материала: первый отвечает начальной не разрушенной структуре, второй - предельному ее разрушению.

Изложенный выше подход послужил основой теории Эйринга и Бартенева, описывающие поведение полимеров при переходе потенциального барьера при течении.

Кроме аномалии вязкости полимерные композиции характеризуются способностью накапливать обратимые деформации, то есть наряду с вязкими проявлять и упругие свойства.

Принятые в настоящее время реологические расчетные модели можно разделить на три группы. К первой группе относятся модели, базирующиеся на принципах линейной теории упругости. Во вторую группу входят модели, в основе которых лежит положение о несжимаемости эластомеров, а учет конечности деформации осуществляется с помощью метода последовательных нагружений. Связь между напряжениями и деформациями при этом описывается законом Гука или соотношениями теории упругого потенциала. Третья группа моделей учитывает сжимаемость полимерного слоя конструкции, однако связь между объемными напряжениями и деформациями предполагается линейной.

Комбинируя свойства упругости и вязкости полимера можно построить большое количество различных гипотетических сред, поведение которых, по крайней мере, качественно, соответствует поведению реальных тел, промежуточных между твердыми телами и жидкостями.

Несмотря на разительное отличие существующих теоретических подходов к моделированию деформационного поведения полимерных материалов, основными исходными моделями для них являются модели Максвелла и Кельвина-Фогта.

Реологическая модель Максвелла была успешно применена для моделирования деформационного поведения полимерной прослойки в восстановленном подшипниковом соединении коробки передач автомобиля ГАЗ-3507.

Большинство разработанных расчетных моделей отличается

сложностью математического описания, что ограничивает их практическое значение. Перспективным является применение для расчета таких моделей метода конечных элементов, что значительно сокращает трудоемкость и повышает точность расчета напряженно-деформированного состояния полимерных материалов.

Таким образом, анализ большинства известных подходов к определению свойств полимерных материалов, показал, что большинство из них основано на определении данных показателей в статических условиях постановки эксперимента, без учета изменения физико-механических свойств материала под действием эксплуатационных факторов. Причем данные подходы не могут быть применены к оценке долговечности восстановленного соединения с калиброванным полимерным слоем на одной из сопряженных деталей.

Подбор полимерных материалов для восстановления деталей должен осуществляться на основе прогнозирования изменения реологических свойств композиционных материалов в условиях, приближенных к реальной эксплуатации отремонтированной сборочной единицы [3].

Литература:

1. Юшков В.В., Аронович Д.А. Эффективность применения анаэробных полимерных материалов в ремонтном производстве. М.: Информагротех. 1991. 96 с.
2. Ивченко Д.И. Восстановление корпусных деталей анаэробными полимерными композициями (на примере картеров коробок передач автомобилей семейства ГАЗ / дис. ... канд. техн. наук. Саранск, 2001. 165 с.
3. Шпилько А.В., Драгайкин В.И. и др. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства, М.: Российская академия с.-х наук, 2001. 346.
4. Рамазанова Г.Г., Кулаков К.В., Корешкова Т.В. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 16-20.
5. Зимин В.К., Сметнев А.С. Современные тенденции в техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Вестник РГАЗУ. 2015. №19(24), с.69-73.
6. Сивцов В.Н. Восстановление ресурсных деталей машин // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2016. № 22(27). С. 21-25.
7. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Костин С.В. Анализ современных технологий возделывания картофеля // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С. 10-14.
8. Зимин В.К. Эффективность использования машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных организациях (на примере Московской области): дис.... канд. экон. наук, М.: РГАЗУ, 2007. С.84-99.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК 621.365:638.14

ПРОГРАММНЫЙ РАСЧЁТ МОЩНОСТИ НА ЭЛЕКТРОПОДОГРЕВ УЛЬЯ ПРИ СОДЕРЖАНИИ ПЧЁЛ НА ПАСЕКЕ

Шичков Л.П., д.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70, shichkov@yandex.ru,

Киселёв А.В., аспирант, кафедра электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70 andreykislef@yandex.ru

Рассмотрены особенности и требования к системе локального электроподогрева ульев при их круглогодичном содержании на пасеке. Предложена методика и программа расчёта необходимой расчётной мощности электронагревателя типового улья из деревянных досок толщиной 40 мм с теплоизоляцией толщиной 50 мм. На основании результата расчёта для зимнего периода средней полосы России и экспериментальных результатов установлено, что для рассмотренного типового улья с утеплением на зимний период расчётная мощность электронагревателя системы электроподогрева одного улья может быть принята равной 36 Вт. При этом удельная мощность в рассматриваемом случае составит 5,6 Вт/(м³·град).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электронагреватель, трансформатор, выпрямитель, источник бесперебойного электропитания, пчелиный улей, температура, регулирование, резервирование.

Применение локального электроподогрева пчелиных ульев в зимний и переходный периоды года при содержании пчёл непосредственно на пасеке существенно сокращает трудозатраты на содержание пчёл, снижает их заболеваемость и увеличивает выход полезной продукции [1-6]. Вместе с тем, необходимо обосновать значение необходимой расчётной мощности электрообогревателя одного улья, чтобы обеспечить необходимый комфортный температурный режим в улье и исключить в нём недопустимые значения температур при изменяющихся внешних условиях. Естественно, тепловой баланс между внутренней температурой в улье и наружной в значительной степени зависит не только от перепада внутренней и наружной температур, а также от размера и тепловых характеристик самого улья и внешних условий его размещения на пасеке. За основу расчёта мощности электрообогревателя улья принимается типовой улей из деревянных досок толщиной 40 мм, конструкция и размеры которого приведены на рис. 1.

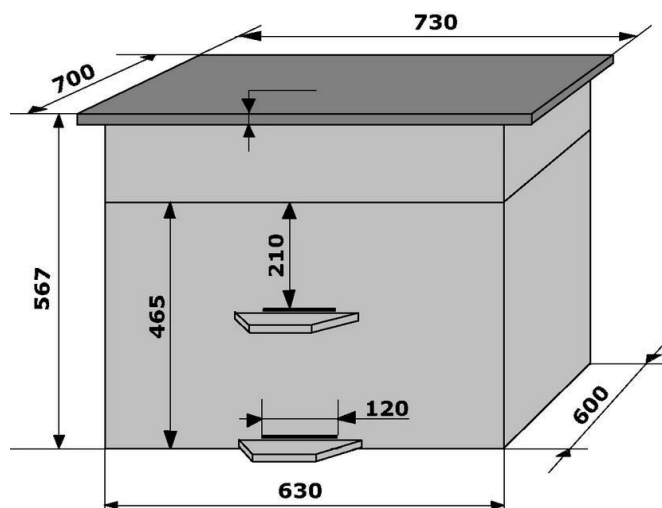


Рис. 1. Конструкция и размеры типового улья для пчел при их круглогодичном содержании на пасеке

Из теории теплообмена известно. Если две жидких или газообразных среды, имеющие разные температуры, разделены твёрдым телом (перегородкой, теплоизолирующей стенкой и т. д.), то между ними происходит *теплопередача* от более нагретой среды к менее нагретой. При этом мощность теплопередачи P_{mn} (Вт) определяется выражением [7]:

$$P_{mn} = K_a \cdot F \cdot \Delta T, \quad (1)$$

где ΔT – перепад температур, град; F – площадь контактирующей поверхности, m^2 ; K_a – коэффициент теплопередачи, $Вт/(m^2 \cdot град)$, который в общем случае рассчитывается:

$$1/K_a = (1/a_1 + D/\lambda + 1/a_2), \quad (2)$$

где λ - теплопроводность изолирующей перегородки толщиной D (м), $Вт/(м \cdot град)$.

В рассматриваемом случае для дерева имеем $\lambda = 0,1 Вт/(м \cdot град)$; для стекловаты $\lambda = 0,04 Вт/(м \cdot град)$.; a_1 и a_2 - коэффициенты теплоотдачи для внутренней и наружной поверхностей теплоизолирующей перегородки $Вт/(m^2 \cdot град)$. Для основной контактирующей среды имеем: *воздух – гладкая поверхность*: $a = 5,6 + 4 \cdot v Вт/(m^2 \cdot град)$, где v – скорость воздуха в $м/с$ [7].

С целью автоматизации и дальнейшего моделирования расчёт выполнен в виде программы для приложения *MathCAD for Windows* с использованием геометрических размеров типового улья, рис. 1. При базовом варианте расчёта для зимнего периода средней полосы России принимается [1-7]:

- электронагреватель обеспечивает в улье комфортную температуру $+3^\circ C$ с конвективным движением воздуха со скоростью $0,05 м/с$;
- температура наружного воздуха – $25^\circ C$, движущегося со скоростью

0,5 м/с;

– утепление улья предусмотрено толщиной 50 мм с теплопроводностью на уровне теплопроводности пенопласта или стекловаты 0,04 Вт/(м·град);

– выделение тепла «клубом» пчёл при зимовке не учитывается ввиду малости [1-6].

Исходные данные

Длина улья, м.....	$A := 0.63$
Ширина улья, м.....	$B := 0.6$
Высота улья, м.....	$H := 0.567$
Толщина стен улья, м.....	$D := 0.04$
Толщина материала утеплителя, м.....	$d := 0.05$
Теплопроводность материала стен, Вт/(м*град).....	$\lambda 1 := 0.1$
Теплопроводность материала утеплителя, Вт/(м*град).....	$\lambda 2 := 0.04$
Теплоотдача к внутренней стене, Вт/(м*м*град).....	$a1 := 5.8$
Теплоотдача от наружной стены, Вт/(м*м*град).....	$a2 := 7.6$
Коэффициент учёта дополнительных теплопотерь.....	$K\delta := 1.1$
Внутренняя температура, град.....	$Tв := 3$
Наружная температура, град.....	$Tн := -25$

Расчёт

1) Рассчитываем коэффициент теплопередачи:

$$X := \frac{1}{a1} + \frac{D}{\lambda 1} + \frac{d}{\lambda 2} + \frac{1}{a2} \quad X = 1.954$$

$$Ka := \frac{1}{X} \quad Ka = 0.512 \quad \frac{Вт}{(м \cdot м \cdot град)}$$

2) Рассчитываем площадь теплодающей поверхности улья:

$$F := 2 \cdot A \cdot B + 2 \cdot A \cdot H + 2 \cdot B \cdot H \quad F = 2.151 \quad м \cdot м$$

3) Рассчитываем перепад температур внутри и вне улья:

$$DT := Tв - Tн \quad DT = 28 \quad град$$

4) Рассчитываем необходимую мощность электроподогрева улья:

$$Pот := Ka \cdot F \cdot DT \cdot K\delta \quad Pот = 33.9 \quad Вт$$

5) Определяем удельную мощность системы электроподогрева:

$$Pуд := \frac{Pот}{A \cdot B \cdot H \cdot DT} \quad Pуд = 5.6 \quad \frac{Вт}{(м \cdot м \cdot м \cdot град)}$$

При использовании ульев из деревянных досок толщиной 40 мм, но другого объёма (габаритов) необходимую мощность электронагревателя

$P_{элн}$ можно определить с использованием рассчитанной удельной объёмной мощности $P_{уд}$ системы электроподогрева:

$$P_{элн} = V_y \cdot P_{уд},$$

где V_y – объём улья по внешним размерам,
 $P_{уд} = 5,6 \text{ Вт/м}^3$.

В других случаях следует воспользоваться представленной выше программой *MathCAD for Windows* с иными исходными данными.

При автоматическом двух позиционном регулировании температуры длительность включения электронагревателя улья с повышением наружной температуры уменьшается вплоть до полного отключения. При этом расход электроэнергии соответственно снизится. На основании изложенного расчёта и экспериментальных данных [1-6] следует, что номинальная мощность электронагревателя круглогодичной системы электроподогрева типового улья (рис.1) для средней полосы России не превысит 33...40 Вт и в общем случае может быть принята расчётной на уровне 36 Вт на улей. При этом удельная мощность электроподогрева улья составит 5,6 Вт/(м³·град).

Выводы:

1. Источники электроснабжения и электронагреватели, используемые на пасеке для электроподогрева пчелиных ульев должны иметь необходимую расчётную мощность для самого неблагоприятного температурного режима года.

2. Для определения расчётной мощности электронагревателя для одного типового улья предложена методика и программа расчёта в приложении *MathCAD for Windows*, которая позволяет моделировать процесс теплообмена в улье.

3. Установлено, что для типового улья из деревянных досок толщиной 40 мм с утеплителем толщиной 50 мм номинальная мощность электронагревателя улья не превысит 33...40 Вт и рекомендуется для средней полосы России, принятой расчётной на уровне 36 Вт на улей. При этом удельная мощность электроподогрева улья составит 5,6 Вт/(м³·град).

Литература:

1. Еськов Е.К. Микроклимат пчелиного улья и его регулирование. М.: Россельхозиздат. 1978, 81 с.
2. Еськов Е.К. Микроклимат пчелиного жилища. М.: Россельхозиздат. 1983. 191 с.
3. Еськов Е.К. Зимовка пчелиных семей. Новосибирск: РИПЭЛ.1992, 16 с.
4. Тихомиров В.В. Зимовка пчёл. Изд-во ЭКСМО. 2019, 144 с.
5. [https://yandex.ru/images/search?text=плёночный нагреватель для ульев ПЛЭН](https://yandex.ru/images/search?text=плёночный%20нагреватель%20для%20ульев%20ПЛЭН).
6. Повышение эффективности пасеки с применением электроподогрева пчелиных семей». Автор Рыбочкин А.Ф. Курск 2010, 268 с.
7. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. Мир, 1983. 520 с.
8. Липа О.А., Липа Д.А., Амочкин Ю.С. [и др.] Автоматизированное ресурсосберегающее управление энергоёмкими технологическими процессами в условиях статистической неопределённости // Культура и наука: поиски и открытия :

материалы IX Международной научно-практической студенческой конференции, Балашиха, 27 декабря 2017 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2017. С. 27-31.

9. Королев Я.А., Попова М.В., Беляева Л.В. [и др.] Применение ИК-контроля теплового состояния электрооборудования и сооружений // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2009. № 7(12). С. 144.

10. Липа О.А., Липа Д.А. К вопросу выбора критериев качества управления технологическими процессами на предприятиях АПК // Вестник ВИЭСХ. 2015. № 2(19). С. 81-83.

11. Гамзатов Н.Г., Рамазанов Т.К., Липа О.А. [и др.] Использование водорода в силовых агрегатах в АПК // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской НаУЧНО-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.117-124.

12. Липа О.А., Липа Д.А., Рамазанова Г.Г. Проблемы адаптивной настройки регуляторов и методы их решения // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2013. № 15(20). С. 46-51.

УДК 628: 621.316.31.019.3

АНАЛИЗ РАБОТЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЗАЩИТЫ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Расторгуев В.М., к.т.н., профессор, профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: rvm002@yandex.ru,

Клычков А.Н., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ

Рассмотрен анализ работы микропроцессорной защиты на объектах электроснабжения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: релейная защита, объекты электроснабжения

На территории Выксунского металлургического завода Нижегородской области потребителями электрической энергии являются станки, грузоподъемные механизмы и машины, приводы металлопрокатных станов, сварочное оборудование и другие технологические линии (рис. 1).

С помощью электроэнергии, получаемой от ПС 500 кВ Радуга работают печи для плавки и прокатки металла, а так же всё освещение.

Суммарная мощность в целом на некоторых участках достигает десятки сотни тысяч киловатт. Для обеспечения надёжности снабжения, каждый цех имеет от 4 до 6 трансформаторных подстанций. Потребителями в цехе являются: сварочные аппараты, правильный стан, мостовые краны, станки для резки листа и труб, транспортеры, узлы автоматики, устройство для контроля сварки, приводы перемещения

трубы, нагревательная печь и т.д. В настоящее время микропроцессорные устройства релейной защиты (МПУРЗ) являются основным направлением развития релейной защиты [1,2,3].



Рис. 1. Потребители электроэнергии

Устройства релейной защиты и автоматики имеют ряд неоспоримых преимуществ перед электромеханическими и статическими устройствами. Это в частности [1,2]:

- обеспечение точности и постоянства характеристик;
- уменьшение эксплуатационных расходов и повышение надежности вследствие непрерывной самодиагностики;
- возможность измерения, регистрации, индикации режимов и событий;
- возможность реализации полноценной автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) с использованием микропроцессорных терминалов в качестве устройств связи с объектом (УСО).

Терминал электрического микропроцессорного пульта (ТЭМП-2501) предназначен для применения в схемах вторичной коммутации на подстанциях (ПС) с оперативным переменным, выпрямленным переменным, постоянным токами. Они выполняют необходимые функции защиты, автоматики, управления и сигнализации различных присоединений комплектных распределительных устройств напряжением 6–35 кВ.

Устройство обеспечивает взаимодействие с масляными, вакуумными, элегазовыми выключателями, оснащенными различными типами приводных механизмов. Возможно применение устройства в качестве специализированного устройства автоматики с соответствующей доработкой изделия под требования заказчика.

Одним из преимуществ микропроцессорного терминала ТЭМП 2501 является реализация в одном устройстве функций автоматики (функциональных схем) для различных присоединений (линия, асинхронные электродвигатели малой и средней мощности, ввод, секционный выключатель, линия к ТСН 6/0,4 кВ), что обеспечивает

взаимозаменяемость устройств одного типоразмера.

Терминалы ТЭМП 2501 хорошо согласуются как с цифровыми, так и с электромеханическими устройствами релейной защиты и автоматики (РЗА). МПУРЗ имеют малый ток потребления по входным цепям дискретных сигналов (несколько мА), который в ряде случаев не коммутируют контакты электромеханических реле. Кроме основных функций защиты и автоматики, устройство ТЭМП выполняет аварийную регистрацию состояния трансформатора, регистрацию параметров, необходимых для диагностики первичного оборудования. Хранение параметров не зависит от времени.

Устройство выполнено в виде программируемого логического контроллера (рис. 2), имеющего в качестве ядра блок центрального процессора (он же – измерительный блок), который обеспечивает взаимодействие между всеми входящими в состав устройства блоками.

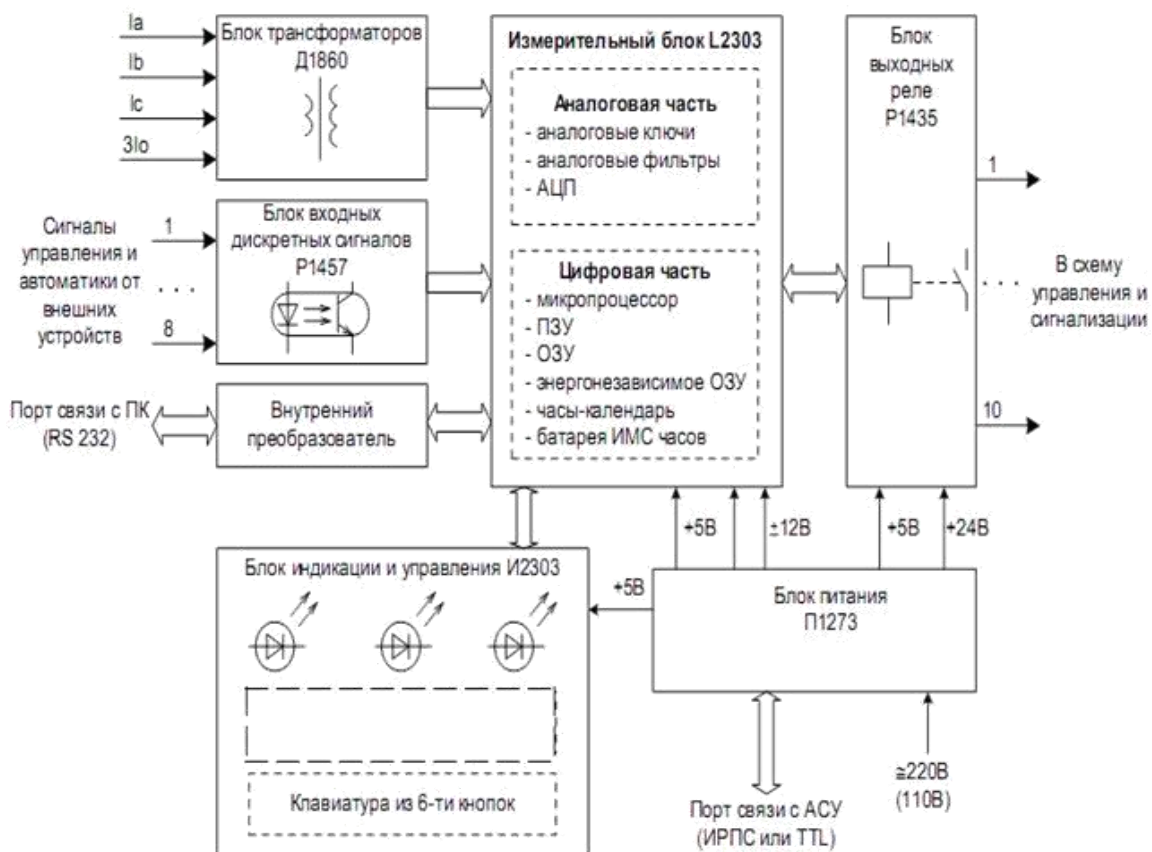


Рис. 2. Структурная схема устройства ТЭМП 2501

Измерительный блок обеспечивает прием поступающей на его вход информации от промежуточных трансформаторов тока, от блока входных дискретных сигналов, от кнопок управления, от порта последовательной связи для последующего преобразования и обработки по заранее заданным алгоритмам. Результаты обработки поступающей информации выдаются на выходные реле, на элементы индикации, а также передаются по

запросам в систему АСУ ТП.

Нормальное функционирование устройства обеспечивается бесперебойным питанием, а также развитой системой самодиагностики, которая постоянно производит оценку работоспособности составных частей устройства и программного обеспечения.

Около 80% электромеханических реле, находящихся сегодня в эксплуатации в странах СНГ, выпущены 35 – 40 лет тому назад, а некоторые реле эксплуатируются уже 60 лет и даже более, тогда как их срок службы не превышает, обычно 15 лет.

Микропроцессорные реле защиты находятся в эксплуатации уже более трех десятков лет, тем не менее, они еще не стали основным средством релейной защиты. В странах бывшего СССР, такие реле начали применяться значительно позже и пока составляют менее двух процентов от общего количества реле защиты. По некоторым данным при существующих темпах потребуется около 50-70 лет для замены всех реле защиты на микропроцессорные.

Точность и качество микропроцессорных реле намного выше. Переход отчетливо продемонстрировал недостатки микропроцессорных реле: при той же функциональности они оказались более дорогими, гораздо менее надежными и полностью неремонтопригодными. Вот тут-то производители и поняли, что такие "новшества" вряд ли понравятся потребителю. Для того, чтобы быть конкурентоспособными, электронные реле должны иметь намного больше функций, чем старые реле, например, индукционные, чтобы можно было оправдать их высокую стоимость за счет множества новых функций. Именно этим объясняется такая перегруженность огромным количеством явно избыточных функций практически всех распространенных типов микропроцессорных защит последнего поколения. Такое резкое увеличение функций реле может быть реализовано лишь на основе мощного универсального микропроцессора. Поэтому в современных реле часто используют мощные универсальные компьютерные микропроцессоры Intel или AMD 486 серии. Однако, многофункциональность микропроцессорных реле не так уж и безобидна [2].

В одном микропроцессорном устройстве сосредоточены функции очень многих реле. Например, одно только микропроцессорное устройство типа REG216 выполняет функции: дифференциальной защиты; токовой защиты с зависимой выдержкой времени; обратной последовательности фаз; реле повышенного напряжения, дистанционной защиты, реле сопротивления, реле температуры, реле перегрузки, частоты, скорости изменения частоты и других параметров.

В таком устройстве выход из строя какого-либо общего для всех функций элемента, например, источника питания, микропроцессора, памяти или вспомогательных элементов, обслуживающих

микропроцессор, приводит к отказу сразу всей системы защиты объекта.

Была проведена сравнительная характеристика отказов в работе реле (рис. 3).

Современная тенденция, однако, предполагает постепенное вытеснение электромеханических реле защиты и замену их микропроцессорными. При этом решения, принимаемые в конкретных обстоятельствах, о переходе на микропроцессорные реле защиты часто принимаются без четкого понимания тех проблем, которые появляются с таким переходом.

При переходе на многофункциональные микропроцессорные защиты последнего поколения нужно заранее позаботиться о приобретении достаточного количества портативных компьютеров (ноутбуков) и принятии на работу высококвалифицированных специалистов, которым можно было бы доверить работу с такими устройствами.

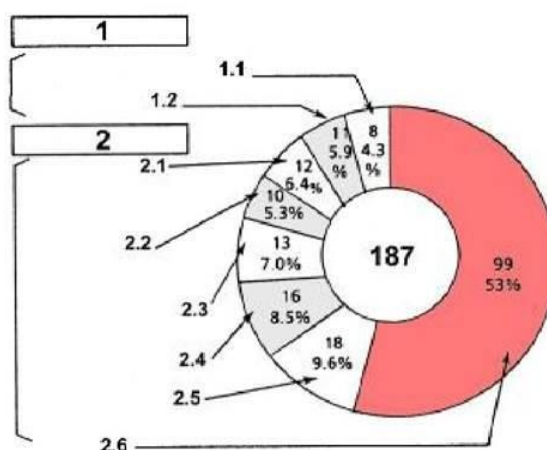


Рис. 3. Анализ повреждений 187 микропроцессорных реле

- 1 – Повреждения системного характера; 2 – Повреждения отдельных элементов;
1.1. – дефекты внутренних контактных соединений и внешних присоединений;
1.2. – дефекты пайки; 2.1. – сопротивления и разъемы; 2.2. – конденсаторы;
2.3. – транзисторы, диоды, оптроны; 2.4. – кварцы; 2.5. – внутренние промежуточные реле; 2.6. – микросхемы, включая микропроцессоры

Для обеспечения высокой надежности работы микропроцессорных реле необходимо принять специальные меры по обеспечению их бесперебойного питания и защите питающих сетей от перенапряжений и высокочастотных помех с помощью специальных фильтров для цепей питания и мощных варисторов, совмещенных с предохранителями и сигнальными элементами, а это требует дополнительного финансирования.

Выксунский металлургический завод с годами переходит на автоматизированное производство, а это требует не только увеличить мощность подстанций, но обеспечить надёжность и бесперебойность снабжения. Необходимо правильно выбрать защиту, её чувствительность и быстроту срабатывания. Это возможно используя современные микропроцессорные релейные устройства. Они ещё имеют много

недоработок, что показывает сравнительный анализ с обычными электромагнитными реле, включая более высокий уровень подготовки и самих рабочих, их обслуживающих.

Литература:

1. Арцишевский Я.Л. Принципы противоаварийного управления в системах электроснабжения // М., 2010.

2. Кужеков С.Л., Оклея П.И., Нудельман Г.С. Анализ совокупностей требований к релейной защите с целью оценки ее эффективности // М., 2010.

3. Расторгуев В.М., Умаров А.М., Ахмедова А.П. Повышение надежности электроснабжения потребителей АПК средствами автоматизации // перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах : материалы II Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Балашиха, 24 ноября 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 123-126.

4. Липа О.А., Закабунин А.В., Липа Д.А. [и др.] К вопросу выбора терминалов релейной защиты и автоматики в контексте цифровизации электроподстанции // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2021. № 39(44). С. 32-36.

5. Назаров А.В., Бычков А.С., Закабунин А.В. Релейная защита основные направления развития // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 125-129.

6. Попова М.В., Козлов Е.А. Использование цифровых технологий в электроэнергетике РОССИИ // Наука и образование XXI века: материалы XIV-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 30 октября 2020 года / Современный технический университет. Рязань: Автономная некоммерческая организация высшего образования "Современный технический университет", 2020. С. 35-37.

7. Гамзатов Н.Г., Рамазанов Т.К., Липа О.А. [и др.] Использование водорода в силовых агрегатах в АПК // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.117-124.

8. Липа О.А., Липа Д.А., Рамазанова Г.Г. Проблемы адаптивной настройки регуляторов и методы их решения // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2013. № 15(20). С. 46-51.

9. Попова М.В., Струков А.Н., Козлов Е.А. Использование цифровых технологий в электроэнергетике России // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2019. № 31(36). С. 38-42.

10. Липа О.А., Шавров А.А. Использование МПУ РЗА в современных АСУ ТП: их особенности, преимущества, недостатки // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2014. № 17(22). С. 57-61.

ВЫСОКОНАДЕЖНЫЕ БЕСКОНТАКТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Плахтиев А.М., д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», г. Ташкент, Республика Узбекистан, тел.: + 998-90-943-59-25, e-mail: lelya.alex@mail.ru,

Дониеров О.Ч., аспирант, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»,

Мурадов Х.И., магистрант, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

Приведены общие принципы построения бесконтактных ферромагнитных преобразователей больших постоянных токов, основные требования к ним и результаты разработки одного из вариантов разработанных высоконадежных магнитомодуляционных бесконтактных ферромагнитных преобразователей больших постоянных токов с расширенным диапазоном систем контроля и управления применительно к мощным насосным станциям водоснабжения и мелиорации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бесконтактное измерение, магнитомодуляционный преобразователь, система контроля и управления, разъемный магнитопровод, интегрирующий контур, распределенные магнитные параметры.

В сельском хозяйстве, мелиорации, ирригации и, в частности, орошаемом земледелии для подачи воды широко применяются крупные насосные станции, в которых используются мощные электродвигатели, в системах контроля и управления которых применяются большие постоянные токи (БПТ), которые необходимо контролировать. При этом нестабильность работы систем регулирования тока, появление со временем дополнительных сопротивлений за счет окисления контактов на шунтах приводят к снижению производительности насосных станций, к простоям, а большие падения напряжений на шунтах приводят к неоправданным потерям мощностей [1-3].

По результатам анализа проведенных исследований выявлена острая необходимость на многих предприятиях и в фермерских хозяйствах в зоне орошаемого земледелия Республики Узбекистан в бесконтактном контроле БПТ величиной от 100 А до 10 кА с помощью как переносных, так и стационарных измерительных преобразователей с погрешностью 1–3 %, применяя в ряде случаев многопредельные измерительных преобразователи бесконтактного контроля БПТ [4].

Развитие элементов и технических средств систем контроля управления в электроэнергетике водного хозяйства способствовали разработке энергосберегающих магнитомодуляционных бесконтактных преобразователей больших постоянных токов с разъемными интегрирующими контурами (МБПБТ), позволяющими без нарушения конструктивной и схемной целостности устройства обхватывать проводники с контролируемым БПТ [5,6].

В результате проведенных исследований мест бесконтактного контроля больших постоянных токов выявлены основные требования к МБПБТ. В основном к ним относятся: высокие точность, надежность, чувствительность, отсутствие погрешностей от влияния внешних магнитных полей, обратного проводника с током, смещения проводника с током из центра интегрирующего контура, ферромагнитных масс, малые масса, габариты, материалоемкость и стоимость, технологичность конструкции, способность работы в агрессивной среде, взрывобезопасность, а также отсутствие гальванической связи между контролируемым постоянным током и измерительной цепью и наличие в некоторых случаях возможности как фиксированного регулирования чувствительности МБПБТ в широком контролируемом диапазоне, так и изготовления МБПБТ переносными или стационарными [4].

Нами разработан целый ряд универсальных энергосберегающих магнитомодуляционных бесконтактных преобразователей больших постоянных токов, позволяющих без разрыва цепи преобразовывать как постоянные, так и переменные большие токи в различных системах контроля и управления. Поставленные задачи решены применением в МБПБТ специальных конструкций разъемных замкнутых магнитопроводов с поперечно и продольно распределенными магнитными параметрами и увеличенной длиной пути рабочего магнитного потока по стали [4].

Несмотря на большое количество отдельных разработок в данной области [1,2,5,6,8], приборостроительной промышленностью как в республике Узбекистан, так и в мире пока серийно не производятся легкие разъемные стационарные и переносные неразрушающие бесконтактные преобразователи и измерители больших постоянных токов [4]. Это объясняется отсутствием в достаточной степени апробированного варианта бесконтактных гальваномагнитных преобразователей больших постоянных токов и жесткостью требований, предъявляемых к ним [4].

Нами разработан целый ряд универсальных энергосберегающих магнитомодуляционных бесконтактных преобразователей больших постоянных токов, позволяющих без разрыва цепи преобразовывать как постоянные, так и переменные большие токи в различных системах контроля и управления. Поставленные задачи решены применением в МБПБТ специальных конструкций разъемных замкнутых

магнитопроводов с поперечно и продольно распределенными магнитными параметрами и увеличенной длиной пути рабочего магнитного потока по стали [4].

Рассмотрим особенности работы магнитомодуляционных бесконтактных ферромагнитных преобразователей больших постоянных токов на примере оптимальной конструкции МБПБТ, являющейся практически обобщенным вариантом разработанных магнитомодуляционных бесконтактных ферромагнитных преобразователей больших постоянных токов.

МБПБТ (рис. 1) выполнен на базе МБПБТ [7] и имеет замкнутый разъемный O – образный магнитопровод 6, размещенный в защитном корпусе 7. Разъемный магнитопровод собран из идентичных шихтованных ферромагнитных элементов 1 и 2 с поперечными и продольными зазорами. Ферромагнитные элементы 1 и 2 имеют сквозные отверстия и расположены в параллельных плоскостях, нормальных к оси шины 5 с контролируемым большим постоянным током. Через каждые два отдельных сквозных отверстия в ферромагнитных элементах 1 и 2 намотаны модуляционные обмотки 3. При этом модуляционные обмотки 3 соединены последовательно таким образом, что каждая предыдущая и последующая модуляционные обмотки 3 включены по отношению друг к другу встречно. К последовательно соединенным модуляционным обмоткам 3 подключен источник переменного тока (не показан). На разъемном магнитопроводе в промежутках между сквозными отверстиями в ферромагнитных элементах расположены измерительные обмотки 4, соединенные между собой последовательно и согласно.

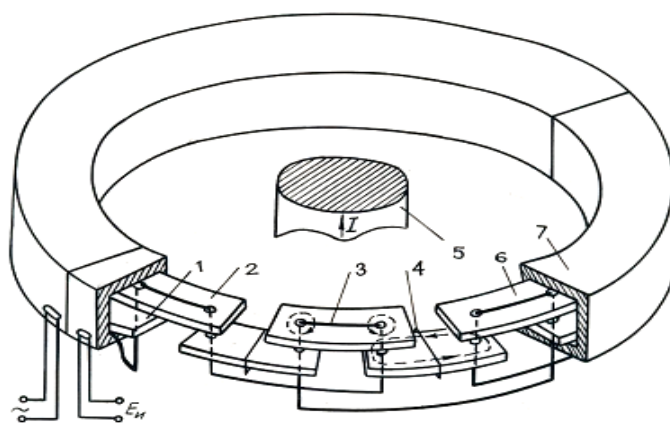


Рис.1. МБПБТ с продольно распределенными магнитными параметрами

Встречное соединение между собой каждой предыдущей и последующей модуляционных обмоток 3 и расположение измерительных обмоток 4 в промежутках между сквозными отверстиями в ферромагнитных элементах 1 и 2 позволили осуществить продольную модуляцию магнитного сопротивления магнитопровода на пути рабочего

потока Φ , создаваемого контролируемым постоянным током, а, следовательно, и повысить по сравнению с известными МБПТ чувствительность разработанного МБПТ.

Разработанный МБИПТ при отсутствии переменного тока в модулирующей обмотке 3 может контролировать и переменный ток. При контроле БПТ разъемным магнитопроводом МБИПТ охватывают шину 5. За счет ампервитков модуляции магнитопровод находится в насыщенном состоянии в течение каждого полупериода питающего напряжения. При этом проницаемость магнитопровода для продольного поля, созданного контролируемым током, резко уменьшается. В момент, когда ток модуляции проходит через нулевое значение, проницаемость магнитопровода возрастает до начального значения. Таким образом, при стабильности ампервитков модуляции в измерительной обмотке будет индуцироваться ЭДС, зависящая от контролируемого тока.

Выходная ЭДС преобразователя в долевых значениях равна

$$E^o = \frac{2}{\pi} \left[\frac{1}{ch^2 H_x} - \frac{1}{ch(H_x + H_{\text{эм}})ch(H_x - H_{\text{эм}})} \right] sh2H_x, \quad (1)$$

Здесь H_x – напряженность магнитного поля в разъемном магнитопроводе, связанная с контролируемым током I_u по выражению

$$H_x = K_2 \frac{I_u}{\pi D_{cp}} \frac{(K_\delta + 1) [\beta K_\delta (1 + K_{z_0}) (1 - ch\beta) - 4sh\beta]}{\beta K_\delta (1 + K_{z_0} + 2K_\delta K_{z_0}) (1 - ch\beta) - 2 [K_\delta (1 + K_{z_0}) - 2] sh\beta}; \quad (2)$$

$H_{\text{эм}}$ – напряженность магнитного поля возбуждения ферромагнитных элементов 1 и 2 МБИПТ, равная

$$H_{\text{эм}} = K_2 \frac{I_{\sim} w_{\sim}}{l_{cp}}, \quad (3)$$

где I_{\sim} – значения тока возбуждения;

w_{\sim} – число витков обмотки возбуждения МБИПТ;

l_{cp} – средняя длина линии напряженности поля возбуждения ферромагнитного элемента МБИПТ.

Полученное выражение (1) является статической характеристикой МБИПТ, показывающей зависимость $E^o = f(H_x, H_{\text{эм}})$.

С помощью вычислительной техники по выражению (1) рассчитано семейство статических характеристик МБИПТ. Результаты машинной обработки при различных $H_{\text{эм}}$ и H_x приведены на рис. 2. Проведенные эксперименты показали, что погрешность расчета семейства статических характеристик МБИПТ не превышает 3%. Значению величины возбуждения $H_{\text{эм}}$ соответствует определенное максимальное значение измеряемой величины $H_{xм}$. При этом максимумы $H_{xм}$, возрастая по величине с увеличением $H_{\text{эм}}$, смещаются в сторону увеличения H_x .

Разработан универсальный энергосберегающий высоконадежный бесконтактный преобразователь больших токов для систем контроля и управления, имеющий высокие точность и чувствительность, широкий

контролируемый диапазон токов при малых габаритах и массе, простую и технологичную конструкцию при низких ее материалоемкости и стоимости.

Получено выражение статической характеристики МБИПТ и рассчитано его семейство статических характеристик. Показано, что значению величины возбуждения $H_{вм}$ соответствует определенное максимальное значение измеряемой величины $H_{хм}$. При этом максимумы $H_{хм}$, возрастая по величине с увеличением $H_{вм}$, смещаются в сторону увеличения измеряемой величины H_x .

Разработанный МБИПТ может бесконтактно контролировать постоянные и переменные токи с погрешностью 1,5 % в современных системах контроля и управления в мелиорации, ирригации, гелио – и лазерной технике, возобновляемых источниках энергии, промышленности, металлургии, железно - дорожном транспорте и агропромышленной сфере.

Техническая характеристика МБИПТ: диапазон преобразуемых постоянных и переменных токов – 0 – 10000 А; чувствительность – 0,2 мВ/А; приведенная погрешность – 1,5 %; диаметр внутреннего окна разъемного магнитопровода – 250 мм; масса – 0,9 кг.

Разработанный МБИПТ внедрен малой серией на ряде предприятий Республики Узбекистан и Российской Федерации.

Литература:

1. Болотин О., Портной Г., Разумовский К. Первичные датчики для предприятий энергетики // Энергобезопасность и энергосбережение. №5. 2012. С. 28 - 32.
2. Казаков М.К. Методы и средства измерений высоких напряжений и больших токов в электроэнергетике: автореф. дис. ... док. тех. наук. Ульяновск, 1998. 32 с.
3. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения // Москва: Высшая школа, 1991. 496 с.
4. Плахтиев А.М. Эффективные информационные бесконтактные преобразователи для современных систем контроля и управления в АПК // Международная научно-практическая конференция. «Аграрная наука – сельскому хозяйству». Сборник научных статей. Барнаул, 2017. С. 37-39.
5. Данилов А. Современные промышленные датчики тока // Современная электроника, № 10, 2004, С.38 - 43.
6. Болотин О., Портной Г., Разумовский К. Современные датчики для измерения тока и напряжения // ИСУП, № 1(61), 2016. С.18 - 25.
7. Плахтиев А.М. Электроизмерительные клещи постоянного тока, а.с. СССР № 1160319, МПК G01R 19/00. Электроизмерительные клещи постоянного тока. опубл. 07.06.1985, бюл. 21.
8. Yuki T.N. Electromagnetic noncontacting measuring apparatus, Патент США № 5234844, МКИ G01R 27 / 04, НКИ 324 – 58 от 18.11.2016.

НАДЕЖНОСТЬ БЕСКОНТАКТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ В АГРОЭНЕРГЕТИКЕ

Плахтиев А.М., д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», г. Ташкент, Республика Узбекистан, тел.: + 998-90-943-59-25, e-mail: lelya.alex@mail.ru,

Мелибоев Я.А., соискатель, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»,

Мурадов Х.И., магистрант, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

В статье обосновывается необходимость применения для нужд мелиорации, ирригации и в целом сельского хозяйства бесконтактного преобразования и измерения больших постоянных токов с помощью широкодиапазонных гальваномагнитных бесконтактных преобразователей, приводятся результаты их разработки и определения надежности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: разъемный магнитопровод, гальваномагнитный преобразователь, бесконтактный преобразователь, разъемный магнитопровод, интегрирующий контур, преобразователь Холла.

В настоящее время во многих системах контроля и управления электроснабжением в мелиорации, ирригации весьма важным является измерение больших постоянных токов (БПТ). Обычно на практике это производят с помощью шунтов, добавочных сопротивлений, трансформаторов постоянного тока и др. Однако рабочие значения постоянных токов при этом из-за изменений электрических сопротивлений в цепях постоянного тока, обусловленных агрессивностью и изменением температуры окружающей среды и сопротивлений переходных контактов, коррозией и износом отдельных элементов и другими внешними воздействиями, могут отличаться от нормируемых значений [1-3]. Все это приводит к нарушению нормального функционирования режима работы насосных станций и к неоправденным потерям мощности [4].

В этой связи для регулирования и повышения нормализации режима работы насосных станций и других нужны легкие как переносные, так и стационарные бесконтактные преобразователи больших постоянных токов (БПБТ). При этом они должны быть точными и чувствительными, надежными и недорогими, технологичными и энергосберегающими. Поэтому разработка бесконтактных преобразователей больших постоянных токов в цепях без их разрыва для многих систем контроля и

управления является важным.

Несмотря на большое количество отдельных разработок в данной области, приборостроительной промышленностью как в республике Узбекистан, так и в мире пока серийно не выпускаются легкие разъемные стационарные и переносные бесконтактные преобразователи больших постоянных токов. Это объясняется, с одной стороны, отсутствием в достаточной степени их апробированного варианта, а с другой – жесткостью требований, предъявляемых к ним. Этим требованиям вполне удовлетворяют разработанные нами гальваномагнитные БПБТ (ГБПБТ), одна из конструкций которых приведена на рис.1.

ГБПБТ выполнен на базе ГБПБТ [5] и содержит замкнутый магнитопровод, состоящий из отдельных ферромагнитных элементов 1 и 2. Ферромагнитные элементы 1 так же, как и ферромагнитные элементы 2 установлены с продольными зазорами. Соседние ферромагнитные элементы 1 и 2, кроме того, образуют между собой *n* пар поперечных зазоров, в которых размещены элементы 3 Холла. При этом ферромагнитные элементы 2 жестко закреплены на кольцеобразной изоляционной пластине 4, которая может фиксировано перемещаться на установленные расстояния, изменяя промежутки между ферромагнитными элементами 1 и 2, т.е. параметры поперечных зазоров. Замкнутый магнитопровод вместе с элементами 3 Холла помещен в изоляционный корпус 5, который в процессе измерения охватывает шину 6 с контролируемым током. Токовые электроды элементов 3 Холла подключены к источнику тока. Холловские электроды элементов 3 Холла соединены между собой последовательно, причем холловские электроды элементов 3 Холла, размещенных в каждой паре поперечных зазоров, образованной одним ферромагнитным элементом 2 и соседними ферромагнитными элементами 1, включены встречно. Для индикации результатов измерения в цепь последовательно соединенных холловских электродов элементов 3 Холла включают регистрирующий прибор (не показан).

Устройство работает следующим образом.

После обхвата шины 6 с контролируемым постоянным током в магнитопроводе контролируемым током создается постоянный магнитный поток, который, пронизывая элементы Холла 3, вызывает возникновение на их холловских электродах ЭДС Холла, которые в свою очередь за счет встречного включения холловских электродов элементов Холла 3 суммируются, обуславливая появление на выходе цепи последовательно соединенных холловских электродов элементов Холла 3 суммарной выходной ЭДС Холла, пропорциональной величине контролируемого постоянного тока. Значение этой суммарной ЭДС Холла измеряют с помощью регистрирующего прибора.

Увеличение верхнего предела измерения больших постоянных токов производится увеличением промежутка между неподвижными 1 и подвижными 2 ферромагнитными элементами путем фиксированного перехода пластины 4 с ферромагнитными элементами 2 на установленные расстояния.

Под надежностью понимают свойство преобразователя выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах при заданных режимах и условиях эксплуатации в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки [7]. По физическому характеру проявлений отказы делятся на катастрофические и параметрические. В известной литературе [7,8] достаточно хорошо разработаны методы снижения катастрофических отказов элементов и устройств автоматики, к которым относятся и ГБПБТ.

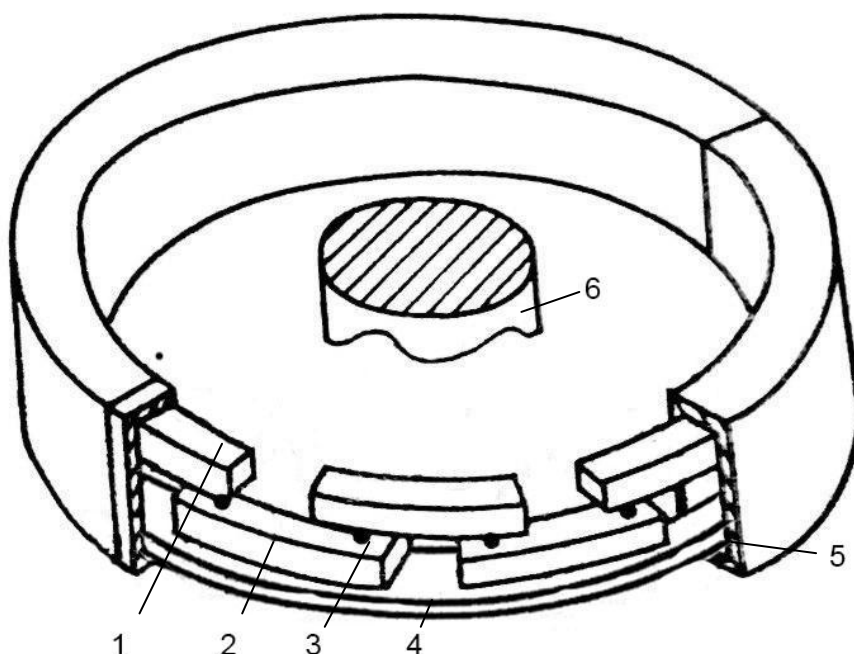


Рис. 1. Бесконтактный гальваномагнитный преобразователь больших постоянных токов

По целевому назначению различают расчеты надежности на стадии проектирования (прогнозирующие) и на стадии испытаний и эксплуатации (констатирующие). По принципиальным основам расчет надежности БФП делится на элементный (аппаратурный) и функциональный (параметрический). Реальные конструкции ГБПБТ строго не соответствуют некоторой одной модели расчета надежности [8].

Наиболее известным является расчет надежности по среднегрупповым интенсивностям отказов элементов [7]. Для проведения расчета необходимо знать: типы элементов, интенсивность отказов элементов различных типов λ и количество элементов каждого типа N_i ,

входящих в систему. Учет эксплуатационных условий ГБПБТ сводится к выбору типов элементов, способных работать в заданных условиях эксплуатации.

На этапе проектирования количество элементов, входящих в ГБПБТ, обычно уже известно. Рассматриваемый метод расчета надежности позволяет определить наработку на отказ T_{cp} и вероятность безотказной работы $P(t)$ ГБПБТ [8]. Расчет выполняется в следующем порядке:

- все элементы ГБПБТ разбивают на несколько групп n с примерно одинаковой интенсивностью отказов λ_i внутри i – й группы и подсчитывают ориентировочное количество элементов в каждой группе N_i ;
- по таблицам находят среднее значение интенсивности отказов элементов каждой группы λ_i ;
- вычисляют произведение $N_i \lambda_i$;
- рассчитывают общую интенсивность отказов ГБПБТ по всем n группам элементов:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i; \quad (1)$$

- определяют наработку на отказ:

$$T_{cp} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n N_i \lambda_i}; \quad (2)$$

- находят вероятность безотказной работы ГБПБТ за время t :

$$P(t) = e^{-t \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i}. \quad (3)$$

При малых значениях $(\sum_{i=1}^n N_i \lambda_i)^{-1}$ для нахождения $P(t)$ удобно пользоваться приближенной формулой

$$P(t) \approx 1 - t \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i. \quad (4)$$

Надежность ГБПБТ будем определять по выше приведенной методике. Поэтому важным при определении надежности ГБПБТ является нахождение интенсивности отказов k . Интенсивность отказов всего МБФП можно определять согласно [7] в виде суммы интенсивностей отказов отдельных элементов и узлов. С этой целью преобразователь [8] представим в виде следующих элементов: системы элементов Холла, системы измерения, источника питания, потенциометра и сопротивления. При этом к узлам ГБПБТ можно отнести: обмотку, изоляцию обмоток и соединение обмоток пайкой. Поэтому при определении интенсивности отказов необходимо учитывать количество ферроэлементов. Значения интенсивностей отказов по данным фирмы “Джин” (США) [7] приведены в табл.1.

Значения интенсивностей отказов

Элементы преобразователя	Узлы преобразователя		
	обмотка	изоляция	соединение пайкой
Элементы Холла и система их питания	$0,05 \cdot 10^{-6}n$	$0,5 \cdot 10^{-6}n$	$0,004 \cdot 10^{-6}(n-1)$
Система измерения	$0,1 \cdot 10^{-6}n$	$0,5 \cdot 10^{-6}n$	$0,004 \cdot 10^{-6}(n-1)$
Источник питания	-	$7,2 \cdot 10^{-6}$	-
Потенциометр	-	$1,4 \cdot 10^{-6}$	-
Сопротивление	-	$0,04 \cdot 10^{-6}$	-
Суммарная интенсивность отказов элементов преобразователя	$\lambda_0 = 0,15n \cdot 10^{-6}$ [час ⁻¹]	$\lambda_{и} = (8,64n) \cdot 10^{-6}$ [час ⁻¹]	$\lambda_{п} = 0,008(n-1) \cdot 10^{-6}$ [час ⁻¹]

Суммарная интенсивность отказов элементов преобразователя определяется выражением

$$\lambda = \lambda_0 + \lambda_{и} + \lambda_{п} = (8,632 + 1,158n) \cdot 10^{-6}, \text{ [час}^{-1}\text{]}. \quad (5)$$

Из последнего выражения видно, что интенсивность отказа ГБПБТ зависит от количества ферроэлементов n .

Определим надежность ГБПБТ по формуле (4) с учетом (5), принимая $n_{ср} = 20$ и $t = 10^3$ час:

$$P(t) = e^{-t \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i} = 0,998$$

С учетом катастрофических отказов $P_{к} = 0,9989$ суммарная надежность ГБПБТ определится

$$P = P_{п} \cdot P_{к} = 0,9980 \cdot 0,9989 = 0,9969$$

Постепенные отказы, возникающие в результате старения, агрессивности среды, изменения ее температуры, характеризуются постепенным ухудшением заданных параметров ГБПБТ, изменяющим их параметрическую надежность.

Сравнивая полученные значения надежности ГБПБТ со значениями аналогичных надежностей трансформаторов постоянного тока [2], можно указать на их соответствие и на повышенную надежность химических аппаратов с ГБПБТ, а, следовательно, и АСУ ТП в электрохимии, по сравнению с аналогичными химическими аппаратами и системами, использующими в качестве преобразователей больших постоянных токов шунты.

Литература:

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Москва: Высшая школа, 1991. 496 с.
2. Казаков М.К. Методы и средства измерений высоких напряжений и больших токов в электроэнергетике: автореф. дис. ... докт. тех. наук. Ульяновск, 1998. 32 с.

3. Болотин О., Портной Г., Разумовский К. Первичные датчики для предприятий энергетики // Энергобезопасность и энергосбережение. №5, 2012. С. 28 -32.

4. Плахтиев А.М. Эффективные информационные бесконтактные преобразователи для современных систем контроля и управления в АПК // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Международная научно-практическая конференция.. Барнаул, 2017. С. 37-39.

5. Yuki T.N. Electromagnetic noncontacting measuring apparatus, Патент США № 5234844, МКИ G01R 27 / 04, НКИ 324 – 58 от 18.11.2016.

6. Плахтиев А.М. Бесконтактный преобразователь больших постоянных токов, а. с. СССР № 1183905, МПК G01R 19/00. Опубл. 07.10.1985, Бюл. 37.

7. Сотсков Б.С. Основы теории ифф расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники. М.: Высшая школа, 1970. 456 с.

8. Липчин Ц.Н., Липчин Л.Ц. Надежность самолетных навигационно-вычислительных устройств. М.: Машиностроение, 1991. 196 с.

УДК 631.3

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК ОТВЕТ НА СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И РЕАЛИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Бобер А.В., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: bamparov@ya.ru,

Манаенков А.М., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: a3.smena@gmail.com,

Литвин В.И., д.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: v_litvin@rgazu.ru

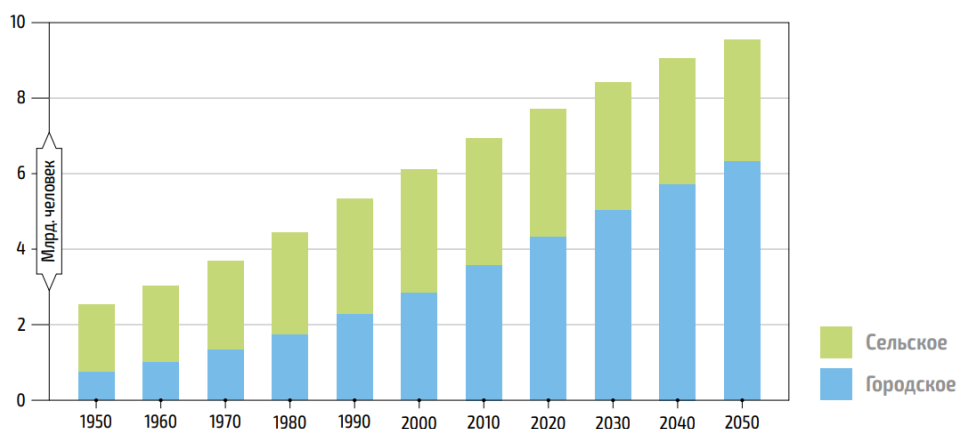
В статье рассматриваются современные образцы робототехники, применяемой в сельском хозяйстве. Рассматриваются перспективы внедрения и особенности производства и эксплуатации роботов. Особое внимание уделяется проблемам развития робототехники: отсутствие системы подготовки специалистов, низкая доступность высокотехнологичных компонентов, закрытость программного обеспечения. Статья содержит предполагаемые пути решения этих проблем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: робототехника в АПК, агророботы, сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, роботизированная техника.

В сентябре 2015 года 193 государства – члены ООН взяли на себя обязательства в отношении достижения глобальных Целей устойчивого развития для улучшения жизни людей к 2030 году. Одна из Целей – «Нулевой голод» – содержит обязательство ликвидации голода к 2030 году [1]. В настоящее время более 800 миллионов человек в мире голодают [2]. Продовольственное обеспечение – глобальный вызов времени. На обеспечение населения продовольственными товарами направлена важная отрасль экономической деятельности – Сельское хозяйство. Ему

принадлежит основная роль в достижении Цели «Нулевого голода».

В нынешних обстоятельствах, в том числе ввиду эпидемии COVID-19, к 2030 году достичь «Нулевого голода», по всей вероятности, не получится. В то же время поставленная цель обуславливает необходимость коренным образом изменить глобальную продовольственную сельскохозяйственную систему. Повышение производительности сельского хозяйства и устойчивое производство продовольствия имеют решающее значение для сокращения опасности голода. К 2030 году население Земли увеличится до 8,6 млрд человек, а к 2050 году достигнет 9,8 млрд [3]. С ростом числа жителей Земли возрастает и глобальный спрос на продовольствие. Интенсивный рост спроса на продовольствие – глобальный вызов для сельского хозяйства. Для увеличения производства продовольствия, с целью достижения Цели «Нулевого голода», потребуется больше ресурсов: квалифицированных кадров, земли, энергии, воды. Однако возможности для увеличения производства ограничены из-за деградации земли и почв, дефицита воды, изменения климата и особенно из-за нехватки квалифицированных кадров. На сегодняшний день в малых и больших городах проживает около 55 процентов населения мира, а к 2050 году степень урбанизации, по прогнозам достигнет почти 70% (рис. 1) [3].



Примечание: Перспективные оценки за 2015 и последующие годы относятся к сценарию среднего варианта.
Источник: ООН, 2015 год. «Мировые демографические перспективы: редакция 2015 года». Департамент по экономическим и социальным вопросам, Отдел народонаселения. Нью-Йорк, США.

Рис. 1. Городское и сельское население планеты: Исторические данные и перспективы

В этих условиях нарастить объём производства на «старой» технологической основе невозможно. Необходим переход к новой парадигме развития сельского хозяйства, – применение роботизированных технологий, что позволит решить проблемы с нехваткой рабочей силы в сельском хозяйстве.

Роботы для сельского хозяйства это: автоматические системы для животноводческих ферм, обработки почвы и ухода за посевами, уборки урожая, внесения удобрений и орошения (рис. 2) [4]. Прогноз развития рынка агробототехники (рис. 3) показывает, что объём рынка агроботов к 2024

году должен достигнуть \$74,1 млрд [4]. Роботизация сельского хозяйства является сегодня общемировым трендом. Робототехника активно развивается во всем мире.

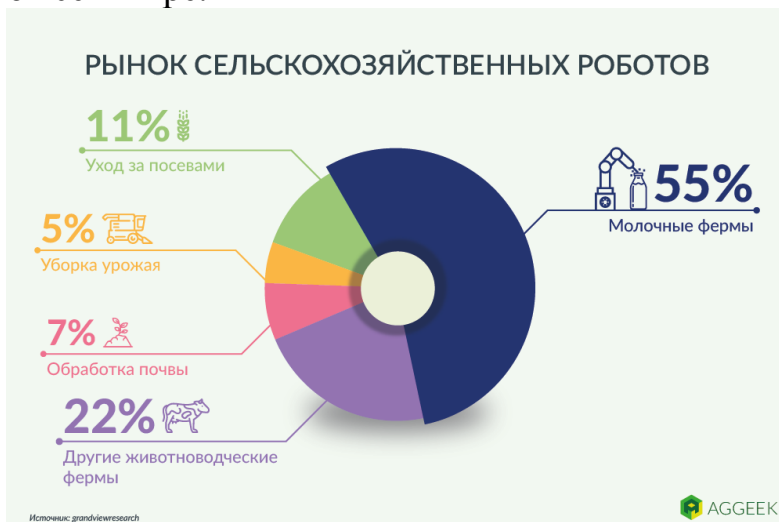


Рис. 2. Рынок сельскохозяйственных роботов



Рис. 3. Прогноз развития рынка агроботов

Из последних разработок ведущих компаний в области роботизированных технологий в сельском хозяйстве можно выделить следующие разработки.

Английские разработчики из Fieldwork Robotics¹ развивают роботов для сбора малины (рис. 4). Испытания систем стартовали три года назад – тогда сбор одной ягоды занимал целую минуту. С тех пор разработчики нарастили число манипуляторов, улучшили сенсоры, исключили соскальзывание ягод и существенно ускорили рабочий процесс – за час робот собирает до 1 кг ягод. Ожидается, что в будущем одна машина

¹ World's first raspberry picking robot cracks the toughest nut: soft fruit // The Guardian [электронный ресурс]. URL: <https://www.theguardian.com/business/2022/jun/01/uk-raspberry-picking-robot-soft-fruit> (дата обращения 16.03.2023).

сможет собирать до 25 тыс. ягод в день – для сравнения, человек собирает порядка 15 тыс. ягод малины за восьмичасовую смену.



Рис. 4. Робот, разработанный Fieldwork Robotics, может собирать килограмм малины в час. Фотография: Fieldwork Robotics

В России также есть позитивный опыт разработки роботов для сельскохозяйственного производства.

Так, на рис. 5 показан прототип робота-поддвигателя кормов AFP R-SEPT². Он прошел испытания в подмосковном хозяйстве СПК «Кузьминское». Отличается конструкцией от зарубежных аналогов. Вес 350 кг, 4-5 часов автономной работы. Ориентация в пространстве с помощью лидара.



Рис. 5. Робот-кормосдвигатель (подравнитель) кормов

Проект беспилотных сельскохозяйственных технологий AgroBot – одно из основных направлений российской компании Aurora Robotics³, в

² Бойко А. Роботы-поддвигатели (подравнители) кормов. Каталог сельскохозяйственных роботов // RoboTrends [электронный ресурс]. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/roboty-pododvigateli-podravnivali-kormov> (дата обращения 16.03.2023).

³ Журнал AgroReport («Агрорепорт») Текст: Полина Зефирова Фото: Aurora Robotics [электронный ресурс]. URL: <https://agroreport.ru/spetsproekty/ivanov-s/bespilotnyy-tractor-avrora-robotics/> (дата обращения 16.03.2023).

котором воплощены самые инновационные решения и технологии российских инженеров. Роботизированный комплекс AgroBot Avrora robotics включает 10 беспилотных тракторов (Агроботов), движение которых контролируется центром управления.

Основные сценарии использования беспилотной сельскохозяйственной техники включают вспашку, внесение удобрений, посадку, орошение, скашивание, уборку и транспортировку собранной продукции.



Рис. 6. Агробот Avrora robotics

На рис. 6 показаны компоненты Агробота, в него входят: программное обеспечение системы автопилотирования, бортовой высокопроизводительный компьютер, контроллеры исполнительных устройств, одометры, передний 2D лазерный сканер, видеокамеры, навигация ГЛОНАСС, верхний 3D лазерный сканер, задний 2D сканер. На рис. 7 представлено изображение реального образца Агробота Avrora robotics.



Рис. 7. Агробот Avrora robotics в поле

В конце 2022 года ведущий российский разработчик искусственного интеллекта для беспилотных сельскохозяйственных машин компания Cognitive Pilot выиграла тендер Министерства промышленности и торговли РФ на разработку проекта «Cognitive Soil Analyze»⁴ и подготовку к серийному производству робота в России на базе отечественных электронных компонентов. Компания представила робота-анализатора почвы (рис. 8).



Рис. 8. Cognitive Soil Analyze

Робот выдает наиболее важные для агрономии параметры почвы, такие как азот, фосфор, калий, магний, водород, соленость, влажность, температура и плотность, после чего осуществляется зональное внесение удобрений (внесение удобрений там, где это необходимо, в требуемой норме), эффективно создавая систему управления посевами.

Весной 2018 года компания Cognitive Technologies первой в мире выпустила Agroid C2-A2⁵ (Cognitive Agro Pilot) – решение для автономного вождения сельскохозяйственной техники, основанное на «искусственном интеллекте» и оснащенное док-станцией. Она позволяет быстро подключить «искусственный интеллект» к различным сельскохозяйственным машинам. Это означает, что имеется возможность перенести систему управления с одного комбайна на другой и легко превратить его в беспилотник без затрат на еще один Agroid. Пример блока Cognitive Agro Pilot показан на рис. 9.

⁴ Официальный сайт Cognitivepilot [электронный ресурс]. URL: <https://cognitivepilot.com/breaking-news/podvedeny-itogi-konkursa-cognitive-pilot-na-luchshee-imya-robota-agronoma/> (дата обращения 11.04.2023).

⁵ Официальный сайт Cognitivepilot [электронный ресурс]. URL: <https://cognitivepilot.com/agriculture1/nash-agroid-sistema-upravleniya-bespilotnymi-selskohozyajstvennymi-mashinami/> (дата обращения 11.04.2023).



Рис. 9. Cognitive Agro Pilot

В августе 2019 года комбайн, оснащенный когнитивным AgroPilot, впервые вышел в поле для уборки пшеницы. Это произошло вблизи села Калбышево Томской области. В том же году Cognitive Agro Pilot получил престижную награду AVT ACES.

АО «Петербургский тракторный завод»⁶ и Cognitive Pilot (дочернее предприятие Сбера и Cognitive Technologies) подписали стратегическое соглашения по продвижению на российском и зарубежном рынках обновленной модели трактора «Кировец» К-7М, оснащаемой системами автопилотирования на базе искусственного интеллекта (ИИ) Cognitive Agro Pilot. Подобная комплектация является первым случаем в России, серийной, заводской установки автопилота на основе ИИ на тракторную технику. Предполагается, что отечественное решение будет представлено на рынке в ценовых диапазонах от 8 до 12 млн рублей, что более, чем в два раза выгоднее по сравнению с менее функциональными решениями от зарубежных конкурентов, диапазон стоимости которых рассматривается от 35 до 50 млн рублей, что является существенным конкурентным преимуществом. Серийное оснащение тракторов К-7М системой Cognitive Agro Pilot с возможностью полной автономности запланировано на январь 2024 года.

Количество крупных участников российского рынка сельскохозяйственной робототехники⁷ представлено на рис. 10.

⁶ Тракторы Петербургского тракторного завода будут комплектоваться автопилотами // Новый проспект [электронный ресурс]. URL: <https://newprospect.ru/news/aktualno-segodnya/traktory-peterburgskogo-traktornogo-zavoda-budut-komplektovatsya-avtopilotami/> (дата обращения 16.03.2023).

⁷ Бойко А. Участники рынка сельскохозяйственных роботов // Ro-boTrends [электронный ресурс]. URL: <http://robotrends.ru/roboedia/uchastniki-rynka-selskohozyaystvennyh-robotov> (дата обращения 16.03.2023).

Участники российского рынка сельскохозяйственной
робототехники - 2020



Рис.10. Российские участники рынка сельскохозяйственной робототехники

Несмотря на имеющиеся возможности, российский рынок робототехники не входит в число передовых. К сожалению, Россия в этом направлении заметно уступает другим странам. Пока в большинстве случаев наша страна вынуждена закупать роботы за рубежом.

Результаты анализа российского рынка робототехники и специализации предприятий, занятых разработкой и производством робототехнических изделий⁸ представлен на рис. 11.

Из представленного рисунка можно сделать вывод, что наибольший процент производства робототехники относится к промышленным производствам (34% от общего количества), на втором месте находятся предприятия, отнесенные к категории «Прочее» (33%); это предприятия, занимающиеся производством робототехники развлекательного и обучающего назначения, третье, весомое место, занимают предприятия военной отрасли и отрасли безопасности (15%), а после них располагаются предприятия медицинского (7%), сельскохозяйственного (8%), и сервисного назначения (3%).

Проблемные вопросы и перспективы развития рынка роботов в сфере АПК. Низкие темпы внедрения робототехники в сельском хозяйстве объясняются тем, что данный процесс протекает не системно и связан с целым рядом проблем.

⁸ Российские производители робототехники [электронный ресурс]. URL: <http://robotrends.ru/robopeedia/rossiyskie-proizvoditeli-robototehniki> (дата обращения 11.04.2023).

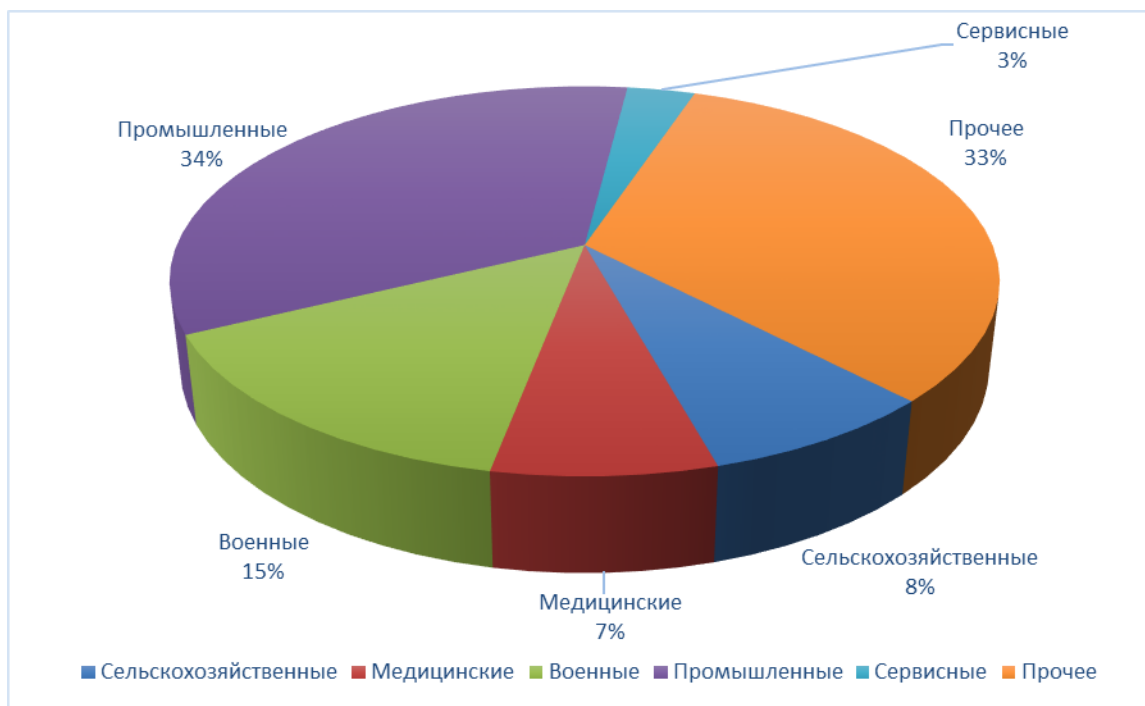


Рис. 11. Специализация по отраслям робототехники разрабатываемой и производимой в России

Существующий парк техники представлен зарубежными роботами, и зачастую они созданы без учета российских условий и запросов сельского хозяйства. Программное обеспечение, как правило, защищено авторскими правами. Создание отечественного программного обеспечения трудоемко и требует целого набора специфичных знаний, не только в программировании как таковом, но и в механизации и электрификации сельского хозяйства, зоотехнии, растениеводстве, то есть, в областях, где этот программный код будет работать. Движущиеся роботы требуют от инженеров и программистов знаний в области спутниковой навигации и искусственного интеллекта.

Отсутствуют комплексные учебные программы и перечень требуемых компетенций по подготовке специалистов, способных внедрять и использовать зарубежную робототехнику. Эксплуатация данной техники требует от обслуживающих её специалистов новых компетенций: от инженеров, производить обслуживание и ремонт робототехники, от агрономов, понимать принципы цифровизации в растениеводстве и т.п.

Остройшей проблемой в развитии агро-робототехники, является нехватка отечественных высокотехнологичных компонентов: литий-ионных и литий-полимерных элементов питания; слаботочной электроники, средств автоматизации, в том числе элементов «интернета вещей»; GPS модулей, радио-модулей, цифровых камер, датчиков и т.д.

Отсутствуют методики внедрения интеллектуальных и цифровых технологий в агропромышленном комплексе. Риски для каждого предприятия остаются высокими, пока нет алгоритма внедрения.

Робототехника очень капиталоемкая отрасль, и возможно, что в сельском хозяйстве инвестиции дадут меньше выгоды, чем в других областях. Возможно там, робототехника покажет себя более эффективной и приоритетной для внедрения. Например, цифровые технологии, скорее нужны в средствах связи, анализе данных, а средства автоматизации в электроэнергетике. Такие примеры расстановки приоритетов, не говорят о том, что в сельском хозяйстве инновации неэффективны. Это объясняет успешность использования роботов в других областях и желание развивать, в первую очередь, проверенные проекты.

Робототехника в аграрном комплексе крайне перспективное направление, и мировые тенденции это хорошо иллюстрируют. Однако, прежде чем аграрный комплекс Российской Федерации покажет значимый результат в этой гонке технологий, необходимо решить несколько важных задач.

Обеспечить инфраструктуру производства высокотехнологичных компонентов для создания и технического обслуживания робототехники. Это необходимо не только для сельского хозяйства, но и для всех высокотехнологичных отраслей. Пока этого не произойдет, любые инвестиции в эту область будут связаны с экономическими рисками, обусловленными зависимостью от зарубежных поставок.

Решить кадровый вопрос, как на уровне разработчиков-инженеров, так и на уровне пользователя-оператора робототехники. Привлечь молодых людей в практическую область информационных технологий. Создать систему подготовки таких специалистов.

Создать информационное пространство для разработчиков. Без возможности сотрудничества и коллективной работы программистов, инженеров, механизаторов и агрономов невозможно внедрение робототехники в реальное сельхозпроизводство. Преимущество открытого кода в написании программного обеспечения в том, что можно смело использовать существующие наработки, делиться идеями и экономить время, что очень важно для развивающейся отрасли. К тому же открытый код безопасней.

Сделать использование робототехники привлекательной, понятной и выгодной в первую очередь для самих аграриев, для крупного и среднего бизнеса. Показать работающие модели, расчёты эффективности и доступность технического обслуживания. Технология эксплуатации и ремонта должна быть понятной и простой для освоения неспециалистами в робототехнике.

Выводы. Любые инновации сталкиваются с указанными проблемами. Каждая технология, применяемая сегодня, прошла этот путь. Решение подобных задач всегда ложится на плечи энтузиастов, которые должны объединить усилия, используя знания и передовой опыт.

Необходимо поддержать отечественных изобретателей, привлечь

ресурсы ВУЗов к подготовке кадров и разработке системы внедрения робототехники, развивать открытое сообщество разработчиков программного обеспечения, создавать производство комплектующих. Это лишь некоторые моменты, на которых необходимо сосредоточить внимание.

Литература:

1. Глобальные цели 2030: голод и сельское хозяйство в центре мировой политики [Электронный ресурс] // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций [Официальный сайт]. URL: <http://www.fao.org/news/story/ru/item/332532/icode/> (дата обращения 22.02.2023).

2. Доклад ООН: В 2021 году число голодающих в мире достигло 828 млн [Электронный ресурс] // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций [Официальный сайт]. URL: <https://www.fao.org/newsroom/detail/un-report-global-hunger-SOFI-2022-FAO/ru> (дата обращения 22.02.2023).

3. ФАО. Будущее продовольствия и сельского хозяйства – альтернативные пути к 2050 году. Краткое изложение [Электронный ресурс]. Рим, 2018. URL: <https://www.fao.org/3/CA1553RU/ca1553ru.pdf> (дата обращения 22.02.2023).

4. Роботы для сельского хозяйства: тенденции развития рынка [Электронный ресурс]. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/roboty-dlya-selskogo-hozyajstva-tendentsii-razvitiya-rynka> (дата обращения 22.02.2023).

5. Шавров А.В., Липа О.А., Шавров А.А. Основы теории управления: учебное пособие Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Российский государственный аграрный заочный университет. Москва : Российский государственный аграрный заочный университет, 2005. 104 с.

6. Липа О.А., Липа Д.А., Рамазанова Г.Г. Проблемы адаптивной настройки регуляторов и методы их решения // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2013. № 15(20). С. 46-51.

УДК 621.31

АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Овчинников А.А., студент факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: am2148716@gmail.com,

Литвин В.И., д.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, г. Балашиха, Россия, e-mail: v_litvin@rgazu.ru

В статье проведен анализ использования источников альтернативной энергии для кочевых пасек. Приведены преимущества использования установок, работающих от возобновляемых источников энергии, в частности солнечных станций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электрическая энергия, кочевая пасека, альтернативные источники энергии, солнечная станция.

На территории России существуют потребители, изолированные от централизованного электроснабжения. В основном такие потребители – это малые объекты сельского хозяйства, расположенные в удаленных районах. Прокладка к небольшим хозяйствам линий электропередачи обходится дорого и экономически нецелесообразна.

В настоящее время для электроснабжения удаленных от линий электропередачи маломощных объектов часто используются автономные системы электроснабжения на основе бензо-дизельных электростанций. Электроснабжение таких потребителей, выполненное на этой основе, имеет недостатки: высокий уровень себестоимости вырабатываемой электроэнергии и высокие экологические риски.

Отсутствие надежного и эффективного электроснабжения удаленных сельскохозяйственных потребителей, таких как пчеловодческие пасеки, лесничьи домики, летние лагеря, кошары, заготовительно-приемные пункты дикоросов, небольшие тепличные хозяйства, отдаленные крестьянские и фермерские хозяйства, объекты сельского и горного туризма и др. сдерживает развитие малых форм хозяйствования в АПК.

Альтернативные способы электроснабжения удаленных потребителей позволяют экономить средства на энергоносители, а также обеспечить энергонезависимость (автономность) потребителей. Они основаны на использовании возобновляемых источников энергии (ветроэнергетические установки, фотоэлектрические станции и др.) с аккумулярованием энергии в период отсутствия потребления.

Особенностью автономных систем электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии, в частности энергии ветра, солнца являются нерегулярность и неуправляемость поступления электроэнергии от генерирующих систем, а также нерегулярность потребления выработанной электроэнергии потребителем. В связи с этим, для создания высокой степени надежности электроснабжения, возникает необходимость применения энергоэффективных гибридных электроустановок с аккумулярующими устройствами.

Существует большое количество вариантов реализации таких систем электроснабжения в зависимости от потенциала энергии ветра, потенциала солнечной энергии, графика нагрузок и других факторов [1,2]. Основной задачей является разработка наиболее энергоэффективного решения по автономному электроснабжению удаленных сельскохозяйственных объектов с учетом основных энергетических факторов и требований к электроснабжению конкретного потребителя.

Гибридные системы электроснабжения – это энергетические установки для производства электрической энергии из двух или более источников. Основная сфера использования — удаленные объекты, которые не присоединены к общей энергетической сети. Гибридные электроустановки на основе возобновляемых источников энергии

используют для производства электрической энергии солнечный свет, ветер, другие источники энергии. В сочетании с аккумулирующими установками это дает возможность обеспечить непрерывную подачу энергии потребителям независимо от силы ветра, погодных условий и других факторов.

Наиболее приемлемой для использования в автономных системах электроснабжения является энергия солнечного излучения. Например, для кочевых пасек такой подход к энергообеспечению не имеет серьезных альтернатив.

Топливные электростанции не могут использоваться на передвижных пасеках из-за вредных выбросов выхлопных газов и производимого шума. Также регулярная замена аккумуляторов для кочевой пасеки не всегда осуществима из-за отсутствия зарядных устройств.

Для кочевой пасеки на 32 ульев в Таблице 1 приведены мощность, количество, время работы потребителей электроэнергии и суточное потребление энергии.

Таблица 1

**Количественное определение энергопотребления электроприборов
для кочевой пасеки**

Вид электроприбора	Потребляемая мощность, кВт	Продолжительность работы, ч/сут	Количество электроэнергии, потребленной в сутки, кВт·ч
Электроприборы для приготовления пищи	1	2	2,0
Электроинструмент	0,5	1	0,5
Ноутбук	0,05	3	0,15
Освещение	0,1	2	0,2
Медогонка электрическая	0,5	3	1,5
Нож для распечатки сот электрический	0,05	3	0,15
Минихолодильник	0,05	6	0,3

Электроснабжения сельскохозяйственного объекта рассчитывается на потребляемую мощность нагрузки, при которой энергопотребление максимально. Зачастую максимальное энергопотребление кратковременно и определяется действительной потребляемой мощностью $P_{потр}$, которая в любое время должна быть меньше суммы мощностей электроприборов $\sum P_{пр}$. Это вызвано тем, что электроприборы работают перемененно, а не все сразу. Наибольшая потребляемая мощность обычно не равна $\sum P_{пр}$ и определяется по формуле:

$$P_{max} = k_0 k_3 \sum P_{пр},$$

где k_0 – коэффициент одновременности работы электроприборов,

k_3 – коэффициент загрузки электроприемников,
 P_{max} – максимальная нагрузка.

Очень редко коэффициенты k_0 и k_3 равны 1, в основном они меньше в зависимости от характера, режима работы и числа электроприемников. Сумма мощностей электроприборов кочевой пасеки $\sum P_{пр} = 2,25$ кВт. Можно принять максимальную нагрузку $P_{max} 1,5 \div 2,0$ кВт.

Учитывая мощность и время работы электроприборов, суточное потребление электроэнергии равно 4,8 кВт·ч. Для энергообеспечение кочевой пасеки можно использовать готовое решение от компании «Реалсолар» с солнечными батареями Delta [3]. Структурна схема солнечной станции (СС) представлена на рисунке. Мощность станции 3 кВт, солнечные панели 4 × 320Вт, поликарбоновые аккумуляторы 4 × 150Ач. Мощность СЭС 3 кВт. Выработка в сутки 6 кВт·ч. Использование СС позволит обеспечить суточное потребление электроэнергии и её накопление в аккумуляторных батареях.

Солнечная станция мощностью инвертора 3 кВт и суммарной мощностью солнечных панелей 1280 Вт подходит для потребителей с мощностью потребления не превышающей 3 кВт. Возможности инвертора позволяют подключать любые бытовые приборы холодильник, компьютер, освещение, электрические приборы и электроинструмент. В комплект солнечной станции входят 4 мощные монокристаллические солнечные панели 320 Вт, произведенные по технологии PERC, суммарной мощностью 1280 Вт, многофункциональный инвертор SmartWatt ECO 3К, со встроенным MPPT контроллером 50 А.

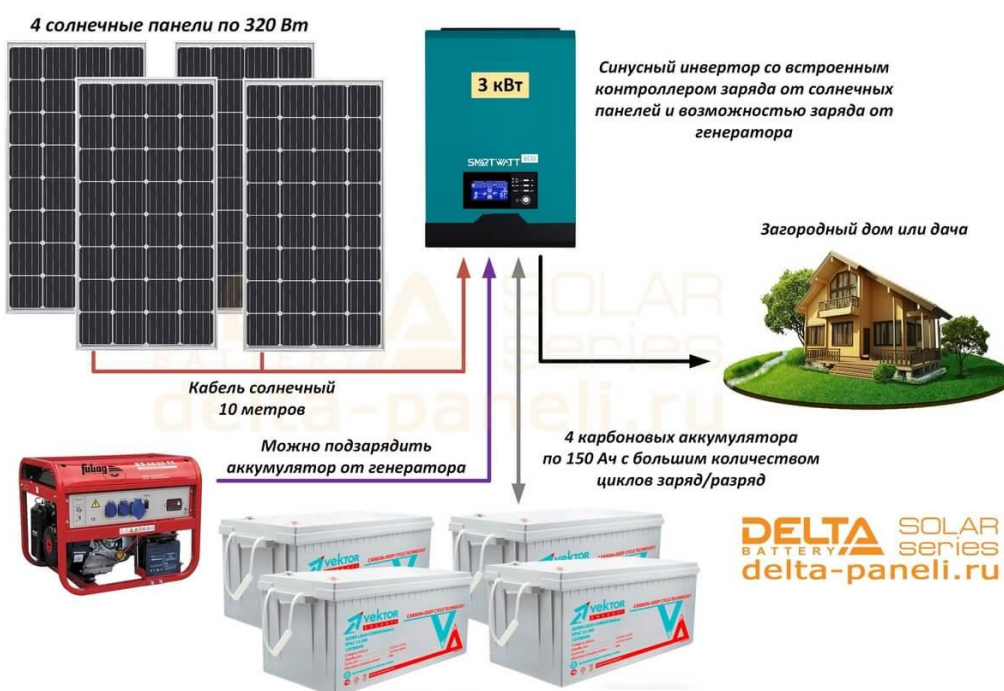


Рис. Солнечная электростанция

Выводы. Для электроснабжения передвижных пасток возможно применение автономных солнечных электростанций на основе фотоэлектрических преобразователей. По сравнению с другими автономными системами электроснабжения, солнечные электростанции обладают абсолютной экологической чистотой. Для энергообеспечения кочевой пастки можно использовать готовые решения известных производителей.

Литература:

1. Качан С.А., Довлатов И.М., Павкин Д.Ю., Юферев Л.Ю. Исследование автономных систем электроснабжения на возобновляемых источниках энергии для сельскохозяйственного потребителя // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 3(24). С. 154-159.
2. Воронин С.М., Украинцев М.М. Автономные системы электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии для сельских объектов // Вестник аграрной науки Дона. 2022. Т. 15, № 4(60). С. 82-94. DOI 10.55618/20756704_2022_15_4_82-94.
3. Автономные солнечные электростанции: [Электронный ресурс] // ООО "Реалсолар" Системы резервного и автономного электропитания. URL: <https://realsolar.ru/ses/solar-station/> (Дата обращения: 20.04.2023).
4. Попова М.В., Заикин А.А., Прошина А.А. Автономная фотоэлектрическая энергетическая установка // Ресурсосберегающее энергетическое оборудование и машины для производства сельскохозяйственной продукции : Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 23 мая 2018 года. – Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2018. – С. 124-127. – EDN КРМНЖА.
5. Волков Д.А., Попова М.В. Обоснование ресурсо- и энергосбережения при использовании возобновляемых источников энергии в энергосистеме // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах : материалы II Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Балашиха, 24 ноября 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 133-136.
6. Попова М.В., Волков Д.А. Возможность применения солнечной энергии в городах и регионах России // Энерго- и ресурсосбережение - XXI век : материалы XX международной научно-практической конференции, Орёл, 14–16 ноября 2022 года. Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2022. С. 127-136.
7. Кузьменков А.И., Доронова Е.В., Закабуни А.В. Использование солнечного коллектора на территории Смоленской области // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.101-110.
8. Ильинов В.Б., Сидоров А.В. Автономный однофазный инвертор напряжения с принудительным формированием заданной формы тока // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.78-81.
9. Тихомиров, Д. А. Применение мобильной энергетической платформы в системах энергообеспечения объектов АПК / Д. А. Тихомиров, А. В. Закабуни // Сельский механизатор. – 2023. – № 3. – С. 2-4. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-3-2-3-4.

– EDN ALEJQN.

10. Шичков Л.П., Струков А.Н., Спичаков Д.А. Система автономного электроснабжения и резервирования // Техника и оборудование для села. 2018. № 2. С. 31-33.

11. Гамзатов Н.Г., Рамазанов Т.К., Липа О.А. [и др.] Использование водорода в силовых агрегатах в АПК // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.117-124.

УДК 631.313

НЕПОСРЕДСТВЕННЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН С КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Артемьев А.С., аспирант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: happy-end2008@yandex.ru,

Литвин В.И., д.т.н., профессор, профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: v_litvin@rgazu.ru

В статье рассматриваются принципы создания колебательного возвратно-поступательного движения рабочих органов сельскохозяйственных машин. Рассматриваются различные способы осуществления колебательного движения, многовекторного движения сложной формы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: непосредственный электропривод периодического движения; колебательный; сложный; многовекторный режим работы

Особенностью развития современного электропривода является стремление к органичному слиянию двигателя и механизма. Это требование определяется общей тенденцией развития техники, направленной на упрощение кинематических цепей машин и механизмов.

Одним из проявлений этой тенденции является стремление к широкому использованию непосредственного безредукторного электропривода. В настоящее время созданы безредукторные электроприводы различных сельскохозяйственных машин. Безредукторные электроприводы по сравнению с редукторными приводами имеют более высокие технико-экономические показатели.

Широкое применение в сельском хозяйстве нашли электроприводы с периодическим законом движения. Обычно в них, для получения пульсирующего, колебательного движения, используются серийные электродвигатели постоянного или переменного тока со специальным

редуктором. Однако наличие последнего звена вносит дополнительные потери.

Уменьшить эти недостатки и существенно расширить динамический диапазон работы, обеспечив высокие технико-энергетические характеристики можно с помощью привода, построенного на базе асинхронного электродвигателя (АД), работающего непосредственно в режиме периодического движения.

Колебательное движение рабочего органа находит самое широкое применение в разнообразных и многочисленных технологических процессах. Можно назвать такие крупные области: как машиностроение, строительство, химическая промышленность, нефтегазовая отрасль (электрическое бурение), горная промышленность, сельское хозяйство, техника измерения, контроля и управления, где требуются регулируемые по форме, амплитуде, частоте и фазе механические крутильные или линейные колебания.

В табл.1 представлено применение электродвигателей колебательного движения (ЭКД) в сельском хозяйстве и граничные технические требования.

Таблица 1

Применения ЭКД в сельском хозяйстве и граничные требования

Отрасль производства	Вид колебаний	Частота, Гц	Амплитуда, м ⁻³ ; рад	Ускорение, м/с ² , рад/с ²	Масса, момент инерции, кг, Г·см/с ²	Мощность привода, кВт
Сельское хозяйство	Линейный	3÷10	5÷25	2÷10 ⁴	10÷10 ²	1-10
	Угловой	25÷1500	0,1÷0,2	40÷400	-	1-10

Для получения линейного колебательного перемещения рабочих органов в сельском хозяйстве все чаще применяются линейные асинхронные двигатели.

Существуют различные способы создания колебательного возвратно-поступательного движения ЛАД [1]. Рассматриваются различные виды модуляции напряжения питания ЛАД, обеспечивающей создание качающегося электромагнитного поля [2].

Амплитудная модуляция напряжения питания может быть реализована при питании фаз электродвигателя напряжениями

$$u_{\alpha s} = U_m \sin \Omega t \sin[\omega t + \varphi];$$

$$u_{\beta s} = U_m |\sin \Omega t| \cos[\omega t + \varphi].$$

Реализация этого способа создания возвратно-поступательного движения является сложной и требует двух регулируемых источников напряжения.

Фазовая модуляция напряжения питания может быть реализована при питании фаз электродвигателя напряжениями

$$\begin{aligned} u_{\alpha s} &= U_m \sin[\omega t + \varphi]; \\ u_{\beta s} &= U_m \sin[\omega t + \varphi + \beta(t)], \end{aligned}$$

Линейно-фазовая модуляция напряжения питания может быть реализована при разночастотном питании фаз электродвигателя

$$\begin{aligned} u_{\alpha s} &= U_m \sin[\omega t + \varphi]; \\ u_{\beta s} &= U_m \sin[(\omega + \Omega)t + \varphi], \end{aligned}$$

Линейно-фазовая модуляция напряжения питания может быть реализована также за счет питания одной из фаз постоянным, а другой переменным напряжениями. Это способ создания возвратно-поступательного движения ЛАД является самым простым и легко реализуемым.

Частотная модуляция напряжения питания может быть реализована при питании фаз электродвигателя напряжениями

$$\begin{aligned} u_{\alpha s} &= U_m \gamma(t) \sin[\omega \int \alpha(t) dt + \varphi]; \\ u_{\beta s} &= U_m \gamma(t) \cos[\omega \int \alpha(t) dt + \varphi], \end{aligned}$$

где U_m, ω, φ - амплитуда, основная частота и фаза напряжения питания, Ω - частота возвратно-поступательного движения, $\gamma(t), \alpha(t), \beta(t)$, - закон амплитудной, частотной и фазовой модуляции.

Результаты исследования использования линейно-фазовой и амплитудной модуляции напряжения питания для создания возвратно-поступательного движения ЛАД представлены в [3].

Реализовать эффективный электропривод колебательного движения можно также за счет совместного применения упругого элемента и ЛАД, когда движение рабочего органа в одну сторону осуществляется под действием электромагнитных сил, развиваемых ЛАД, а в обратном направлении за счет запасенной энергии в упругом элементе.

В ряде электроприводов колебательное движение обеспечивается за счет периодического реверса электромагнитного усилия ЛАД путем специального питания электродвигателя. При этом реверс может быть мягким, когда электромагнитное усилие в момент смены направления движения уменьшается до нуля, и жестким, когда электромагнитное усилие не изменяется. Жесткий периодический реверс наиболее просто реализуется за счет переключения фаз напряжения питания.

Электродвигатель колебательного движения можно получить на основе двух встречно-включенных электродвигателей, создающих встречно-направленные электромагнитные усилия.

Мягкий периодически реверс можно осуществить, если вращать индуктор ЛАД вокруг оси, перпендикулярной к продольной оси двигателя.

Одним из направлений развития безредукторных электроприводов возвратно-поступательного движения является расширение их функциональных возможностей – создание колебательного движения рабочего органа сложной формы (многовекторного движения): возвратно-

поступательно-вращательное; возвратно-поступательное с поперечной составляющей колебаний; возвратно-поступательное с вертикальной составляющей колебаний; возвратно-поступательное с поперечной и вертикальной составляющими колебаний.

Для создания многовекторного движения может применяться несколько электродвигателей [4] или электродвигатель с изменяемыми с изменением направления движения электромагнитными и электромеханическими параметрами.

В двухкоординатном линейном асинхронном двигателе электромагнитное усилие в двух взаимно перпендикулярных направлениях создается двумя индукторами, продольные оси которых взаимно перпендикулярны. Геометрическое сложение электромагнитных усилий индукторов даёт возможность получить многовекторное движение вторичного элемента

Реализация сложного колебательного движения рабочего органа посредством ЛАД позволит повысить технико-экономические показатели сельскохозяйственных машин со сложными движениями рабочих органов.

В известных трудах колебательный, возвратно-поступательный, сложный, многовекторный режимы работы асинхронных электроприводов рассматриваются недостаточно полно. Исследование указанных режима работы и разработка непосредственного асинхронного электропривода позволит расширить эксплуатационные возможности ЛАД.

Литература:

1. Луковников В.И. Электропривод колебательного движения // М.: Энергоатомиздат, 1984. 152 с., ил.
2. Бушнев Д.В. Исследование асинхронного электропривода периодического движения с варьируемыми законами управления: автореф. дис... канд. техн. наук. Воронеж, 2000.
3. Литвин В.И., Сафонов А.С. Линейный асинхронный двигатель возвратно-поступательного движения // Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии и оборудование в АПК: материалы международной заочной научно-практической конференции, 18-19 апреля 2019 года / Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. Балашиха, 2019. 79 с.
4. Литвин В.И., Мамедов Ф.А., Сафонов А.С. Колебательный режим линейного асинхронного двигателя в приводе зерноочистительной машины // Научни трудове на русенския университет. Руса, 2009. Т. 48, сер. 3.1. С. 31–34.
5. Липа О.А., Липа Д.А., Рамазанова Г.Г. Проблемы адаптивной настройки регуляторов и методы их решения // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2013. № 15(20). С. 46-51.
6. Шичков Л.П. Электрический привод: Учебник и практикум. – 2-е изд., испр. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2019. 326 с. (Бакалавр. Академический курс).
7. Закабунин А.В., Селиверстов С.С., Садыков А.А. [и др.] Математическое моделирование асинхронных полюсопереключаемых двигателей и их реализация // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2020. № 33(38). С.77-84.
8. Шичков Л.П. Электропривод в сельском хозяйстве: учеб. пособие для

студентов вузов, обучающихся по специальности 311400 - "Электрификация и автоматизация сел. хоз-ва"; Шичков Леонид Петрович; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Департамент кадровой политики и образования, Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. – Москва : Рос. гос. аграр. ун-т, 2004.

9. Закабунин А.В. Совершенствование управления режимами работы асинхронных полюсопереключаемых двигателей сельскохозяйственных механизмов: специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве": автореф. дис. ... канд. тех. наук / Закабунин Александр Викторович. Балашиха, 2002. 26 с.

УДК 620.424.1

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Бобрышева В.В., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел: +7 (915) 399-78-20,

Закабунин А.В., к.т.н., доцент, тел: 8 (926) 171-87-55, e-mail: Zakabunin@yandex.ru

На сегодняшний день совершенствованию систем безопасности в современном мире уделяется особое внимание. Это в свою очередь обусловлено не только предъявляемыми требованиями к объектам, но и тенденциями своевременного развития систем безопасности, предназначенных для автоматизации управления жизнеобеспечением и функционированием жилых и офисных зданий, промышленных предприятий и предприятий индустрии развлечений, объектов школьного и дошкольного образования или любых других объектов. Состояние и сохранность объектов культурного наследия - исторических памятников, учреждений культуры, экспозиций редких предметов искусства, ценностей - сегодня без преувеличения можно назвать одной из наиболее важных проблем. Такие объекты обладают повышенными требованиями к безопасности не только из-за их «не оценимой» стоимости, а так как они являются объектами с массовым пребыванием людей. Хотелось подробнее остановиться на основных принципах применения систем безопасности на примере одного из объектов культурного наследия в г. Севастополь (Республика Крым), который станет частью уникального музея-заповедника «Херсонес Таврический».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: системы безопасности, объекты культурного наследия, автоматическая пожарная сигнализация, система контроля управления доступом.

«Детский художественно-эстетический центр» – первый объект парка «Херсонес Таврический», который возвели военные строители в г. Севастополе менее чем за год.

Общая площадь застройки «Детского художественно-эстетического центра» 2538,5 м². Это трехэтажное здание с цоколем и мансардой, по форме напоминающее букву «Н» с двумя закрытыми внутренними дворами. При создании проекта детского комплекса архитекторы вдохновлялись традициями дворцового строительства: здесь есть

анфилады, колоннады, множество декоративных элементов, а на площади перед центром установлен фонтан.

В центре одновременно смогут заниматься 350 детей, а его пропускная способность – 500 учащихся. С января 2023 года центр будет осуществлять обучение по нескольким направлениям: предпрофессиональное, рассчитанное на длительное обучение для детей 9–12 лет, и общеобразовательное, начиная с 4–5 лет. Основные программы обучения детей: дизайн, архитектура, театральное искусство, декоративно-прикладное искусство и живопись. Для учащихся закупили великолепное оборудование, начиная от гончарного круга и заканчивая приспособлениями для чеканки и резьбы.

«Детский художественно-эстетический центр» является объектом, где предусмотрено постоянное нахождение людей. Поэтому он относится к группе высокого риска и к применению систем безопасности на таких объектах применяются особые требования.

Остановимся на основных системах безопасности, применяемых на этом объекте:

1) Система автоматической пожарной сигнализации (АПС).

Система предназначена для сбора, обработки, передачи, отображения и регистрации извещений о состоянии шлейфов пожарной сигнализации, управления пожарной автоматикой, инженерными системами объекта. В здании центра предусматривается защита системой АПС всех помещений независимо от площади, кроме помещений:

- с мокрыми процессами (туалет, душ, мойка);
- вентиляционных камер, насосных водоснабжения, бойлерных;
- лестничных клеток;
- тамбуров и тамбур-шлюзов;
- чердаков.

Система АПС является адресной, поэтому количество и площадь помещений, защищаемых пожарными извещателями выбрана с учётом технической возможности применяемого оборудования, исходя из условий наименьшей затраты времени для определения места очага возгорания. В защищаемых помещениях устанавливается не менее двух пожарных извещателей, настройка логики работы пожарных извещателей производится при помощи пульта управления.

Основную функцию – сбор информации и выдачу команд на управление эвакуацией людей из здания, осуществляет приемно-контрольный прибор.

Центральный прибор индикации и управления предназначен для отображения состояния зон, групп зон, исполнительных устройств, меток адресных технологических, насосных станций, насосов, задвижек на встроенном светодиодном табло, а также для управления охранно-пожарными зонами. Все приемно-контрольные приборы и приборы

управления пожарные установлены на посту охраны.

Система АПС обеспечивает:

- круглосуточную противопожарную защиту здания;
- ведение протокола событий, фиксирующего действия дежурного;
- отключение общеобменной вентиляции при пожаре;
- закрытие огнезадерживающих клапанов при пожаре;
- включение системы дымоудаления.

2) Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ).

Система СОУЭ предназначена для выдачи сигнала на запуск светового, звукового и речевого оповещения людей при возгорании на защищаемом объекте.

В состав системы оповещения входит следующее оборудование:

- комплект речевого оповещения;
- настенные громкоговорители;
- потолочные громкоговорители;
- вызывные панели;
- оповещатели световые.

Громкоговорители и их расстановка были выбраны исходя из ряда особенностей защищаемого помещения – планировки, наличия и вида мебели, штор, препятствий на пути распространения звука, уровня шума и других акустических характеристик.

Система СОУЭ обеспечивает:

- выдачу аварийного сигнала в автоматическом режиме при пожаре;

- контроль целостности линий связи и контроля технических средств оповещения.

- возможность ручного запуска системы речевого оповещения;

- выдача речевых сообщений через микрофон на аварийной панели;

- выдача речевых сообщений через микрофонную консоль с поста охраны.

В соответствии с ГОСТ Р53325-2012 и СП 485.1311500.2020 для питания приборов и устройств пожарной сигнализации и оповещения используются адресные резервированные источники питания, обеспечивающие контроль работоспособности.

В случае полного отключения напряжения 220В аккумуляторные батареи позволяют работать оборудованию в течение 24 часов в дежурном режиме и 3 часа в режиме тревоги.

Для обвязки оборудования систем АПС и СОУЭ применяются огнестойкие кабельные линии (ОКЛ). Это кабель марок нг(А)-FRLSLTx, проложенный в самозатухающей трубе ПВХ с креплением к огнестойкой поверхности при помощи однолапковых скоб, металлических дюбелей и саморезов.

Проектирование систем пожарной безопасности на таких объектах

всегда подразумевает повышенные пожарные риски. Безусловно, это связано с тем, что «Детский художественно-эстетический центр» ежедневно будут посещать сотни детей, десятки педагогов.

Поэтому необходимо учитывать следующие факторы:

- в здании центра есть множество классов и вспомогательных помещений, из которых придется быстро эвакуировать персонал и учеников;

- ввиду возраста детей и особенностей их развития, при экстренной эвакуации они могут оказаться полностью беспомощны, что вызовет дополнительные сложности;

- опасность может представлять даже задымление помещений и коридоров, так как дети сложнее ориентируются в пространстве, могут растеряться в чрезвычайных ситуациях;

- дети могут сами стать причиной пожаров, поскольку невозможно на 100% контролировать их поведение и действия.

3) Система контроля и управления доступом (СКУД).

Система СКУД позволяет контролировать и ограничивать доступ людей в здание, помещения или определенные зоны, идентифицировать их личность различными способами. Это нужно для обеспечения безопасности организации и объекта, предотвращения несанкционированного прохода и противоправных действий.

Система СКУД представляет собой совокупность оборудования и программного обеспечения, она интегрируется с такими системами безопасности объекта как АПС и СОУЭ.

Система СКУД дает возможность:

- открывание (запрет открывания) преграждающих устройств, при считывании идентификационного признака;

- регистрация и протоколирование текущих и тревожных событий;

- отображение состояния дверей и преграждающих устройств (открыто/закрыто), у которых установлены считыватели СКУД;

- предотвращать доступ в определенные зоны лицам, у которых нет на это специальных полномочий;

- устанавливать личность людей, которые проходят через преграждающие устройства.

Вход на территорию осуществляется через калитки. На калитках устанавливаются вызывные панели домофона.

На входах в здания и специальные помещения установлены IP вызывные панели.

В помещении охраны располагаются:

- кнопки дистанционного управления турникетами;

- металлодетектор ручной.

Для выдачи пропусков предусмотрено специальное помещение. В

нем установлен настольный считыватель, принтер и компьютер.

Для автоматической разблокировки дверей при пожаре в системе АПС предусмотрен релейный блок, установленный в разрыв питания замков, срабатывающий при переходе приемно-контрольного прибора системы АПС в режим "Пожар".

Основные цели применения системы СКУД:

- предотвращение несанкционированного доступа на охраняемые объекты и зоны людей, транспортных средств;
- контроль за перемещением сотрудников и посетителей в пределах здания и отдельных зон;
- запрет на доступ в определенные помещения и зоны, в том числе с ограничением по дням и времени суток;
- контроль и учет рабочего времени сотрудников, выявление фактов отсутствия на работе или опозданий.

4) *Охранно-защитной дератизационная система (ОЗДС).*

Система ОЗДС - это многокомпонентная стационарная электрошоковая система однополюсного типа, предназначенная для защиты зданий, помещений, сооружений, коммуникаций и т.п. от грызунов, путем воздействия на них высоковольтными импульсами электрического тока. Защите подлежат нежилые, подсобные помещения, подвалы, электрощитовые, серверные, резервные (неосновные) входные группы, технологические проемы и люки вентиляционного, коммуникационного оборудования, по которым возможно проникновение грызунов в защищаемое помещение.

Электрическая дератизация заключается в активном препятствии попыткам грызунов проникнуть на защищаемые объекты путем воздействия на них высоковольтным импульсным током, который возникает при приближении грызунов на расстоянии менее 20 мм к барьеру электризуемому, устанавливаемому на путях перемещений (проникновений) грызунов к местам кормления и гнездования.

Временные характеристики электрического дугового пробоя воздушного промежутка выбраны таким образом, что, не приводя к летальному для грызуна исходу, вызывает у него устойчивую негативную рефлекторно - поведенческую реакцию отказа от дальнейших попыток преодоления барьера и вынуждает его покинуть защищаемый объект.

В состав аппаратно-программного комплекса ОЗДС входит:

- Базовый блок ОЗДС;
- Блок усиления ОЗДС;
- Барьер ОЗДС;
- Кабели для соединения блоков ОЗДС;
- труба гофрированная;
- монтажный клей.

Основным преимуществом режима воздействия ОЗДС является его

экологическая безопасность и высокая эффективность. Исключается привыкание вредителей к действию ОЗДС.

5) Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов и маломобильных групп населения (МГН)

При пользовании жилыми, общественными и производственными зданиями инвалиды или иные лица с ограниченными возможностями должны иметь равный доступ к инфраструктуре.

Здание «Детского художественно-эстетического центра» обеспечено специальными средствами, оборудованием и иными решениями для доступа в здание инвалидов и иных маломобильных категорий граждан.

Основные мероприятия, принятые на объекте для МГН:

- на стоянке выделено не менее 10% машино-мест для людей с инвалидностью, включая число специализированных машино-мест для транспортных средств инвалидов, в том числе передвигающихся на креслах-колясках;

- предусматриваются установка переговорных устройств громкоговорящей связи для вызова обслуживающего персонала в местах паркинга;

- в здании запроектированы входы, доступный для МГН, с поверхности земли. В доступных входах в здание сведены к минимуму разность отметок тротуара и площадки внутри здания. При ширине лестниц на входе в здание более 4,0 м дополнительно предусмотрены разделительные двусторонние поручни. Для удобства пользования в здании оборудованы три входа для МГН, в том числе два из них – пандусами, используемые как эвакуационные;

- для обеспечения местной связи между входными группами и диспетчерской, для вызова помощи в ситуации, если инвалиду требуется помощь при входе в здание предусматривается установка переговорного устройства, на входе непосредственно на стену возле входной двери;

- для информирования незрячего человека об окружающем пространстве, безопасных путях движения, ориентирах, а также особенностях входной группы на основании 21/673-1.3-ОДИ устанавливается информационный стенд со встроенной тактильно-звуковой мнемосхемой, световым табло и тактильными пиктограммами;

- здание оборудовано пассажирским лифтом, доступным для МГН. Выбор параметров и характеристик лифта для транспортирования инвалидов выполнен по расчету с учетом максимально возможной численности инвалидов в здании. Лифт с шириной дверного проема 0,9 м. Пассажирский лифт с размером кабины, обеспечивающим размещение инвалида на кресле-коляске с сопровождающим лицом, не менее 1100 × 1400 мм (ширина × глубина);

- в соответствии с 6.3.6 СП 59.13330.2020 на 1-3 этажах у дверей универсальных кабин уборных, душевых предусматриваются со стороны

ручки информационные таблички помещений (выполненные рельефно-графическим и рельефно-точечным способом), расположенные на высоте от 1,2 до 1,6 м от уровня пола и на расстоянии 0,1-0,5 м от края двери;

- для инвалидов доступны помещения Актового зала: эстрада, артистические. Места для инвалидов в Актовом зале расположены в доступной для них зоне зала, обеспечивающей: полноценное восприятие демонстрационных, зрелищных, информационных, музыкальных программ и материалов. В Актовом зале предусмотрены сиденья с подлокотниками. На основном уровне отдельным рядом предусмотрены свободные площадки шириной не менее 1,2 м - места для кресел-колясок. Не более трех мест в ряду, вблизи выхода. Место для сопровождающего лица на следующем ряду за местом для инвалида. В первом ряду предусмотрены индивидуально освещаемые площадки для размещения сурдопереводчиков;

- в целях информационного обеспечения слабослышащих людей в рамках программы «Доступная среда» в помещениях зала массовых мероприятий и актового зала со сценой и экраном предусматривается индукционная стационарная петля VERT-250;

- ученические места для обучающихся инвалидов размещаются идентично в однотипных учебных помещениях. В учебном помещении первые столы в ряду у окна и в среднем ряду предусмотрены для обучающихся с недостатками зрения и дефектами слуха, а для учащихся, передвигающихся в кресле-коляске – выделен первый стол в ряду у дверного проема.

Заключение

В данной статье хотелось показать основные принципы применения систем безопасности, на примере современного здания – «Детского художественно-эстетического центра» расположенного в г. Севастополь на территории уникального музея-заповедника «Херсонес Таврический». Здесь показаны далеко не все системы безопасности, смонтированные в этом здании, но, на мой взгляд, основные, самые важные и интересные.

Применение современных систем безопасности при строительстве объектов культурного наследия и правильная их эксплуатация позволит нам сохранить такие объекты для наших потомков.

Литература:

1. Попова М.В., Козлов Е.А. Использование цифровых технологий в электроэнергетике РОССИИ // Наука и образование XXI века: материалы XIV-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 30 октября 2020 года / Современный технический университет. Рязань: Автономная некоммерческая организация высшего образования "Современный технический университет", 2020. С. 35-37.

2. Сухорада В.А., Липа О.А., Краснослободцева Е.В. Предпосылки и эффективность внедрения системы «Умный дом» на селе // Современные проблемы

энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 76-78.

3. Сидоров А.В. Выбор программно-аппаратной платформы для информационных систем в АПК // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2009. № 7(12). С. 159.

4. Липа О.А., Липа Д.А., Рамазанова Г.Г. Проблемы адаптивной настройки регуляторов и методы их решения // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2013. № 15(20). С. 46-51.

5. Сидоров А.В., Струков А.Н., Наранова В.В., Богданов Г.В. Применение сетевых технологий в электроэнергетике и АПК / Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2021. № 39(44). С.43-48.

6. Судаков А.Н., Скуратов Н.И., Андрианов Е.А. [и др.] Опыт практического применения цифровых технологий в работе Московского зоопарка // Актуальные вопросы зоологии, экологии и охраны природы / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина»; Евроазиатская региональная ассоциация зоопарков и аквариумов; Союз зоопарков и аквариумов России; Московский государственный зоологический парк. Том Выпуск 5. Москва: ЗооВетКнига, 2023. С.173-179.

7. https://otherreferats.allbest.ru/life/00827240_0.html

8. <https://www.dssl.ru/integratoram/solution/culture.php>

9. <https://sevastopol.su/news/novyy-detskiy-hudozhestvennyy-centr-v-sevastopole-gotovitsya-k-rabote?destination=node/216852>

10. <https://vskmo.ru/2022/02/07/pervye-obekty-hersonesa-tavrisheskogo/>

11. <https://tvzvezda.ru/news/20221014319-Q7HoD.html>

УДК 681.5:631.3

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРОПОННОЙ СИСТЕМЫ ОРОШЕНИЯ ХИЩНЫХ (ПЛОТОЯДНЫХ) РАСТЕНИЙ ПИТАТЕЛЬНЫМ РАСТВОРОМ С ПОДДЕРЖКОЙ МИКРОКЛИМАТА

Корольков С.А., аспирант факультета электроэнергетики и технического сервиса, ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: ya.rus88@bk.ru,

Липа О.А., к.т.н., доцент, доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: okslipa@yandex.ru,

Липа Д.А., старший преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнических систем, ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: dlipa@list.ru

В статье описаны методика и результаты экспериментальных исследований по модернизации малообъемной гидропонной установки, позволяющие снизить удельный расход электроэнергии и повысить экологическую безопасность при выращивании рассады хищных и субтропических растений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: система орошения, хищные растения, питательный раствор, микроклимат, модернизация гидропонной установки.

В современном сити-фермерстве все большее развитие получает тенденция гидропонной модернизации мини-теплиц, которая стала популярна по многим причинам. С одной стороны, практика городского хозяйства полностью преобразует промышленное тепличное пространство, которое ранее, возможно, было менее устойчивым к изменениям микроклимата. Создание гидропонных систем орошения растений приводит к необходимости внедрения энергосберегающих технологий, которые значительно снижают потребление воды, электроэнергии и эксплуатационных расходов в целом [1]. Примером такого усовершенствования будет полный переход на современные энергоэффективные технологии освещения [2], поскольку различные виды растений требуют уникального спектра освещения (в нашем случае – это рассада хищных (плотоядных) растений).



Рис. 1. Досвечивание хищных (плотоядных) растений с гидропонной системой орошения

Целью исследования являются разработка современной концепции по автоматизации работы гидропонных установок в условиях сити-фермерства и реализация экспериментальной ресурсо- и энергоэффективной установки орошения растений питательным раствором.

Объектом исследования является серийно выпускаемая автоматизированная гидропонная установка с системой почвенного

орошения растений.

Проведя анализ существующих методов и способов выращивания овощных культур в защищенном грунте, о сделан вывод, что наиболее перспективным по рационально используемой территории, снижению затрат труда и себестоимости продукции является выращивание растений с применением малообъемной гидропоники.

Методика проведения экспериментальных исследований

При гидропонном методе выращивания применяются инертные заменители земли: гравий, вермикулит, перлит, керамзит, крупнозернистый песок, мох, торф. По названию субстратов, используемых в чистом виде или смеси, дается название способу выращивания: гравийная культура, песчаная культура, торфяная культура и т.д. Инертные субстраты легко поддаются дезинфекции, не вступают в химические реакции с растворенными в воде минеральными солями и хорошо обеспечивают доступ воздуха к корням.

Субстрат должен обладать следующими свойствами:

1. Легко пропускать воздух и раствор, хорошо смачиваться им;
2. Не вступать в химическое соединение с растворенными веществами;
3. Иметь слабокислую или нейтральную реакцию;
4. Не препятствовать развитию корневой системы и удерживать растение в вертикальном положении.

При правильной эксплуатации субстраты из гранита и кварца используют до 10 лет, из керамзита и перлита 6 -10 лет, а из вермикулита только 2-3 года [8].

Реакция раствора имеет огромное значение для нормального роста и развития растений. Питательный раствор для растений, выращиваемых без почвы, в зависимости от культуры должен иметь рН 5,5-7,0. Сдвиг реакции раствора в щелочную сторону (рН выше 7) отрицательно влияет на растения, в таком растворе соли железа, магния, кальция, фосфора и марганца переходят в соединения нерастворимые, которые растениями не усваиваются. Иногда изменения состава и концентрации раствора бывают незначительными, однако могут отрицательно сказаться на развитии растений, поэтому необходимо периодически определять кислотность раствора.

Готовый питательный раствор, состав которого приведен в табл.1, сохраняется в закрытой посуде в течение 2-3 месяцев. При порче раствора его необходимо заменить свежим, продезинфицировав субстрат, резервуары и корни растений небольшим количеством разведенного в чистой воде перманганата калия (розового цвета).

Состав питательной смеси по Герикке

Компонент питательного раствора	Концентрация, г/л воды
Монокальций фосфат	0,140
Сульфат марганца	0,002
Калийная селитра	0,550
Бура	0,002
Кальциевая селитра	0,100
Сульфат цинка	0,001
Сульфат магния	0,140
Сульфат меди	0,001
Сульфат железа	0,020

Принцип действия системы орошения, на базе которой авторами была проведена серия экспериментальных исследований, состоит в следующем: хищные растения [3] выращиваются в пластиковых перфорированных горшках, расположенных на четырехъярусной гидропонной установке с капельной системой автополива и подсветкой светодиодными фитолампами (рис. 2).

*Рис. 2. Гидропонная установка для сити-фермерства*

Подача питательного раствора производилась двумя способами [4,5]:

- 1) подача форсунками (поддержка микроклимата);
- 2) подача питательного раствора непосредственно к корням.

В первой схеме гидропонного выращивания внешний воздушный компрессор нагнетает в герметичный резервуар с питательным раствором воздух и тем самым создает постоянное высокое давление в камере (до 8 атм - в зависимости от типа компрессора). В нижней части этого резервуара находится трубка подачи питательного раствора к форсунке. Перед форсункой установлен электромагнитный клапан. При подаче на него напряжения клапан открывается и форсунка распыляет раствор в корневое пространство. Компрессор оборудован встроенным датчиком давления в верхней части резервуара с питательным раствором. Также в целях безопасности установлен аварийный клапан сброса избыточного давления.

Данная конструкция при соответствующем диаметре сопла форсунки (от 0,4 мм) позволяет добиться мелкодисперсного «тумана» из питательного раствора с диаметром частиц до 10 мкм.

При использовании второго способа подача питательного раствора производится напрямую к корням плотоядных растений из резервного бака при помощи системы капельного полива используемой гидропонной установки (рис. 3).



Рис. 3. подача питательного раствора непосредственно к корням растений

Выводы. В ходе проведения серии экспериментальных исследований разработана методика подготовки питательного раствора для хищных (плотоядных) растений, а также растений с ограниченным спектром освещения, используемых в озеленении общественных пространств и частных территорий, а также произведен выбор форсунок и насоса высокого давления для создания требуемого микроклимата при использовании рассмотренной системы орошения.

Доказана актуальность применения серийно выпускаемых гидропонных установок в условиях сити-фермерства и перспективность их модернизации за счет использования микропроцессорных систем управления.

Литература:

1. Корольков С.А., Липа Д.А., Липа О.А. Повышение энергоэффективности сити-фермерства путем процессорного управления параметрами микроклимата при гидропонном выращивании зеленных культур // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. Балашиха, 2022. с. 88-93.

2. Липа О.А., Мелексетов А.Н., Будагова С.А. Повышение энергоэффективности выращивания овощей и зеленных культур в сооружениях защищенного грунта путем совершенствования системы управления параметрами микроклимата // Ресурсосберегающее энергетическое оборудование и машины для производства сельскохозяйственной продукции: Материалы международной заочной научно-практической конференции. – Балашиха: изд-во РГАЗУ, 2018. С. 79-85.

3. Насекомоядные растения / С.С. Морщихина // Моршин Никиш. Большая советская энциклопедия [в 30 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров. Т. 17. М.: Советская энциклопедия, 1974.

4. Кондратьева Н.П., Шичков Л.П., Владыкин И.Р. Управление поливом растений в защищенном грунте по дозе фотосинтетически активной радиации / Н.П. Кондратьева, Л.П. Шичков, И.Р. Владыкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 7. С. 5-7

5. Шичков Л.П., Струков А.Н. Электродный водонагреватель дозированной мощности для установок нагрева и обогрева // Агроинженерия. 2021. № 4(104). С. 72-75.

6. Шичков Л.П., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р. Особенности построения взаимосвязанных систем контроля и управления параметрами микроклимата // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 28 февраля 03 2006 года / Министерство сельского хозяйства, ФГОУ ВПО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Т. 3. Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. С. 300-306.

7. Шичков Л.П., Струков А.Н., Ключевская Д.К. [и др.] Проектирование и разработка бесперебойного обогрева тепличной оранжереи // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.72-78.

8. Шичков Л.П., Струков А.Н., Сидоров А.В. Система обогрева теплицы на

основе однофазного электродного водонагревателя с коаксиальной системой трубчатых электродов // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С.113-116.

9. Липа О.А., Липа Д.А., Рамазанова Г.Г. Проблемы адаптивной настройки регуляторов и методы их решения // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2013. № 15(20). С. 46-51.

10. <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=864033>

11. <https://rastok.net/?p=metod>

УДК 621.315.17

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ 35-220 кВ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

Липа Д.А., старший преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: dlipa@list.ru,

Липа О.А., к.т.н., доцент, доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: okslipa@yandex.ru,

Кулешов С.В., магистрант факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: ksv177@yandex.ru

Рассмотрено негативное влияние технологических отказов на надежность работы воздушных линий электропередачи напряжением 35-220 кВ. Проведен анализ причин, характера и сопутствующих обстоятельств, вызывающих риски технологических нарушений в Московских высоковольтных сетях. Установлено, что интенсивность потока нарушений в электрических сетях Московского региона имеет явно выраженный сезонный характер.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: воздушная линия электропередачи, технологическое нарушение, надежность электроснабжения.

В Московском регионе, где уровень электропотребления и плотность нагрузки достаточно велики, воздушные линии (далее – ВЛ) электропередачи напряжением 35 кВ и выше все еще широко используются для передачи электроэнергии. Своевременное решение проблем, возникающих при их эксплуатации, является очень важной задачей, поскольку взаимодействие ВЛ с внешней средой оказывает существенное влияние на бесперебойность электроснабжения потребителей Московского региона [3].

Надежность работы ВЛ всегда имеет негативную составляющую, которая называется технологическим отказом (или технологическим нарушением). Как известно, надежность электроснабжения под влиянием негативных факторов снижается, что на практике проявляется возникновением перебоев в поставке электроэнергии потребителям и

нарушением устойчивой работы питающих центров [1, 2].

Технологическое нарушение как физическое явление развивается в соответствии со следующими этапами:

1. Возникновение факторов воздействия на ВЛ;
2. Проявление факторов воздействия (возникновение причины технологического нарушения);
3. Развитие причины технологического нарушения [1].

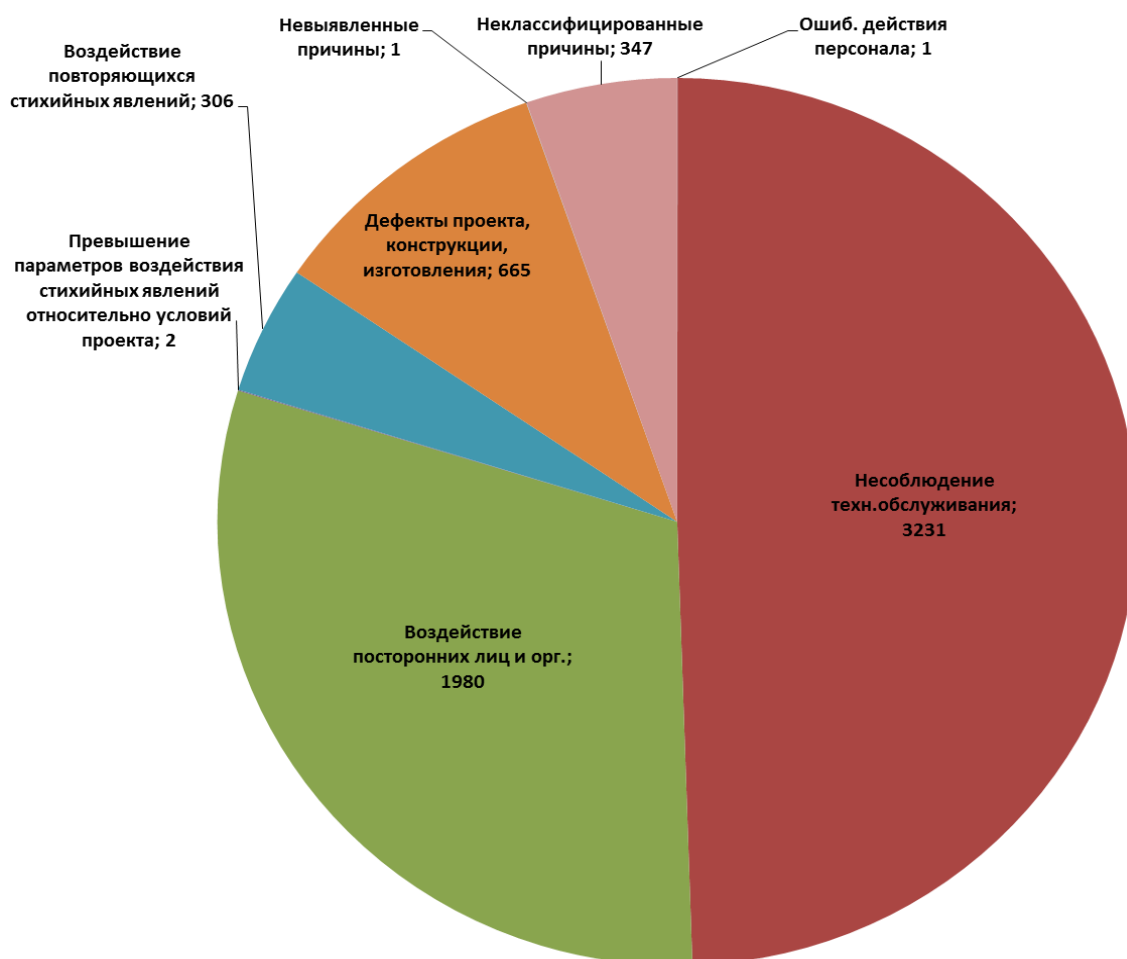


Рис. 1. Основные факторы воздействия на ВЛ 35-220 кВ в ПАО «МОЭСК» за 2021 г2

Авторами был проведен анализ причин, характера и сопутствующих обстоятельств, в результате чего возникли риски технологических нарушений ВЛ-35-220 кВ ПАО «МОЭСК» за период с 2017 г. по 2022 г. На рис. 1 показана структура технологических нарушений, имевших место в его филиалах в 2021 г., а на рис. 2-4 показаны диаграммы распределения отказов по отдельным группам причин.



Рис. 2. Причины технологических нарушений вследствие несоблюдения графика техобслуживания и ремонта, %



Рис. 3. Причины технологических нарушений вследствие воздействия сторонних лиц, %



Рис. 4. Причины технологических нарушений вследствие недостатков в проектировании и дефектов конструкций, изготовления и монтажа, %

Проведенный анализ показал, что 49,5% причин развития риска технологических нарушений вызвана неудовлетворительным техническим состоянием ВЛ из-за недостатков технического обслуживания и ремонта, старения и износа, 10% составляют различного рода дефекты (проектирования, изготовления, монтажа и строительства), 30% приходится на посторонние воздействия лиц и организаций, атмосферные воздействия приводят к 5% аварий на ВЛ, а 5,5% от общего количества выявленных технологических нарушений составляют прочие дефекты. В каждом филиале ПАО «МОЭСК» персонал обслуживает разные по классу напряжения ВЛ (от 6 до 220 кВ) и, соответственно, имеющие разную протяженность. Поэтому группы технологических нарушений и процентное соотношение воздействия данных нарушений на ВЛ в филиалах также может отличаться друг от друга, поскольку линии электропередачи проходят по разным территориям и имеют различную степень износа, что сказывается на количестве аварийных отключений [3,4].

Проведен количественный анализ аварий на воздушных линиях электропередачи 35-220 кВ в ПАО «МОЭСК» на примере «Московских высоковольтных сетей». В настоящее время протяженность воздушных линий электропередачи в «Московских высоковольтных сетях» составляет более 1135 км, кабельных линий – более 1067 км, в том числе кабельно-воздушных – порядка 1670 км. Данные ЛЭП вместе с электрическими подстанциями и резервирующими сетями «Московских кабельных сетей» образуют единую электрическую сеть, которая начинается от электроподстанций 220 кВ и заканчивается у электрощитов потребителей.

Воздушные линии 35-220 кВ составляют основу распределительных электрических сетей и по данным ПАО «МОЭСК» к настоящему времени около 67% из них отработали свой нормативный срок. Отсутствие необходимых инвестиций в электросетевой комплекс, наблюдавшееся в 1993-2014 гг., привело к значительному физическому износу и технологическому устареванию электрических сетей и, как следствие, росту технологических нарушений.

Следует отметить, что в «Московских высоковольтных сетях» из-за отсутствия ВЛ напряжением 0,4-10 кВ количество аварийных инцидентов по воздушным линиям электропередачи в отличие от других подмосковных филиалов распределяется в другом процентном отношении, чем в целом по ПАО «МОЭСК», а именно:

1) на технологические нарушения из-за внешних воздействий приходится 96% от общего количества зафиксированных аварий, в том числе вследствие:

- повреждения ВЛ сторонними лицами - 66%;
- атмосферных воздействий - 10%;
- перекрытия набросами птиц и др. - 2%;
- дефектов изготовления или монтажа - 18%;

2) на отказы, случившиеся из-за производственных недостатков, приходится 4% аварий, включая:

- несвоевременное выявление дефектов - 2%;
- несвоевременную вырубку насаждений - 2%.

Как показывает практика, в «Московских высоковольтных сетях» ПАО «МОЭСК» наибольшее количество отключений происходит от коротких замыканий на строительную технику сторонних строительно-монтажных организаций, атмосферных воздействий и дефектов монтажа.

Анализ статистических данных, представленных в табл. 1, позволяет утверждать, что аварийность в линиях 35-220 кВ имеет пиковое значение в период реализации ремонтной программы и грозового сезона, что говорит о наложении дополнительных нагрузок на ослабленные схемы энергосистем при проведении ремонтных кампаний.

Следует отметить, что в филиалах ПАО «МОЭСК», снабжающих электроэнергией Московскую область, аварийность выше, чем в Москве. В большей степени это связано с климатическими особенностями. Во-первых, грозы, ураганы, гололедные отложения на деревьях и проводах, негативно действующие на ВЛ, в большом мегаполисе проходят слабее, чем на открытых территориях Московской области. Во-вторых, в Подмоскovie большая часть прохождения трасс ВЛ 35-220 кВ находится в зоне смешанных лесов и, как следствие, увеличивается количество технологических нарушений, вызванных перекрытием на древесно-кустарниковую растительность (ДКР). Далее, ВЛ в Подмоскovie проходят в большей мере по открытой территории, вследствие чего они чаще

подвержены грозovým перекрытиям [3].

Таблица 1

Причины аварийного отключения ВЛ 350220 кВ

Причина отключения	Год									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Падение деревьев	2	2	3	7	4	2	4	4	2	1
Набросы (в т.ч. птичьи)	2	3	3	3	6	7	7	5	7	13
Перекрытие изоляторов	2	1	4	1	4	2	3	6	2	-
Обрывы проводов	2	-	2	1	2	-	2	2	1	1
Отключение ВЛ сторонними организациями	10	8	5	5	15	10	15	18	30	26
Обрыв грозотроса	1	-	4	1	2	-	1	1	-	-
Повреждение арматуры	2				4		3	3	4	2
Перегорание шлейфов в сварке или в аппаратных зажимах	5	-	2	2	6	4	4	4	1	1
Перекрытие на деревья и поросль	4	-	2	5	3	1	5	2	-	-
Причины отключения не выявлены (ВЛ без АПВ)	-	4	4	4	4	11	5	2	1	-
Экстремальные погодные условия	3	2	7	2	4	4	5	3	5	4
Повреждение опор	-	1	-	8	1	-	-	-	-	-
Повреждение фундаментов	-							-	-	1
Расстрел изоляторов	4	1	1	1	6	7	6	4	-	-
Общее количество	37	39	37	40	61	48	64	54	52	50

В г. Москве круглогодично проводится значительное количество строительно-монтажных работ и, следовательно, увеличивается количество аварийных отключений на строительную технику. Большое

количество парков отдыха, расположенных в охранных зонах ВЛ, дают дополнительные отключения от набросов на провода металлизированных лент воздушных шаров и воздушных змеев, а также вследствие перекрытия на фейерверки.

Интенсивность потока нарушений в электрических сетях имеет сезонный характер, о чем свидетельствуют данные, представленные в таблице 2. Количество технологических нарушений на ВЛ резко возрастает в летний период, что говорит о наложении атмосферного влияния на ослабленные схемы энергосистем при проведении ремонтных кампаний.

Таблица 2

Сравнительная таблица количества аварий на ЛЭП, зафиксированных в «Московских высоковольтных сетях» (с разбивкой по месяцам)

Месяц / год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Январь	1	2	2	2	3	3	6	3	2	2
Февраль	5	1	0	0	1	2	2	3	3	2
Март	3	5	3	2	2	4	9	5	3	4
Апрель	6	8	4	4	1	2	5	5	7	4
Май	1	4	7	11	14	2	10	5	7	6
Июнь	3	2	4	5	8	5	9	6	10	0
Июль	5	4	8	6	8	14	4	7	5	7
Август	7	3	1	2	7	5	6	5	1	5
Сентябрь	1	5	2	2	6	1	5	5	4	7
Октябрь	1	2	2	1	4	3	4	3	3	5
Ноябрь	3	1	2	3	6	6	4	1	5	6
Декабрь	1	2	2	2	1	1	0	2	2	2
Итого:	37	39	37	40	61	48	64	54	52	50

Таким образом, технологические нарушения на ВЛ 35-220 кВ в ПАО «МОЭСК», вне зависимости от вызвавших их причин, носят явно выраженный сезонный характер, что необходимо учитывать при их эксплуатации. Это позволит снизить количество отключений и в целом повысить надежность работы ВЛ напряжением 35 кВ и выше в Московском регионе, что является основной задачей сохранения энергетической безопасности Московской энергосистемы [5].

Литература:

1. РД 153-34.0-20.801-00. Инструкция по расследованию и учёту технологических нарушений в работе энергосистем, электростанций и котельных, электрических и тепловых сетей. - М.: ЗАО «Энергосервис», 2001.
2. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике. - Ленинград.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Карев В.А., Липа О.А., Липа Д.А. Оценка надежности воздушных линий электропередачи в Московской энергосистеме // Ресурсосберегающее энергетическое оборудование и машины для производства сельскохозяйственной продукции:

материалы Международной научно-практической конференции / Российский государственный аграрный заочный университет. Балашиха: изд-во ФГБОУ ВО РГАЗУ, 2018. С. 57 – 60.

4. Липа О.А., Липа Д.А., Владимирцев Д.Е. Влияние технологических нарушений на надежность воздушных линий электропередачи // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции / Российский государственный аграрный заочный университет. Балашиха: изд-во ФГБОУ ВО РГАЗУ, 2022. С. 73-75

5. Стратегии развития Московской энергосистемы на период до 2025 г.

6. Липа О.А., Липа Д.А., Рамазанова Г.Г. Проблемы адаптивной настройки регуляторов и методы их решения // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2013. № 15(20). С. 46-51.

7. Закабунин А.В., Миги Т.В., Мальцев В.М. [и др.] Мероприятия по повышению электробезопасности персонала при работе с воздушными линиями на основе СИП // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2021. № 38(43). С. 42-47.

8. Расторгуев В.М., Пермяков Г.А. Оптимизация параметров схемы электроснабжения сельскохозяйственных организаций // Инженерные решения по энергетике, водоочистке и механизации процессов сельскохозяйственного производства : Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых, Балашиха, 12 апреля 2013 года. Том 1. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2013. С. 96-102.

9. Расторгуев В.М., Александров А.А., Алексеев А.С. [и др.] Выбор схемных решений сельских электрических сетей // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2020. № 34(39). С. 88-94.

10. Брянцев А.М., Долгополов А.Г., Лурье А.И. [и др.] Ввод в эксплуатацию управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора мощностью 180 МВ.А, 500 кВ // Электротехника. 2006. № 5. С.47-55.

11. Брянцев А.М., Базылев Б.И., Лурье А.И. [и др.] Регулирование и стабилизация напряжения высоковольтной электрической сети управляемыми источниками реактивной мощности индуктивно ёмкостного типа // Электричество. 2012. № 10. С.15-21.

УДК 535.37: 681.58

ПРОБЛЕМЫ ДИММИРОВАНИЯ ПРОЖЕКТОРОВ И СВЕТИЛЬНИКОВ СО СВЕТОДИОДНЫМ ИСТОЧНИКОМ СВЕТА

Чекмарева В.А., магистрант факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: viktoriyachekmareva@gmail.com,

Липа О.А., к.т.н., доцент, доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: okslipa@yandex.ru,

Липа Д.А., старший преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: dlipa@list.ru

Проведен анализ совместимости диммерных устройств, установленных в сельских клубах, с современными светодиодными источниками света. Рассмотрены основные проблемы диммирования осветительного оборудования с led-лампами. Предложен способ, позволяющий максимально увеличить эффективность управления яркостью прожекторов и светильников.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: диммер, светодиодный источник света, симистерное диммирование.

В отечественных домах культуры и сельских клубах для управления освещением в концертных залах используются диммерные устройства, позволяющие управлять яркостью прожекторов и светильников. Однако эффективность их работы во многом зависит от типа источника света. Так, например, в ряде сельских подмосковных клубов в 2002-2009 гг. были установлены хорошо себя зарекомендовавшие диммеры фирмы Pulsar ДАТАРАК III, позволяющие автоматизировать процесс регулирования освещением концертного зала. На момент их установки во всех источниках света концертного зала использовались лампы накаливания и/или галогеновые лампы.

Пакеты данных Dimming/Switching данного диммера способны диммировать или переключать активные и индуктивные нагрузки, а также коммутировать емкостные нагрузки. Однако пакеты Switching Datapak не подходят для емкостных нагрузок, низковольтных ламп, электродвигателей, неоновых ламп, люминесцентных ламп с надлежащим балластом и пр., кроме обычных резистивных вольфрамовых ламп [1].

Начиная с 2010 г., в связи с принятием Федерального закона № 261 "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" [2] лампы накаливания и галогеновые лампы начали постепенно менять на энергосберегающие. В сельских клубах стали устанавливать светодиодные лампы, эффективность которых в 5-6 выше по сравнению с аналогичными лампами накаливания.

Одновременно с этим появилась проблема, связанная с управлением их яркостью. Дело в том, что в моделях диммерных стоек, установленных до 2010 г., минимальный порог срабатывания был от 100 Вт, а установка светодиодных источников света, отличающихся незначительным энергопотреблением, требует адаптации диммера к небольшой нагрузке – от 1 Вт.

Как показывает практика, при замене ламп накаливания на светодиодные лампы возникает нежелательный эффект, который усложняет процесс автоматического регулирования яркостью осветительного оборудования в концертном зале. Большинство светодиодных ламп при уменьшении яркости начинают сильно мерцать, могут возникнуть пульсации и, как следствие, нельзя добиться требуемой минимальной освещенности [3]. Также неоднократно отмечались

ситуации, когда led-лампы не поддавались диммированию или же при полном отключении оставались работать в накале. Кроме этого, наблюдается несовместимость диммеров с некоторыми видами светодиодных ламп.

Во многом эффективность диммирования зависит от драйвера светодиодного источника света, функция которого состоит в создании определённых, необходимых светодиодному модулю, электрических характеристик в (или вне) зависимости от условий подачи электрического питания сторонним источником. От конструктивного исполнения драйвера зависит производительность, в том числе эффективность, срок службы, качество света и общая стоимость светодиодного светильника. В конечном изделии твердотельного освещения светоизлучающие диоды и конструкция драйвера неразделимы [4].

Рассмотрим более подробно возможность применения в концертных залах сельских клубов TRIAC-систем, которые показывают высокую эффективность при регулировке освещения в жилых и офисных помещениях. Основным элементом TRIAC (от англ. - triode for alternating current) является симистор (симметричный триодный тиристор), управляющий подачей тока. С его помощью реализуется способ управления освещением, который работает с переменным током (рис. 1), – *симисторное диммирование*. Выключая ток на незначительное время, симистор отсекает часть синусоидальной волны, причем продолжительность времени отключения тока влияет на величину периода.

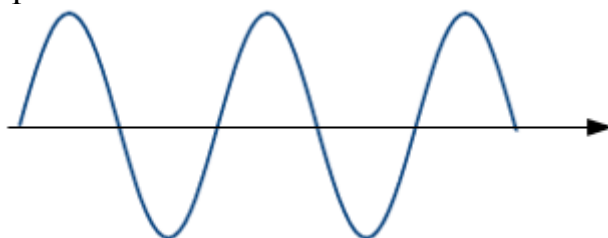


Рис. 1. Синусоидальный переменный ток

Существуют несколько видов симисторного диммирования, из которых наибольший интерес с точки зрения эффективности применения в сельских клубах представляют диммирование с отсечением по переднему фронту (рис. 2) диммирование с отсечением по заднему фронту (рис.3). Они имеют как свои преимущества, так и недостатки, которые следует учитывать в каждом конкретном случае их применения в сельских клубах и поселковых домах культуры.

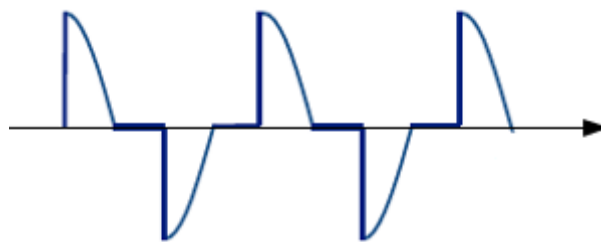


Рис. 2. Переменный ток после диммирования с отсечкой по переднему фронту

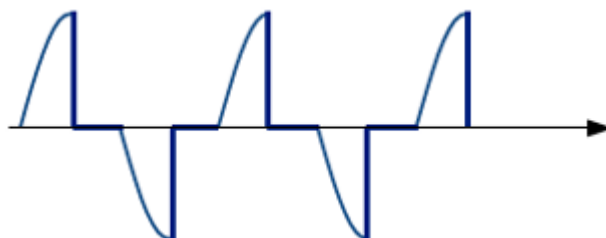


Рис. 3. Переменный ток после диммирования с отсечкой по заднему фронту

Диммирование с отсечением по переднему фронту обычно используется для регулировки освещения квартир. Устройства для него легко устанавливаются и относительно недорогие, но подходят не для всех светодиодных ламп.

Диммирование с отсечением по заднему фронту было изобретено специально для светодиодных ламп. Диммер взаимодействует с драйвером led-лампы. При его правильном выборе не возникает резких скачков напряжения и позволяет плавно увеличивать силу тока.

Существует несколько способов решений проблемы диммирования осветительного оборудования, оборудованного светодиодными источниками света, которые обладают разной степенью эффективности [5]. Самый простой способ – это покупка нового диммерного блока, что само по себе является довольно дорогостоящей процедурой. Другой, также простой способ решения вышеозначенной проблемы заключается во введении в электрическую цепь нагрузочного сопротивления. Однако, как показывает практика, включение параллельно в цепь лампы накаливания снижает надежность этого способа.

Таким образом, наилучшим способом, позволяющим максимально увеличить эффективность диммирования прожекторов и светильников со светодиодными источниками света, является стабилизация минимального тока на входе. Его применение позволяет параллельно подключать компенсирующий усилитель нагрузки TRIAC-системы для корректной работы диммеров со светодиодным источником света.

Литература:

1. Руководство пользователя. PulsarDATAРАКШ. М., 2002.
2. Федеральный закон № 261 "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"

3. Корольков С.А., Липа О.А. Продление срока службы светодиодной лампы типа LED. // Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии и оборудование в АПК: материалы Международной заочной научно-практической конференции, 18-19 апреля 2019 г. / Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. Балашиха, 2019. С. 49-54

4. Бугров В.Е., Виноградова К.А. Оптоэлектроника светодиодов: учеб. пособие для вузов. СПб: НИУ ИТМО, 2013. 174 с.

5. Наумов А.А. Некоторые аспекты энергосбережения в осветительной технике / А.А. Наумов, М.Ф. Садыков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 5-6. С. 109 -118.

6. Гамзатов Н.Г., Рамазанов Т.К., Липа О.А. [и др.] Использование водорода в силовых агрегатах в АПК // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской НАУЧНО-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.117-124.

7. Афонин А.К., Акулов В.И., Закабунин А.В. Основные направления энергосбережения для уличного освещения объектов АПК // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Балашиха, 24 ноября 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С. 97-102.

УДК 620.92

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ПОДОГРЕВА ВОДЫ НА МОЛОЧНО-ТОВАРНОЙ ФЕРМЕ

Перехожих М.С., студент 3 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ,

Зорькин В.В., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70,

Недожогина М.В., к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: A-040506@yandex.ru

Необходимость повышать эффективность использования всех видов энергии и в промышленности, и в сельском хозяйстве, и в быту не вызывает сомнений. Этот факт фиксируется в законодательной базе России, как, например, в Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, законами РФ, региональными программами. Указывается, что для повышения конкурентоспособности Российских товаров, повышения уровня жизни россиян, снижения экологической нагрузки, необходимо наряду с традиционными источниками энергоресурсов использовать альтернативные источники (АИ) и возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Одной из особенностей сельского хозяйства является территориальная удаленность многих предприятий от крупных промышленных или населенных пунктов, а также большие расстояния между подразделениями хозяйств.

Это обстоятельство значительно затрудняет применение крупных энергетических предприятий, эффективность выработки тепловой энергии на которых всегда выше, чем на мелких, а, следовательно, увеличивает энергоемкость продукции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: альтернативная энергетика, энергоэффективность, солнечная энергетическая установка

Рассмотрим использование солнечных коллекторов, как части конструкции водонагревательной установки для нужд молочно-товарной фермы. Конструкции плоских солнечных коллекторов очень простые. Они состоят из пяти основных элементов: корпуса, теплоизоляции, теплопоглощающей плиты, трубок или канавок, изготовленных заодно с теплопоглощающей плитой и прозрачного покрытия. Выбор солнечных коллекторов осуществляется исходя условий максимальной эффективности (высокий КПД) при минимальной стоимости изготовления и эксплуатации.

Конструкции основного элемента СК – теплопоглощающей плиты с системой циркуляции воды имеют множество вариантов: трубчатые - змеевиковые, трубчатые – спиральные прикрепленные на теплопоглощающей плите разными способами; теплопоглощающие плиты изготовленные из различных листовых материалов в виде профильных листов сваренные контактной или точечной сваркой образующие между листами каналы для воды, из труб или листов и т.д.

При выборе ширины теплопоглощающей плиты рекомендуется исходить из стандартных размеров листового материала. При прикреплении, приварке или припаивании водных труб на листовом материале, ширина теплопоглощающей плиты равняется ширине листа (0,7; 1,0; 1,1 м). при создании на поверхности листа штампованных канавок для укладки труб или при изготовлении профильных листов для поглощающей плиты с водными каналами окончательную ширину теплопоглощающей плиты необходимо рассчитать исходя из размеров профильных каналов.

Размеры профильных каналов следует выбирать исходя из возможности максимального подогрева воды при движении в этих каналах. При этом необходимо учитывать назначение СК (для ГВ или отопления) и качество применяемого теплоносителя – воды, так как неочищенная и не смягченная вода достаточно быстро забивает тонкие каналы и трубы.

В рассматриваемом варианте нами были выбраны следующие размеры канавок: 25 канавок шириной по внутреннему обмеру 15 мм, толщиной по внутреннему обмеру 5 мм. Расстояние между каналами 18 мм по наружному обмеру. Нижний (ровный) лист по торцам имеет водопроводные и водоотводные каналы размерами 30×15 мм. Ширина теплопоглощающей плиты составляет 920 мм, крайние калты по 30 мм.

Объем теплопоглощающей плиты по воде $V_{в.с.к.} = 1800 \text{ см}^3$, т.е. примерно 1,8 литра, что соответствует типовым СК.

Суммарный объем 101 шт. СК для нашей установки составляет

$$V_{в.с.к.} = 101 \cdot 1,8 \approx 181 \text{ литров.}$$

Объем бака-аккумулятора СУ:

$$V_{б.акк.} = 0,07 \cdot 91 \approx 6,37 \text{ м}^3.$$

В предлагаемой конструкции СК теплопоглощающая плита изготовлена из оцинкованной листовой стали, толщиной 0,7 мм, суммарное сечение 25 каналов для водотока размерами 15×5 мм составляет $18,75 \text{ см}^2$. При скорости истечения воды $v_в = 0,5 \text{ м/с}$ через проходное сечение $18,75 \text{ см}^2 = 0,0018 \text{ м}^2$ может протекать примерно 9,0 литров воды. Для санитарно-бытовых нужд потребляет $6,15 \text{ м}^3$ горячей воды (температурой 45°C). При скорости истечения воды в каналах СК $0,5 \text{ м/с}$ $6,15 \text{ м}^3$ воды через суммарное сечение каналов – $0,0019 \text{ м}^2$ протечет за 116 минут, с учетом сопротивления системы за 130 минут, при скорости $0,2 \text{ м/с}$ за 325 мин.

За 8-часовую работу СУ (с 8^{00} утра до 16^{00} вечера) вода в системе может циркулировать соответственно примерно 3,8 и 1,5 раза, солнечная водонагревательная установка площадью коллекторов 65 м^2 (без дублера) и 91 м^2 (с дублером) за 8-часовую работу обеспечивает температуру вода - 45°C . [1]

Монтаж солнечной водонагревательной установки «СВУ» осуществляется на односкатной крыше с южной стороны спаренного здания (на крыше молочного блока и частично на зданиях коровника и откормочной). Необходимые монтажные размеры приведены на чертежах.

Солнечные коллекторы в количестве 102 шт. установлены в три ряда (34+34+34) шт. (рис. 1.)

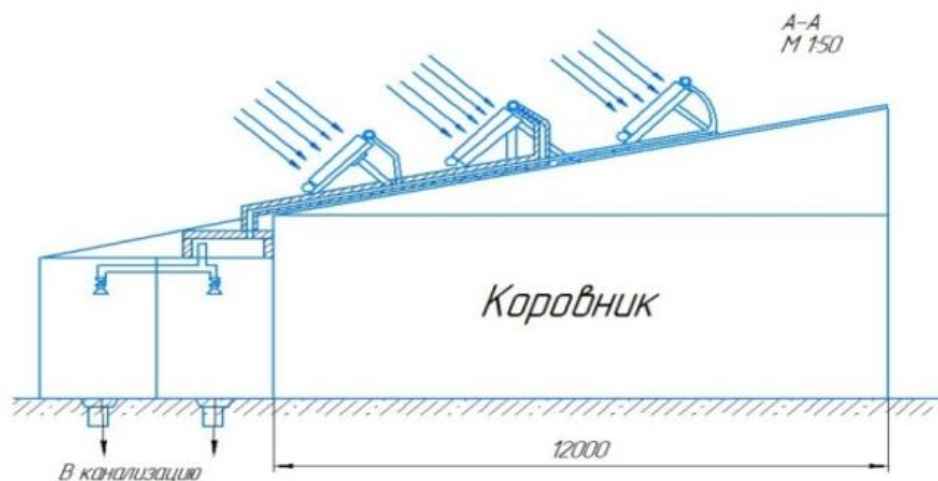


Рис. 1. Расположение солнечных энергетических установок на крыше коровника

На деревянном каркасе, укрепленном на крыше, с ориентировкой на юг, под углом 47° к горизонту установлены блоки СК по 6 и 7 штук со свободными проходами для ветра блоками и блоками, и крышей. Монтаж насоса, подающего и отводящего трубопровода, бака-аккумулятора понятны из схемы. Горячая вода из бака-аккумулятора подается в душевые, молочный блок, коровник, телятник и т.д.

Каркас для монтажа «СВУ» изготавливается из деревянных брусьев и досок, что значительно снижает капиталовложения.

Для «СВУ» используются пластиковые и металлопластиковые трубы разных диаметров, с соответствующей запорной арматурой. В зимнее время солнечная водонагревательная установка демонтируется блоками «СК» для хранения. Возможно, консервация на месте при полностью слитой воде с закрыванием прозрачных покрытий специальными коробами.

Основные характеристики солнечного коллектора

Удельные показатели рассчитывают на 1 м^2 габаритной площади коллектора.

Теплопроизводительность коллектора (л/сут) должна указываться изготовителем при интенсивности прямого солнечного излучения 1000 Вт/м^2 , окружающей температуре 20°C и горячей воды не ниже 55°C .

Удельный объем каналов поглощающей панели должен быть не более 4 л/м^2 .

Отношение площади тепловоспринимающей поверхности поглощающей панели к габаритной площади коллектора должно быть не менее 0,9.

Коллектор должен иметь одно или несколько вентиляционных отверстий, но быть влагонепроницаемым для атмосферных осадков.

Поглощающая панель должна сохранять герметичность и прочность при испытании давлением, равным 1,25 рабочего давления.

Удельная масса коллектора должна быть, кг/м^2 , не более:

- для коллектора, поглощающая панель которого выполнена из стали, - 35;

- для коллектора, поглощающая панель которого выполнена из цветных металлов, - 25.

Конструкция крепления прозрачной изоляции должна предусматривать возможность ее замены.

Срок службы коллектора – не менее 10 лет, за исключение прозрачного покрытия. [2]

При подсчете экономической эффективности проекта, при учете, что данная конструкция рассчитана для климатических условий Белгородской области, срок окупаемости такой конструкции составит около трех лет, что говорит об экономической целесообразности применения данного инженерного решения.

Литература:

1. Конструкции солнечных коллекторов. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://msd.com.ua/sistemy-solnechnogo-teploi-kladosnabzheniya/konstrukcii-solnechnyx-kollektorov/>
2. Государственный стандарт РФ. Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Коллекторы солнечные [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200005846>
3. Кузьменков А.И., Доронова Е.В., Закабунин А.В. Использование солнечного коллектора на территории Смоленской области. В сборнике: перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах. Материалы межвузовской научно-практической конференции. Балашиха, 2021. С. 101-110.
4. Государственный стандарт российской федерации нетрадиционная энергетика Солнечная энергетика коллекторы солнечные общие технические условия [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://lib3.podelise.ru>
5. РосТепло.ру - всё о теплоснабжении в России [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://rosteplo.ru>
6. Новости энергетики и топливно-энергетического комплекса. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://energyland.info>
7. Шичков Л.П., Людин В.Б., Мохова О.П. Возобновляемый источник автономного электропитания // Техника и оборудование для села. 2014. № 5. С.7-9.
8. Литвин В.И. Экспресс-оценка эффективности внедрения мероприятий по энергосбережению // Проблемы региональной энергетики. 2012. № 3(20). С. 85-90.
9. Расторгуев В.М., Николаев В.Д. «Зеленая» эволюция сельских электросетей // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С.103-107.
10. Гамзатов Н.Г., Рамазанов Т.К., Липа О.А. [и др.] Использование водорода в силовых агрегатах в АПК // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской НАУЧНО-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.117-124.
11. Бороденков Е.В., Слисаренко С.Ю., Литвин В.И. Применение ветроэнергетической установки с аккумулярованием энергии для автономного энергоснабжения объектов сельского хозяйства // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С.99-103.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Буш Г.А., студент 2 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ,

Ильин Д.О., студент 2 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ,

Недожогина М.В., к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: A-040506@yandex.ru

Альтернативные источники энергии, считаемые наиболее экологичным видом получения, энергии в сравнении с традиционными источниками и создающие конкуренцию энергоснабжения, становятся все более актуальными для развития энергообеспечения сельскохозяйственных объектов. Их основной задачей является использование экологически чистой энергии, обеспечение качества электроснабжения совместно с традиционными видами энергии или обеспечивая энергией, работая автономно с перспективой снижения стоимости в сравнении с традиционными методами получения электроэнергии. Развитие альтернативной энергетики дает существующей инфраструктуре возможность использования децентрализованных систем генерации электрической и тепловой энергии, позволяющие значительно снизить потери вследствие передачи и преобразования электричества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергетика, альтернативные источника электрической энергии, солнечная фотоэлектрическая установка.

Одними из самых крупных потребителей электрической энергии являются сельскохозяйственные объекты различного производства. На сегодняшний день одной из проблем сельских сетей является потери электрической энергии, ранее не превышавшие 10%. Сейчас эти цифры достигают 50%, а иногда и более, что более чем в три раза превышает норматив. Огромным потенциалом обладают источники альтернативной энергетики, которые способны решить проблемы надежности централизованного энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей, что несомненно, благоприятно влияет на качество сельскохозяйственной продукции. Использование источников «зеленой энергии» позволит осуществить существенную экономию денежных средств, затрачиваемых на энергообеспечение [2].

Использование солнечных энергетических установок имеет положительные стороны, такие как, возобновляемость, возможность автономной работы, т.е. независимо от общей энергосистемы, а также совместно с ней, экологическая безопасность на стадии эксплуатации

солнечных установок, бесшумная работа и возможность частичной замены при поломке отдельных элементов системы и др. К недостаткам можно отнести высокую цену конструкции, сложность монтажа и низкий КПД панелей.

Выбор солнечных батарей

Для осуществления выбора солнечных панелей (СП), рассмотрим их виды.

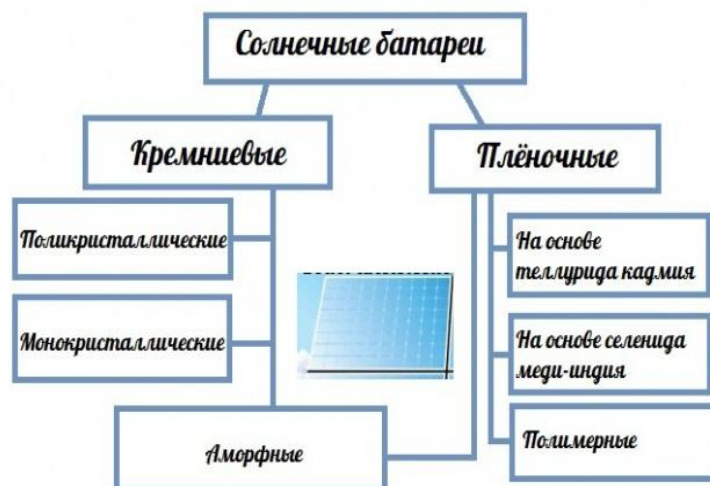


Рис. 1. Виды солнечных батарей
Солнечные модули из монокристаллического кремния.

КПД таких панелей составляет не более 15-20%. Наивысшей эффективностью преобразования солнечной энергии с электрическую обладают монокристаллические элементы, основным материалом которых является крайне чистый кремний. Из этого кремния изготавливаются монокристаллические солнечные панели, также он эффективно используется при изготовлении полупроводников. Кремниевый монокристалл растет на семени, которое медленно вытягивается из кремниевого расплава. Полученные стержни делятся на части 0,2-0,4 мм толщиной. После этого, полученные диски подвергаются следующим видам работ, таких как обтачивание, шлифовка, очистка, наложение защитных покрытий; металлизация; антирефлексионное покрытие.

КПД солнечных батарей, выполненных из *поликристаллического кремния* составляет около 10-14%. При изготовлении поликристаллического кремния, его развитие происходит медленном охлаждении кремниевого сплава. Данный процесс контролируется. Производство поликристаллического кремния считается более дешевым, но внутри кристалла могут возникать фрагменты, отделенные зернистыми границами, вызывающие меньшую эффективность элементов.

КПД солнечных модулей из аморфного кремния не превышает 5%.

Он изготавливается при помощи определенной технологии, позволяющей тонкой пленке кремния осаждаться на несущий материал и

далее наносится покрытие. Этот процесс не является дорогостоящим и относительно прост. Но если сравнивать эффективность преобразования солнечной энергии, то она значительно ниже, чем в кристаллических элементах, а сами элементы подвержены процессу деградации [3].

На основании вышеизложенного анализа, выбираем солнечную панель на основе монокристаллического кремния СП НН- POLY280W.



Солнечная панель НН-POLY280W.

Рис. 2. Панель на основе монокристаллического кремния

Данная панель имеет следующие характеристики: номинальная мощность – 280 Вт, оптимальное рабочее напряжение – 24 В, напряжение холостого хода – 28 В, оптимальный рабочий ток – 7,67А, ток короткого замыкания – 8,29 А, максимальное напряжение системы – 1000 В. Монокристаллические фотоэлементы – 72. Размер ячеек – 156x156 мм. Степень защиты корпуса – 65 IP, максимальная ветровая нагрузка – 2400 Па, размеры – 1956x990x40 мм, вес модуля – 23 кг, общая площадь – 1,94 м², длина кабеля – 900 мм, КПД – 20% , температура хранения – -40 ~+85°С, температура эксплуатации – -40 ~+85°С, номинальная рабочая температура ячейки - 45+-2°С. Страна: Китай Модель: НН-POLY280W Срок службы: 25 лет. Гарантия: 2 года Цена: 18 900 руб. [4].

Расчет и выбор контроллера заряда/разряда

Одним из самых важных элементов солнечной электрической станции является солнечный контроллер заряда. Он него зависит работа остального оборудования, например, заряд аккумуляторов. Поэтому выбор контроллера должен точно соответствовать техническим параметрам выбранного оборудования для нашей системы. Виды контроллеров имеют определённые различия. Например, МРРТ контроллер заряда, оказывающий значительное влияние на количество аккумулируемой энергии, и, в сравнении с другими контроллерами заряда, способен ее увеличивать ее на 30%. Данный прибор является дорогостоящим, однако не продолжительный срок его окупаемости говорит об экономической целесообразности его применения. PWM (ШИМ) контроллер заряда

используется в районах с достаточно высокой солнечной активностью, для регионов с пониженной солнечной активностью, он не целесообразен экономически. В регионах с низкой солнечной активностью их применение не целесообразно и не экономично. Для нашего региона мы выбираем к использованию MPPT-контроллеры. Для выбора контроллера необходимо рассчитать ток заряда, используя 4 панели мощностью по 280 Вт. Соединение панелей последовательное. Рассчитываем ток заряда по формуле:

$$I_{\text{заряда}} = P_{\text{СП}} / U_{\text{НОМ.СП}} = 4 \cdot 280 \text{ Вт} / 4 \cdot 24 \text{ В} = 11,7 \text{ А},$$

где $P_{\text{СП}}$ - мощность солнечной панели, $U_{\text{НОМ.СП}}$ - номинальное напряжение солнечной панели.

К использованию применяем контроллер заряда Tracer 2210A со следующими характеристиками: ток заряда составляет 20 ампер, максимальное входное напряжение 100В. К одному контроллеру будут подключены 4 солнечные панели с напряжением 24В у каждой, суммарное напряжение которых 96 В при последовательном соединении.



Контроллер заряда Tracer 2210A, 20А, 12/24В

Электрические характеристики: Напряжение системы – 12/24 В, Максимальный ток заряда аккумуляторной батареи – 20 А, максимальная мощность солнечной батареи – 260/520 Вт. Максимальное напряжение на входе 100 В, максимальное напряжение аккумуляторных батарей 32 В, логический порт – RS485 / RJ45 Максимальная эффективность преобразования – 98%.

Механические характеристики: габаритные размеры, – 172 x 139 x 44 мм, вес – 1100 г.

Температурные характеристики: температура хранения – -35 ~+55°C, Температура эксплуатации - -35 ~+80°C, влажность (без образования конденсата) – 95%, степень защиты от внешних воздействий – 30 IP.

Цена: 8 000 руб.

Из расчета на небольшое фермерское хозяйство выбираем 12

солнечных панелей (СП). Исходя из характеристик подключаем 4 СП к одному контроллеру. На рис. 3 изображена схема подключения.[5]

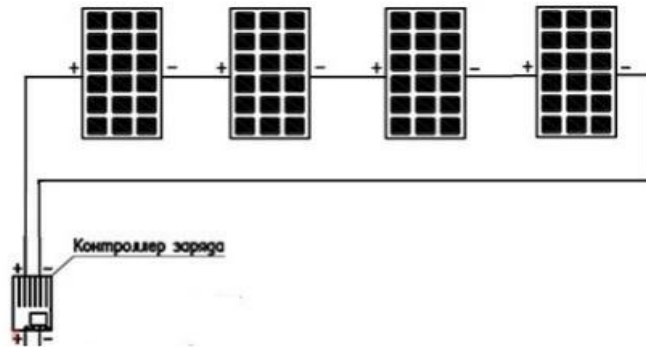


Схема подключения контроллера к солнечным панелям

Рис. 3. Подключение контроллера к панелям

Выбор инвертора

Выбор инвертора осуществляется по напряжению солнечных панелей и аккумуляторных батарей, а также возможности сглаженной работы при пиковых нагрузках. По исходным параметрам нам подходит синус-инвертор Outback PowerVFX3048E, отличающийся качеством исполнения и долгим сроком службы (рис. 4).



Инвертор Outback Power VFX3048E.

Рис.4. Инвертор Outback PowerVFX3048E

Выбор аккумуляторных батарей.

Для фотоэлектрических установок наиболее часто применяются свинцово-кислотные или гелиевые аккумуляторы. Для осуществления выбора гелиевых аккумуляторов необходимо учитывать ряд характеристик, например, количество циклов заряда-разряда, отсутствие регулятора зарядного тока, время нахождения в разряженном состоянии, или возможность их использования в помещении. Такая возможность имеется у современных гелиевых аккумуляторных батарей. Их преимущества заключаются в отсутствии необходимости обслуживания, надежной защите от протечек, наличии высоких показателей при глубоком разряде и возможности установки боком при возможной незначительной потере мощности. Он не выделяет газ и рядом с ним возможно использовать чувствительное электронное оборудование. Гелиевый аккумулятор имеет достаточно большой срок эксплуатации и обладает возможностью быстрой перезарядки примерно в 7 раз быстрее, чем у

кислотных аккумуляторов. [6]

Выполним расчет аккумуляторных батарей для четырех подключенных солнечных панелей. Примем ёмкость последовательно подключенных аккумуляторов взять 100А·ч, а напряжение 12В одного аккумулятора, а при последовательном соединении 24В, то полная мощность будет составлять

$$100 \text{ А} \cdot \text{ч} \cdot 24 \text{ В} = 2400 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$$

Исходя из расчетов максимальный аккумуляторный заряд равен 91А·ч. Поэтому

$$100 \text{ Ач} \cdot 24 \text{ В} \cdot 0,91 = 2184 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$$

На основании данных расчетов составим полную рабочую схему подключения системы.

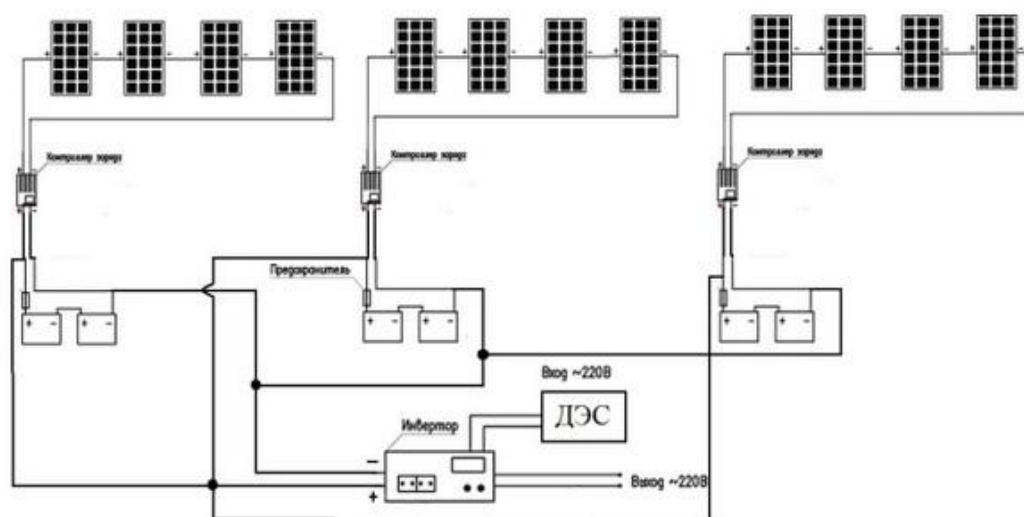


Рис.5. Полная рабочая схема

Из данной схемы видно, что предлагается к использованию 6 АБ по 100 А·ч, а полная емкость составит 6552Вт·ч. Максимальный пик нагрузки в зимний период составит 2,85 кВт·ч.

Критерием экономической эффективности служит величина отношения суммарного дисконтированного дохода за расчетный период к суммарному дисконтированному расходу за тот же период времени. Если доходы за данный период будут превышать расходы, то объект возобновляемых источников энергии будет считаться предпочтительным, чем альтернативный

Напомним, что минимальный срок эксплуатации солнечной панели равен 25 лет. Количество панелей зависит от площади, где будет производиться монтаж и от мощности, которую хочет получить будущий владелец. Остановимся на затратах для станции: оборудование (солнечные панели, инвертор, конструкции, кабели); комплекс дополнительных мероприятий (документы, интернет, видеонаблюдение, сигнализация,

подведение мощности и другие моменты). Таким образом, небольшая СЭС (30 кВт) окупиться примерно через 5-6 лет, при собственном потреблении электроэнергии срок увеличивается. Довольно часто проект окупается как к окончанию службы оборудования. Чтобы выйти на 25% рентабельности, следует уменьшить стоимость самой станции или позаботиться, о том, чтобы увеличить ее производительность. На целесообразность установки фотопанелей влияет расположение местности, где будет производиться установка (где солнца больше, там и выгоднее).

Вывод. ВИЭ не везде востребованы, так как не везде они целесообразны в использовании. Конкурентное преимущество разработки обусловлено тем, что разработка является ресурсозобновляемой и никак не влияет на окружающую среду. На данный момент происходит совершенствование этой разработки, а именно повышение КПД.

Литература:

1. Федоров, А.Ю. Системы автономного электроснабжения на базе фотоэлектрических установок // А.Ю. Федоров, А.В. Левшов. ХНУГХ имени А.Н. Бекетова, 2011 г.

Режим доступа: <https://masters.donntu.ru/2019/etf/gorbunov/library/article9.htm>

2. Ахмешин А.Т. Повышение эффективности автономных солнечных фотоэлектрических установок для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей: Материалы дис. ... канд. тех. наук по специальности 05.20.02., 2016 г.

3. Виды солнечных батарей и их отличие [Электронный ресурс] Свободная энергия. Режим доступа: <http://www.solarroof.ru/theory/30/51/>

4. Мальцев, М.Ю. Пиковая фотоэлектростанция в автономной СЭС [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/84473586.pdf>

5. Как правильно подобрать солнечный контроллер заряда. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://vk.com/@helios_house-sobstvennoe-potreblenie-invertoraibp-v-sostave-se-nuzhno-li

6. Нян Л.А. Разработка солнечной фотоэлектрической системы автономного электроснабжения индивидуальных потребителей в тропических условиях [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://studizba.com/files/show/pdf/28150-5-dissertaciya.html>

7. Рукавицына Н. Методика построения интегральной оценки эффективности вовлечения альтернативных источников энергии [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://pandia.ru/text/80/605/18217.php>

8. Сидоров А.В, Струков А.Н., Наранова В.В., Богданов Г.В. Применение сетевых технологий в электроэнергетике и АПК. // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2021 №39(44). С.43-48.

9. Гамзатов Н.Г., Рамазанов Т.К., Липа О.А. [и др.] Использование водорода в силовых агрегатах в АПК // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской НАУЧНО-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.117-124.

10. Кузьменков А.И., Доронова Е.В., Закабунин А.В. Использование солнечного коллектора на территории Смоленской области // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы

межвузовской научно-практической конференции. Балашиха, 2021. С. 101-110.

11. Бороденков Е.В., Слисаренко С.Ю., Литвин В.И. Применение ветроэнергетической установки с аккумулярованием энергии для автономного энергоснабжения объектов сельского хозяйства // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 19 мая 2022 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. С.99-103.

УДК 621.37(075.8)

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ДОЗИРОВАННОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ЭНЕРГИИ КАК СИСТЕМА ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦЫ

Струков А.Н., к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70,

Сидоров А.В., к.э.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70,

Панова Ю.В., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ

В статье рассмотрена возможность использования преобразователя с дозированной передачей энергии для обогрева теплицы. Рассматриваемое в рамках данной статьи решение, позволяет получить свежие цветы раньше, чем если использовать естественную среду. Предложена типовая теплица для выращивания тюльпанов в средней полосе нашей страны. При использовании замкнутой системы отопления с включением в систему насоса для ускорения прокачки охлаждаемой жидкости можно применить преобразователь с дозированной передачей энергии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: теплица, преобразователь с дозированной передачей энергии

Заниматься выращиванием тюльпанов, как и любых других цветов, намного удобнее и выгоднее на приусадебном участке где-либо за чертой города. Чтобы максимально снизить затраты желательно, чтобы у вас в наличии была собственная территория.

Поскольку получить свежие цветы нужно уже к началу весны, заниматься разведением и выгонкой придется зимой. Для обеспечения оптимальных условий необходимо соорудить теплицу. Сегодня самым популярным и выгодным материалом для этого считается поликарбонат. Из него в разных регионах России изготавливают специальные сооружения различного размера и формы. В нашей статье предложена типовая теплица для выращивания тюльпанов в средней полосе нашей страны (рис. 1).

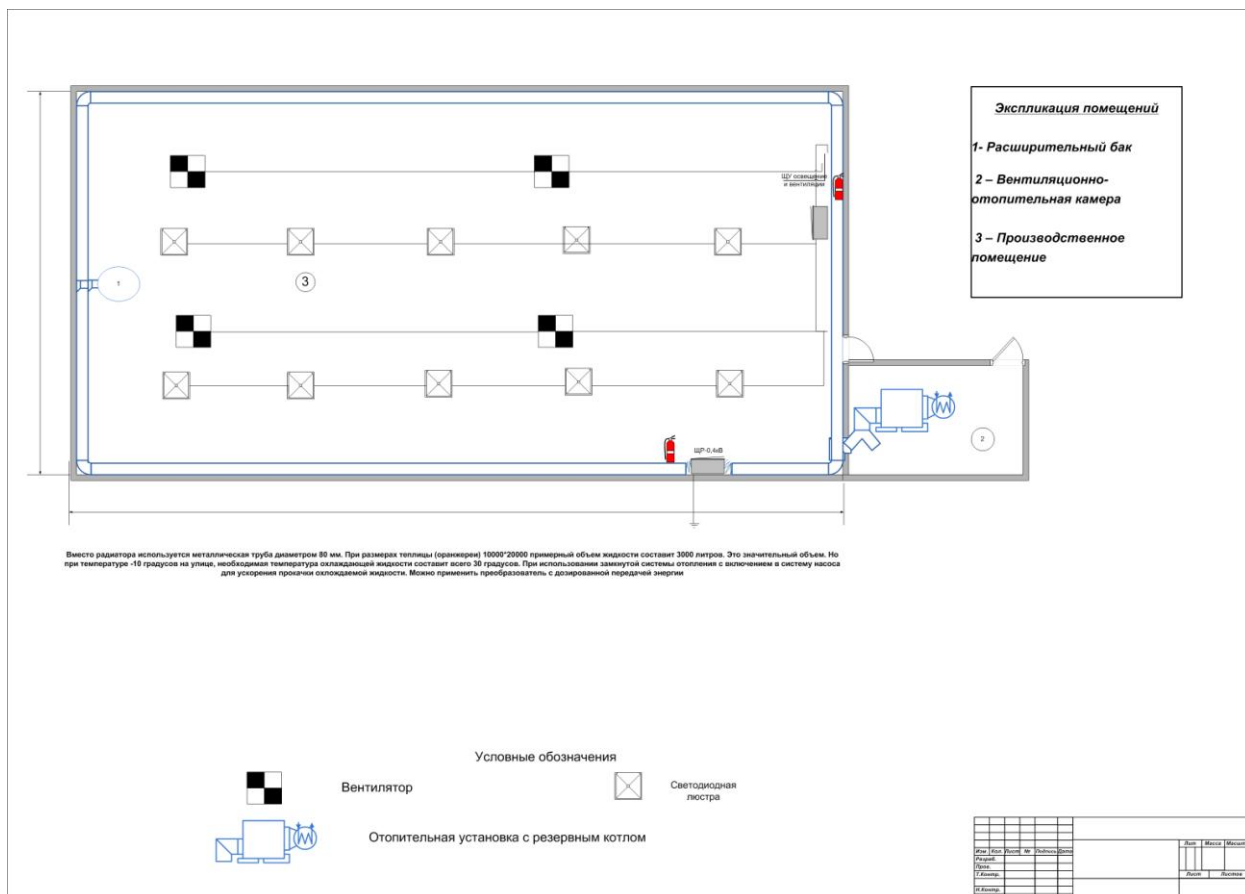


Рис. 1

Вместо радиатора используется металлическая труба диаметром 80 мм. При размерах теплицы (оранжереи) 10000*20000 примерный объем жидкости составит 3000 литров. Это значительный объем. Но при температуре -10 градусов на улице, необходимая температура охлаждающей жидкости составит всего 30 градусов. При использовании замкнутой системы отопления с включением в систему насоса для ускорения прокачки охлаждаемой жидкости можно применить преобразователь с дозированной передачей энергии.

Предложен источник импульсного тока для специальных электротехнологий, который подключается к промышленной сети переменного тока и нагружен на нагрузку с малым омическим сопротивлением.

В установках локального электронагрева с питанием от сети переменного тока для обеспечения работы указанных электроустановок на низкоомную нагрузку и согласования параметров нагрузки с питающей сетью используют силовые понижающие трансформаторы /1/. Это приводит к существенному увеличению массогабаритных показателей таких установок и возрастанию их стоимости. В значительной степени преодолеть указанные недостатки и в ряде случаев расширить функциональные возможности указанных электроустановок можно путём

замены силового понижающего трансформатора вентильно-конденсаторным преобразователем с дозированной передачей энергии (ВКП с ДПЭ), рис. 2.

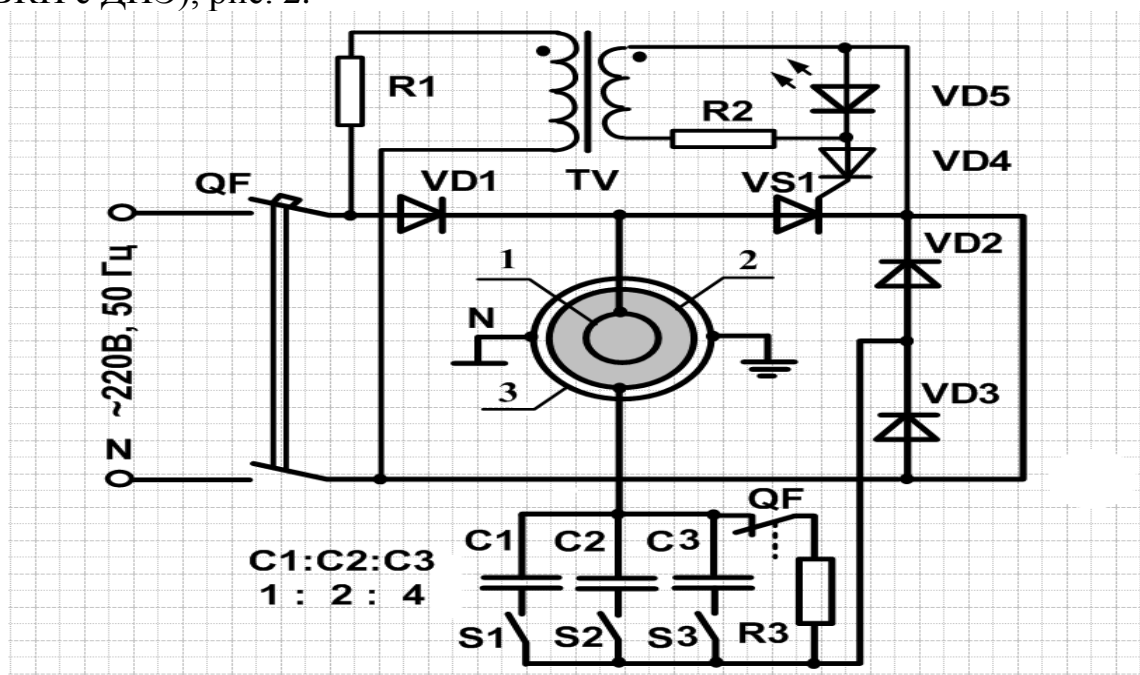


Рис. 2. Электрическая схема источника тока для специальных электротехнологий на основе вентильно-конденсаторного преобразователя с дозированной передачей энергии для теплично-оранжерейного комплекса

Источник технологического тока на основе ВКП с ДПЭ (рис.1) подключается к сети переменного тока и имеет два выхода для подключения низкоомной нагрузки переменного и постоянного тока. Первый выход «Выход 1~» предусматривает подключение нагрузки переменного тока, для которой недопустим постоянный ток. Второй выход «Выход 2=» предназначен для подключения низкоомной нагрузки постоянного тока. Таким образом, по сравнению с источником технологического тока на основе силового согласующего трансформатора источник технологического тока на основе ВКП с ДПЭ одновременно является преобразователем переменного тока в переменный и выпрямителем.

Преобразование электрической энергии переменного тока сети в переменный или постоянный ток низкоомной нагрузки по схеме рис.1 осуществляется в два такта. Первый такт (такт заряда батареи накопительных конденсаторов БК) производится при приложении к аноду диода $VD1$ положительных полупериодов сетевого напряжения питания. При этом тиристор $VS1$ закрыт из-за отсутствия напряжения управления на его управляющем электроде. Ток заряда батареи конденсаторов БК и нагрузки, подключённой к выходам преобразователя, протекает по цепи: диод $VD1$ – нагрузка переменного тока - плюс БК - диод $VD2$ – плюс

нагрузки постоянного тока – минус нагрузки постоянного тока – диод $VD3$ – минус БК. В это время диод $VD3$ закрыт, так как к нему приложено обратное напряжение.

Второй такт преобразования (такт разряда ёмкости БК) осуществляется при приложении к диоду $VD1$ отрицательных полуволн сетевого напряжения. В этом случае диоды $VD1$ и $VD2$ закрыты, а к управляющему электроду тиристора $VS1$ приложено отпирающее напряжение от инвертирующего сетевое напряжение вспомогательного трансформатора $TV1$ и блока ФСУ. В результате этого, тиристор $VS1$ открывается, и накопительная ёмкость БК разряжается током по цепи: плюс ёмкости БК – нагрузка переменного тока - тиристор VS - плюс нагрузки постоянного тока – минус нагрузки постоянного тока – диод $VD3$ - минус ёмкости БК. Направление тока через нагрузку переменного тока, подключённой к выходу «Выход 1~», реверсируется в каждом такте преобразования, а в нагрузке постоянного тока, подключённой к выходу «Выход 2=», в обоих тактах сохраняется.

На рис.3 представлены временные диаграммы, поясняющие работу преобразователя согласно схеме, рис.3.

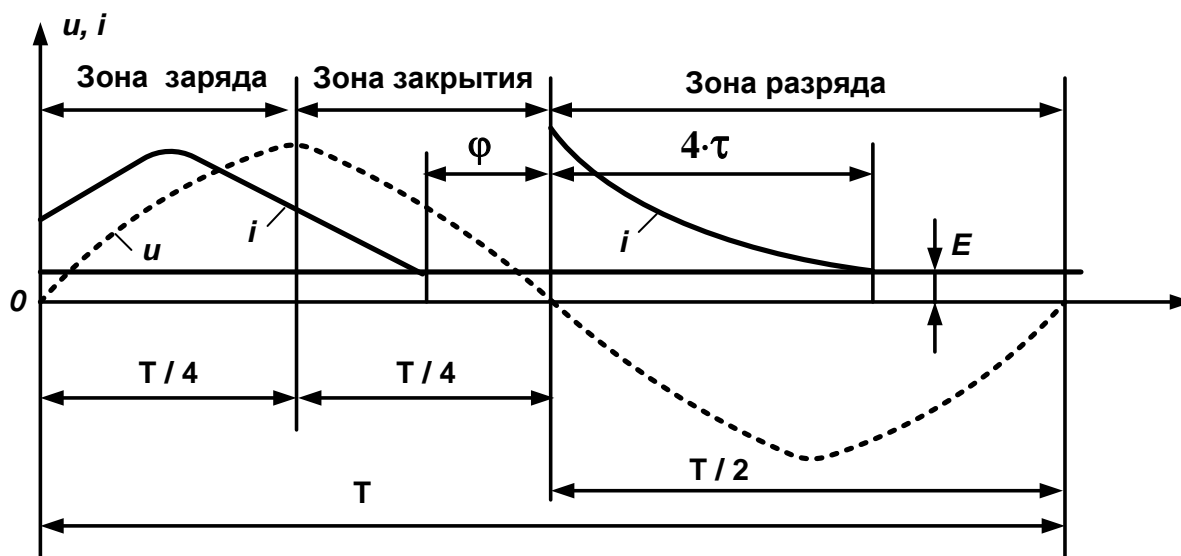


Рис.3. Временные диаграммы работы источника технологического тока на основе двухтактного ВКП с ДПЭ согласно схеме рис.1

Регулирование тока нагрузки, подключённой к соответствующим выходам преобразователя, осуществляется батареей БК с дозирующими конденсаторами, которая содержит три независимых коммутируемых секции $C1 - C3$, ёмкости которых находятся в соотношении 1:2:4. Это позволяет за счёт переключателей $Q1 - Q3$ устанавливать семь возможных значений тока нагрузки преобразователя с одинаковой единичной дискретностью 1,2,3...7.

Дополнительно, для расширения диапазона и плавности регулирования тока предусматривается система фазового управления СФУ

в цепи включения силового тиристора VSI , которая осуществляет управляемую временную задержку разряда емкости БК через тиристор VSI . Функционирование каскада ФСУ состоит в следующем. При отрицательной полуволне сетевого напряжения на счётный С-вход N-разрядного счётчика СТ с выхода формирователя F тактовых импульсов поступает первый счётный импульс равный периоду сетевого напряжения T_T (рис. 4).

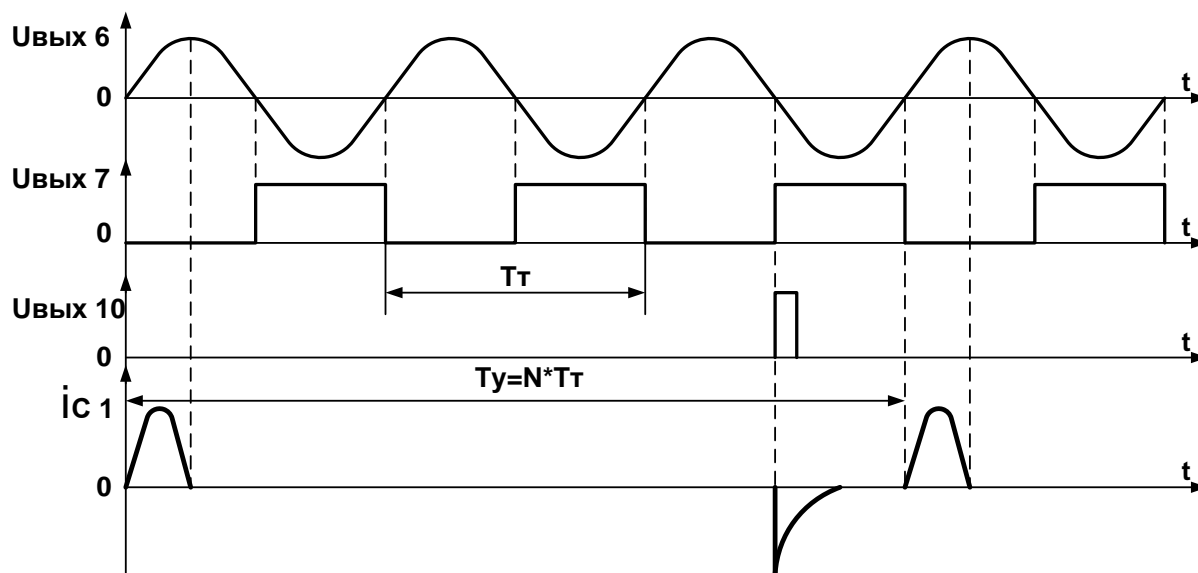


Рис. 4. Временные диаграммы работы ВКП с ДПЭ по схеме рис.1 с изменяемой СФУ частотой и скважностью выходных импульсов тока

Затем второй и так до тех пор, пока на выходе N-разрядного счётчика СТ, подключённого к переключателю SA не появится напряжение, соответствующее определённому числу деления счётных импульсов, которое через импульсный усилитель А и развязывающий светодиод VD4 включит тиристор VSI и по R-входу обнулит счётчик СТ. При следующих отрицательных полуволнах сетевого напряжения начнётся повтор цикла работы СФУ. Процесс заряда-разряда ёмкости БК повторяется с периодом следования $T_y = N \cdot T_T$, где N-разряд, соответствующий числу деления счётных импульсов счётчика СТ, к которому подключён переключатель SA. То есть, дополнительно реализуется широтно-частотное регулирование тока нагрузки, рис.3.

Из анализа временных диаграмм рис.2. и рис.3 следует, что во всех случаях продолжительность полного заряда накопительной ёмкости БК преобразователя до максимально возможного значения напряжения, которое определяется амплитудным значением напряжения питания $U_m = \sqrt{2} \cdot U_D$, составляет четверть периода $T/4$. Следовательно, максимальная ёмкость накопительного конденсатора из условия его полного заряда до амплитудного значения напряжения питания U_m определится для частоты питания $f = 50$ Гц следующими соотношениями.

$$T = 1 / f ,$$

$$t_3 = \frac{T}{4} = \frac{1}{4 \cdot f} , \quad (1)$$

Из условия полного заряда накопительного конденсатора за четыре постоянных времени $t_3 = 4 \cdot \tau$, где $\tau = R \cdot C$ постоянная времени переходного процесса заряда накопительного конденсатора, то максимально целесообразное значение τ_m из этого условия:

$$\tau_m = \frac{t_3}{4} = \frac{1}{16 \cdot f} = \frac{1}{16 \cdot 50} = 0,00125 \text{ с} . \quad (2)$$

Соответственно, получаем зависимость максимального значения накопительной ёмкости из условия её полного заряда до амплитудного значения напряжения питающей сети:

$$C_m = \frac{\tau_m}{R} = \frac{1}{16 \cdot f \cdot R} = \frac{0,00125}{R}, \Phi \text{ или } C_m = \frac{1250}{R}, \text{мкФ} . \quad (3)$$

Учитывая, что энергия запасаемая, а затем отдаваемая накопительным конденсатором в двухтактном преобразователе за каждый период T сетевого напряжения осуществляется за время $2 \cdot (T/4)$, имеем соответственно и значения средней максимальной мощности P_m (Вт), отдаваемой в нагрузку с учётом полного заряда-разряда накопительного конденсатора через нагрузку:

$$P_m = C_m \cdot 10^{-6} \cdot \frac{(\sqrt{2} \cdot U_{II} - E_A)^2}{2 \cdot \frac{T}{4}} , \quad (4)$$

где U_{II} – действующее напряжение питающей сети переменного тока, В; E_A – возможная противо-ЭДС, действующая со стороны нагрузки, например, при заряде аккумуляторов, В; C_m – максимальная ёмкость из условия её полного заряда до амплитудного значения напряжением питающей сети, мкФ; $T = 1/f$ – длительность периода сетевого напряжения (для $f = 50$ Гц соответственно $T = 0,02$ с).

Учитывая, что мощность цепи постоянного тока равна $P = U \cdot I$, с учётом (4) имеем соответствующую формулу по определению максимального действующего значения тока заряда из условия полного заряда-разряда накопительной ёмкости БК и с учётом, что значением E_A можно пренебречь, так как $U_{II} \gg E_A$ имеем:

$$I_m = \frac{0,125}{R \cdot U_{II}} \cdot (\sqrt{2} \cdot U_{II} - E_A)^2 \approx \frac{0,125 \cdot 2 \cdot U_{II}}{R} = \frac{0,25 \cdot U_{II}}{R} \quad (5)$$

На графике рис.4 согласно (5) приведена зависимость максимально возможного действующего значения тока нагрузки I_m от сопротивления цепи нагрузки R при напряжении питания преобразователя 220 В и частоте 50 Гц.



Рис. 5. Зависимость максимального значения тока ВКП с ДПЭ от сопротивления цепи нагрузки из условия полного заряда накопительного конденсатора при напряжении питающей сети 220 В и частоте 50 Гц

Завышение ёмкости конденсаторов накопительной БК при определённом значении сопротивления цепи нагрузки свыше рассчитанного по (3) значений, экономически не целесообразно из-за неполного заряда конденсатора напряжением сети. Кроме того, из-за уменьшения интервала времени зоны закрытия при завышенном значении ёмкости БК и больших сопротивлениях нагрузки (рис.2) возможно прямое подключение нагрузки к напряжению питающей сети с его однополупериодным выпрямлением, что должно исключаться средствами автоматической защиты преобразователя.

Литература:

1. Бар В.И. Электротехнологические установки и их источники питания. Тольятти. 2002. 105с.
2. Копылов С.И., Каменева Е.Ю., Попова М.В. К вопросу создания сверхпроводникового токоограничителя трансформаторного типа // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2011. № 11 (16). С. 113-115.
3. Сидоров А.В., Алмасбеков А. Компьютерное моделирование преобразователя с дозированной передачей энергии // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2021. № 38(43). С.54-58.
4. Липа О.А., Липа Д.А., Амочкин Ю.С. [и др.] Автоматизированное ресурсосберегающее управление энергоёмкими технологическими процессами в условиях статистической неопределённости / О.А. Липа, Д.А. Липа, А.О. Певчиков // Культура и наука: поиски и открытия: Материалы IX Международной научно-практической студенческой конференции, Балашиха, 27 декабря 2017 года. – Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2017. – С. 27-31. – EDN NEDSPE.
5. Липа О.А., Липа Д.А., Гамзатов Н.Г. [и др.] К вопросу совершенствования системы многоканального регулирования параметрами микроклимата в блочных

теплицах // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.86-89.

6. Кондратьева Н.П., Шичков Л.П., Владыкин И.Р. Управление поливом растений в защищенном грунте по дозе фотосинтетически активной радиации // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 7. С.5-7.

7. Шичков Л.П., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р. Особенности построения взаимосвязанных систем контроля и управления параметрами микроклимата // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 28 февраля – 03 марта 2006 года / Министерство сельского хозяйства, ФГОУ ВПО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Том 3. Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. С. 300-306.

8. Попова М. В. Использование накопителей энергии в активно - адаптивных сетях (Smart Grid) // Вестник Российского государственного аграрного университета. – 2010. № 8(13). С.105-107.

9. Липа О.А., Липа Д.А., Рамазанова Г.Г. Проблемы адаптивной настройки регуляторов и методы их решения // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2013. № 15(20). С. 46-51.

10. Регулирование и стабилизация напряжения высоковольтной электрической сети управляемыми источниками реактивной мощности индуктивно ёмкостного типа / А.М. Брянцев, Б.И. Базылев, А.И. Лурье, С.В. Смолвик // Электричество. – 2012. – № 10. – С. 15-21. – EDN PCJODV.

11. Расторгуев В.М., Пермяков Г.А. Оптимизация параметров схемы электроснабжения сельскохозяйственных организаций // Инженерные решения по энергетике, водоочистке и механизации процессов сельскохозяйственного производства: Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых, Балашиха, 12 апреля 2013 года. Т. 1. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2013. С. 96-102.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 628.31

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ В ТЕХНОСФЕРЕ

Тетдоев В.В., д.б.н., профессор кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: piv@rgazu.ru,

Заикина И.В., к.с.-х.н., доцент кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: zaikina-i78@yandex.ru,

Хисматуллина Ю.Р., к.ф.н., доцент кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: HRJulduz@mail.ru

В процессе эволюции человек, стремясь наиболее эффективно удовлетворять свои потребности в пище, материальных ценностях, защите от климатических и погодных воздействий, непрерывно преобразовывал естественную среду обитания и прежде всего биосферу. Для достижения этих целей он преобразовал часть биосферы в территории, занятые техносферой. На современном этапе научно-технического прогресса деятельность человека, направленная на повышение комфортности проживания, одновременно стала потенциальным источником многих вредных факторов риска в новых антропогенных местообитаниях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: техносфера, техносферная безопасность, вода, сточные воды, система водоотведения, промышленное водопользование.

Стоящая перед обществом задача рационального и продуманного формирования техносферы, обеспечивающей приемлемые для человека и природных экосистем условия существования, исключительно сложна. Она предусматривает осуществление целого комплекса разноплановых и взаимосвязанных мероприятий: разумное ограничение потребностей человека; создание новых технических объектов и технологий, ориентированных на малоотходность и ресурсосбережение; минимизацию воздействия техники и технологий на человека и природную среду; создание комплексной системы обеспечения безопасности жизни и деятельности в техносфере. В конце XX века в лексиконе современного человека появился термин «техносфера» [1]. Техносфера – это часть биосферы, изменённая человеком посредством воздействия технических средств, а также здания, дороги и другие механизмы. В целом, это весь окружающий нас мир, к которому прикоснулась рука человека.

Техносферная безопасность – научно-техническая область, занимающаяся разработкой методов и средств, обеспечивающих благоприятные условия существования в преобразуемой человеком биосфере-техносфере.

Вода – самый ценный природный ресурс. Рост городов, быстрый промышленный рост, интенсификация сельского хозяйства и другие факторы усложняют вопросы водоснабжения. Промышленное производство оказывает особенно сильное негативное воздействие на водные ресурсы. Утилизация и очистка сточных вод на сегодняшний день является одной из важнейших экологических проблем, и в этом направлении разработаны различные технологические подходы, в основе которых лежат физико-химические или биохимические процессы деградации вредных компонентов в сточных водах. Большая часть органического вещества, поступающего на очистные сооружения, удаляется на биологических очистных сооружениях. Когда токсичность сточных вод, поступающих на очистные сооружения, превышает норматив, процесс биологической очистки не может протекать нормально. Удаление органического вещества может привести к дисбалансу в водной экосистеме.

Промышленное водопользование и сточные воды от атмосферных осадков в городах и на предприятиях являются источниками загрязнения окружающей среды. Система водоподготовки представляет собой сложное сооружение, предназначенное для приема и отвода всех видов сточных вод, выполнения функции экологического барьера, защиты окружающей среды от загрязнения и предотвращения крупного экологического ущерба. В то же время эксплуатация систем водоотведения неизбежно связана с загрязнением воды, осадками, выбросами газов, нарушением природных условий на территориях и в водоисточниках. Из-за засорения трубопровода или гидравлической перегрузки неочищенные сточные воды просачиваются из дождевой воды на поверхность, а канализационная сеть в процессе эксплуатации может стать источником загрязнения почвы и грунтовых вод, а неочищенные сточные воды могут сбрасываться в водоем через аварийный выпуск насосной станции. При транспортировке сточных вод по трубам и каналам выделяются газы, в основном сероводород, загрязняющие атмосферный воздух [1, с. 3]. Перегрузка очистных сооружений по гидравлике, когда поступление объема сточных вод значительно превышает мощность очистных сооружений, а также перегрузка по концентрации сточных вод, связанная с поступлением сточных вод производственного характера, приводят к ухудшению работы очистных сооружений и превышению предельно-допустимых сбросов в водный объект.

При очистке сточных вод образуются осадки, представляющие санитарную опасность. Их обработка (стабилизация и обезвоживание) сопровождается газовыделением, а сушка на иловых площадках может быть связана с загрязнением грунтов и требует выделения больших территорий [2]. Обезвоженный шлам должен быть вывезен на хранение и утилизацию. Все это сопровождается ливневым стоком и загрязнением

воздушной среды [3, с. 78]. Кроме того, неэффективная работа существующих очистных сооружений, высокий износ основных фондов канализации, малая пропускная способность и легкое засорение ливневых труб очень существенно осложняют эксплуатацию системы канализации. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» Российской Федерации устанавливает требования по охране окружающей среды при осуществлении хозяйственной и иной деятельности. Законом установлено, что на предприятиях и иных объектах, оказывающих прямое или косвенное негативное воздействие на окружающую среду, должны быть предусмотрены меры по охране окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, обеспечению экологической безопасности.

Важной частью охраны окружающей среды является разработка экономических стимулов для поощрения предприятий к созданию замкнутых производственных циклов, переработке образующихся отходов и извлечению из сточных вод ценных компонентов. Благодаря своим уникальным свойствам и дешевизне вода широко используется в качестве рабочей жидкости в промышленности. Его послеоперационная очистка (промывка, охлаждение) позволяет создать оборотное водоснабжение и повторно использовать его. В результате потребление воды значительно снижается, а также предотвращается загрязнение окружающей среды. В результате создаются комфортные условия проживания.

Переход к рыночной экономике, реформирование жилищно-коммунального хозяйства в условиях резкого износа инженерных коммуникаций, отсутствия достаточных средств на ремонтные материалы значительно обострили проблемы надежности и экологической безопасности городских систем канализации в России. В этом случае лучше всего иметь четкое представление о проблемах водоснабжения и водоотведения в российских городах, совершенствовать нормативно-правовую базу и механизмы финансирования, разрабатывать оптимальные варианты развития и модернизации с учетом надежности и экологической безопасности [4].

Современные системы водоотведения характеризуются высокой аварийностью. Все больше сточных вод сбрасывается на поверхность земли и в водоемы. Поэтому такие вопросы, как повышение надежности системы водоотведения, экологической безопасности и государственной управляемости являются первоочередными.

Очевидно, что разработанная в прошлом веке расчетная база систем водоснабжения и водоотведения не отвечает требованиям времени. Поэтому актуальна научная проблема, совершенствование и разработка новых моделей и методов развития и реконструкции систем водоотведения в условиях сокращения водопотребления большинства городов России, решения которых имеют большое социально-экономическое значение и

экономическое значение страны.

Природоохранная деятельность предприятий – это направления производственно-хозяйственной деятельности, обеспечивающие охрану качества окружающей среды. Его задачей является предотвращение негативного воздействия производственной деятельности на природные ресурсы, чтобы защитить естественную базу любой деятельности человека и создать возможности для дальнейшей стабильной работы основного производства [5].

Природоохранные мероприятия можно разделить на две категории, направленные на снижение уровня выбросов загрязняющих веществ и вредного воздействия:

- совершенствование процессов и внедрение малоотходных и безотходных технологий;
- изменение состава и улучшение качества используемых ресурсов (удаление серы из топлива, переход с угля на нефть или природный газ, с бензинового топлива на водород и т. д.);
- установка очистных сооружений для последующей утилизации захваченных отходов.

Меры по снижению распространения загрязняющих веществ и других вредных воздействий:

- строительство выпусков сточных вод различной конструкции для оптимизации условий их разбавления;
- создание санитарно-гигиенических зон вокруг промышленных предприятий и водоемов, озеленение городов и поселков.

Стратегический подход заключается в разработке ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологий. Безотходная технология должна стать инженерным идеалом. Однако трудно себе представить, например, обратное водоснабжение в коммунальных хозяйствах, особенно если сбрасываются большие объемы хозяйственно-бытовых сточных вод. Поэтому совершенствование технологии очистки вредных атмосферных выбросов и сточных вод еще долго будет оставаться первостепенной задачей. Хотя, как отмечают некоторые авторы, большая часть производственных затрат, отводимых на охрану окружающей среды, свидетельствует о несовершенстве технических решений в производстве. Технологии, требующие больших инвестиций в очистные сооружения, со временем должны быть заменены более рентабельными и экологически чистыми технологиями.

Рациональное использование водных ресурсов является чрезвычайно важным вопросом на сегодняшний день. В основном это делается для защиты водоемов от загрязнения, а поскольку промышленные сточные воды занимают высокое место по объему и наносимому ими ущербу, необходимо решить проблему их сброса в реки. В частности, необходимо ограничить сброс оборотной воды в водные объекты, совершенствовать

технологии производства, очистки и утилизации.

Литература:

1. Основы безопасности в техносфере: учебное пособие / А.А. Дик, В.А. Иванов, В.Н. Макарова, А.А. Усов, Л.А. Харкевич. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ». 2012. 80 с.
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ
3. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы: Пер. с англ./ М. Хенце и др. М.: Мир, 2004. 480с.
4. Сибатуллина А.М. Динамика загрязненности речной воды / А.М. Сибатуллина, П.М. Мазуркин // Экология и промышленность России. № 2. 2009. С. 48-52.
5. Колесников В.А. Анализ, проектирование технологий и оборудования для очистки сточных вод / В.А.Колесников, Н.В. Меньшутина. М.: ДеЛи принт, 2005. 266с.

УДК 620.91

РАЗВИТИЕ И ПОТЕНЦИАЛ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛИЙ

Худайбердиев Р.Н., магистрант факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: hitryi1979@mail.ru,

Махмутов М.М., д.т.н., доцент, профессор кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: mansur.mahmutov@yandex.ru,

Хисматуллина Ю.Р., к.ф.н., доцент кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: HRJulduz@mail.ru

Международная ассоциация гидроэнергетики (ИНА) сообщает, что на воду приходится около 17 процентов мирового производства электроэнергии. В 2020 году глобальная установленная мощность ГЭС достигла 1330 ГВт, доля Российской Федерации около 5 процентов. Россия отстает в создании новых гидроэнергетических сооружений, так как поддержке гидроэлектростанций уделяется недостаточно внимания. На данный момент доля гидроэнергетических сооружений в общей выработке электроэнергии в России составляет порядка 20%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экология, возобновляемые источники энергии, гидроэнергетика, энергосистема, гидроресурсы, ГЭС, электричество, ГАЭС, МГЭС, мини-ГЭС, микро-ГЭС

Гидроэлектростанции – это крупные инфраструктурные объекты, которые не строятся без непосредственного участия государства. Россия даже в условиях санкционного давления входит в пятерку стран лидеров по производству энергии на ГЭС и ГАЭС. По мнению исполнительного директора Ассоциации «Гидроэнергетика России» Олега Лушников, государственные решения в области развития гидроэнергетической отрасли помогут сохранить лидерство нашей страны. По объему

установленной мощности ГЭС превосходят АЭС. По выработке электроэнергии атомная и гидроэнергетика примерно соизмеримы. Выработка АЭС немного превышает гидроэлектростанции. Как известно, крупнейшая генерация в нашей стране – тепловая [1].

Центр стратегических разработок совместно с Ассоциацией «Гидроэнергетика России» провели масштабное исследование, целью которого был анализ развития гидроэнергетической отрасли в России и зарубежом. Согласно этим исследованиям, последнее десятилетие было самым эффективным с точки зрения мировой гидроэнергетики, с ежегодным приростом мощностей 25 ГВт. В России прирост за последнее десятилетие составил 5 ГВт, это Богучанская, Зарамагская, Нижне-Бурейская ГЭС и другие. Это в основном тот советский долгострой, который долго не могли возвести [2].

По результатам исследований выявлено, что вся гидроэнергетика, в том числе по российскому законодательству, является возобновляемой. Мировая выработка электроэнергии на ГЭС примерно в два раза превосходит выработку солнечной энергии и ветроэнергетики. 15% от всей выработки всех видов электростанций в мире обеспечивается ГЭС и этот показатель будет возрастать. В России же 97% всей возобновляемой энергетики – это гидроэнергетика.

Быстрое развитие гидроэнергетики обусловлено климатической повесткой, ведь это один из наименее влияющих на экологию и окружающую среду вид генерирующих мощностей [3]. Выбросы парниковых газов по ГЭС практически нулевые, поэтому в России будет развиваться гидроэнергетика [4].

Отечественные предприятия соответствуют трендам в части технологий, применяемых в энергетике и готовы обеспечить отрасль в полном объеме. Сегодня производство турбин осуществляется по новым технологиям, благодаря чему рабочее колесо гидротурбины позволяет получить более 10% дополнительных мощностей. Активно внедряется дистанционное управление, появляются ГЭС, работающие без персонала.

Производители основного оборудования – гидротурбин АО «Тяжмаш» (Сызрань), ПАО «НПО Элсиб» (Новосибирск) – используют новые технологии, сокращают металлоемкость продукции, повышают КПД преобразования силового оборудования. В 2010-2021 гг. совокупность инвестиций в отрасль гидроэнергетики России составила 807,3 млрд рублей.

В конце декабря 2021 года на заседании комиссии Госсовета РФ было принято решение о проработке Ассоциацией «Гидроэнергетика России» и крупными гидроэнергетическими компаниями механизмов и моделей строительства ГЭС и ГАЭС, которые могли бы быть использованы при финансировании. В начале 2022 года была сформирована рабочая группа в Министерстве энергетики РФ, которая

прорабатывала графики строительства ГЭС и ГАЭС. Была предложена модель, при которой финансирование делилось бы на энергетическую и неэнергетическую части. Неэнергетическая часть – это, например, водохранилище, которое является государственным объектом комплексного назначения и его строительство должно финансироваться из государственного бюджета. Энергетическая часть касается финансирования непосредственно объекта и здесь должны быть привлечены те инвесторы, которые могли бы быть главными потребителями энергии. Пример, Саяно-Шушенская ГЭС и очень энергоемкий металлургический комбинат, который потребляет дешевую электроэнергию гидроэлектростанции. Для финансирования строительства ГЭС должны предоставляться льготные кредиты и гарантии возврата инвестиций. Как только инвесторам будет понятно, что они входят в неубыточный проект, гидроэнергетика России начнет развиваться.

Еще один сегмент, который развивается во всем мире – это малые ГЭС, мощность которых ниже 50 МВт и больше 5 МВт. На сегодня 80 ГВт мощностей во всем мире приходится на малые ГЭС. В России есть компания ИНСЭТ, которая активно выпускает оборудование для малых ГЭС, мини-ГЭС и микро-ГЭС, несмотря на то что их количество в России значительно снизилось в сравнении с показателями середины прошлого века.

Сегодня существует только одна государственная программа поддержки – «Программа поддержки развития возобновляемой энергетики», в которой есть сегмент, касающийся малых ГЭС. В этой программе отобрано на конкурсе 17 проектов строительства малых ГЭС общей мощностью 300 МВт. В России используется сейчас только 4% от энергопотенциала 2 млн малых рек, протекающих по ее территории. Ассоциация «Гидроэнергетика России» по предложениям организационных членов подготовила и направила в Министерство энергетики РФ список первоочередных проектов малых ГЭС общей мощностью около 700 МВт, которые могут быть построены [5-8].

В первую очередь, производителей оборудования и потенциальных инвесторов, также руководство субъектов РФ интересуют проекты крупной гидрогенерации. Крупная гидрогенерация нужна для развития регионов. Она обеспечивает дешевую электроэнергию, а значит – создание заводов, развитие промышленности, а также дает множество других значимых неэнергетических эффектов. Гидроэнергетика – это то, чем наша страна всегда гордилась. Это самый чистый, самый технически надежный вид электростанций во всем мире.

Литература:

1. Андреев А.Е. Гидроэлектростанции малой мощности: учеб. пособие / А.Е. Андреев, Я.И. Бляшко, Л.И. Кубышкин; под общ. ред. В.В. Елистратова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 432 с.

2. Гидроэнергетика России: роль и потенциал // Гидроэнергетика России и зарубежных стран. Декабрь, 2022. С.41-69.

3. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы. - Л.: Гидрометиздат, 1989. 236с.

4. Снытин С.Ю., Клименко В.В., Федоров М.В. Прогноз развития энергетики и эмиссии диоксида углерода в атмосферу на период до 2100 года // Доклады АН. 1994. Т. 336. С. 476-480.

5. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука, 2004. 386с.

6. Гамзатов Н.Г., Бондарев В.А., Рамазанова Г.Г. Философские основы решения проблем энергетики XXI века // Научный поиск в современном мире: традиции и инновации: Материалы XII Международной научно-практической конференции преподавателей высших учебных заведений, Балашиха, 27 ноября 2020 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2020. С. 312-314.

7. Гамзатов Н.Г., Рамазанов Т.К., Липа О.А., Рамазанова Г.Г. Использование водорода в силовых агрегатах в АПК // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской НАУЧНО-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С. 117-124.

8. Рамазанова Г.Г., Волков Д.А., Карабанова А.А. Прогресс применения технологии магнитокалорического эффекта (МКЭ) манганитов // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.149-153.

УДК 620.91

МАЛАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Хуснуллин М.М., магистрант факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: husnullinmm@yandex.ru,

Махмутов М.М., д.т.н., доцент, профессор кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: mansur.mahmutov@yandex.ru,

Хисматуллина Ю.Р., к.ф.н., доцент кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: HRJulduz@mail.ru

В данной статье рассматриваются перспективы развития малой гидроэнергетики на основе малых гидроэлектростанций, их преимущества и недостатки, перспективы использования МГЭС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: возобновляемые источники энергии, гидроэнергетика, энергосистема, гидроресурсы, ГЭС, электричество, экология, МГЭС, ТЭЦ.

По данным ООН, около 1,4 миллиарда человек не имеет доступа к электроэнергии, в основном это страны Африки и Юго-Восточной Азии. Более миллиарда человек не обеспечены достаточным количеством энергии. Доступность электроэнергии определяет продолжительность жизни человека, уровень знаний, приемлемость стандартов жизни (нормальная пища, чистая вода, условия жизни). Поэтому одним из главных ресурсов для жизни и дальнейшего развития человечества, вот уже более века является электричество. Электричество позволило человечеству совершить промышленную революцию. Основным же потребителем электричества является промышленность. С ростом промышленности и населения во всем мире растет и потребление электричества. Основными источниками энергии в мире, на сегодняшний день являются уголь – 29%, гидроэнергетика – 29%, атомная энергия – 28%, нефть – 7%, газ – 7%. В России основными источниками энергии являются углеводороды, это 66% от общего использования ресурсов и ситуация складывается следующим образом: газ – 46%, уголь – 17%, нефть – 3%. Далее идут АЭС – 16%, ГЭС – 18% [1]. Такие источники как энергия ветра и солнца в нашей стране насчитывает около 0,5% от общей доли добываемой энергии, что является чем-то на уровне погрешности и перспективы ее дальнейшего развития весьма туманны, так как расходы на ее получение, существенно превышают расходы на добычу и переработку остальных источников энергии.

Для нашей страны, богатой ресурсами самым недорогим источником энергии, являются углеводороды, нефть, газ, уголь. Но их использование серьезнейшим образом сказывается на экологии не только в нашей стране, но и в целом на мировой экологии.

Самым доступным и возобновляемым ресурсом из всех является энергия воды. Наличие гидроэлектростанций позволило существенно повысить доступность электроэнергии. Но добыча энергии таким способом обходится в нашей стране дороже энергии добытой за счет сжигания углеводородов. Также при строительстве больших ГЭС, приходится затоплять огромные территории, что влечет за собой проблемы с затратами на переселение людей, так как значительное количество населенных пунктов находится вдоль рек и водоемов. И не стоит забывать о возможных техногенных и экологических факторах риска, возможных в местах строительства больших ГЭС. Поэтому в данной статье рассмотрим перспективы развития малой гидроэнергетики, так как затраты на возведение сооружений малых ГЭС, существенно ниже и вред экологии оказывается самый минимальный. Гидротехнические сооружения малых ГЭС не подтопляют территорию (леса, сельскохозяйственные угодья), следовательно, не нужно сносить (переносить) населенные пункты. Малые ГЭС не влияют на ландшафт и окружающую среду, как в процессе строительных работ, так и в процессе их эксплуатации. Вода, проходящая

через малую гидротурбину, сохраняет свои первоначальные природные свойства.

Развитые страны уделяют большое внимание развитию малой гидроэнергетики. Это возможность независимо получать электроэнергию. Ресурсами малой гидроэнергетики являются малые и средние реки, ручьи, оросительные и судоходные каналы, питьевые водоводы, водосбросы тепловых электростанций.

Ресурс гидроэнергетики – это рельеф, условие выпадения осадка, мощные реки. На первом месте по количеству ресурсов находится Китай, на втором месте находится Россия. Но недостаточно иметь потенциал, необходимо правильно его использовать. И чем государство более экономически развита, тем большую часть этого потенциала эти страны забирают (Норвегия – 99,6%, Швеция – 56%, Австрия – 60%). Что касается России, то гидротехнические ресурсы у нас, распределены неравномерно: на Европейской части сосредоточены 19% гидроресурсов, в Сибирском регионе – 46,5% гидроресурсов, на Дальнем Востоке – 34,5% гидроресурсов.

На сегодняшний день в Российской Федерации действует более 130 малых гидроэлектростанций. Также строятся новые объекты, например, на Северном Кавказе в 2024 году планируют ввести две МГЭС, это Башенная МГЭС в Чечне на 10МВт (ее строительство началось в 2021 году) и Псыгансу МГЭС мощностью 19,1МВт, строящаяся в Кабардино-Балкарии. Она станет четвертой по счету ступенью Нижне-Черекского каскада ГЭС, на данный момент туда входят Кашахтау ГЭС, Аушигерская ГЭС, Зарагижская ГЭС.

Основные преимущества МГЭС:

- строительство и эксплуатация не наносят существенный ущерб окружающей среде;
- вода, используемая для добычи энергии, не теряет своих свойств и может быть использована для водоснабжения населения и рыбных хозяйств;
- в некоторых районах отсутствует зависимость от погодных условий, что позволяет обеспечить население и предприятия дешевой электроэнергией;
- ВИЭ независимы от углеводородов, это обеспечивает энергобезопасность страны и обеспечивает умеренный рост цен на электроэнергию;
- строительство МГЭС занимает намного меньше людских, временных и денежных ресурсов [2];
- позволяет автоматизировать процессы добычи энергии, существенно сократив при этом затраты.

Недостатки МГЭС:

- из-за гидрологического режима реки возможна зависимость

выработки электроэнергии;

- удельные затраты в сооружения МГЭС, довольно высоки. Но при серийном использовании, затраты могут быть существенно снижены. Так же есть возможность выпуска оборудования на внутренних предприятиях;

- удаленность МГЭС от линий электропередач (ЛЭП), может увеличить затраты на подключение к энергосистеме;

- использование МГЭС чревато быстрым затоплением небольших водохранилищ;

- не достаточно изучен, гидрологический режим стока малых вод;

- при пересчете 1 кВт мощности цена МГЭС обычно выше ГЭС [3].

В мире около 150 стран используют гидроэнергетику. Но самый крупный производитель это КНР. По данным международной ассоциации гидроэнергетики лидерами по выработке электроэнергии являются Китай – 390Гвт, Бразилия – 109Гвт, США – 102 ГВт, Канада – 82 ГВт, 50 ГВт имеют в совокупности Россия, Индия и Япония.

На сегодняшний день 80 ГВт мощностей во всем мире приходится на малые ГЭС. В России на конец 50-х годов XX века было 6 тысяч малых ГЭС. На сегодня осталось около 100 гидроэлектростанций с мощностью 50 МВт [4-7]. Их общая мощность составляет меньше 5 МВт и они не входят в систему регулирования единой энергетической системы (ЕЭС). В России сегодня используется только 4% от энергопотенциала 2 млн малых рек и есть повод задуматься.

Литература:

1. Михайлов Л.П. Малая гидроэнергетика: учеб. пособие/ Л.П. Михайлов, Б.Н. Фельдман, Т.К. Марканова [и др.] М.: Энергоатомиздат, 1989. 184 с.

2. Ермаков И.Н. Бесплотинная малая ГЭС / И.Н. Ермаков, В.Н. Байков, Б.М. Орхалашвили // XXIV Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов, посвященная 90-летию Национального исследовательского университета «МЭИ», 2020. С. 90-94

3. Андреев А.Е. Гидроэлектростанции малой мощности: учеб. пособие / А.Е. Андреев, Я.И. Бляшко, Л.И. Кубышкин; под общ. ред. В. В. Елистратова. СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2009. 432с.

4. СТО 17330282.27.140.007-2008 «Технические системы гидроэлектростанций. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования» / Москва: ОАО РАО «ЕЭС России» 2008. 78с.

5. Гамзатов Н.Г., Бондарев В.А., Рамазанова Г.Г. Философские основы решения проблем энергетики XXI века // Научный поиск в современном мире: традиции и инновации: Материалы XII Международной научно-практической конференции преподавателей высших учебных заведений, Балашиха, 27 ноября 2020 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2020. С. 312-314.

6. Гамзатов Н.Г., Рамазанов Т.К., Липа О.А., Рамазанова Г.Г. Использование водорода в силовых агрегатах в АПК // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.117-

124.

7. Рамазанова Г.Г., Волков Д.А., Карабанова А.А. Прогресс применения технологии магнитокалорического эффекта (МКЭ) манганитов // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. С.149-153.

УДК 621.22

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

Остапенко А.В., магистрант факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: ostapenko021281@yandex.ru,

Махмутов М.М., д.т.н., доцент, профессор кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8(495) 521-38-85, e-mail: mansur.mahmutov@yandex.ru,

Хисматуллина Ю.Р., к.ф.н., доцент кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8(495) 521-38-85, e-mail: HRJulduz@mail.ru

В данной статье рассматривается роль гидроэлектростанций с учетом экономической и экологической составляющих в развитии топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России. Строительство гидроэнергетических объектов поможет преодолеть неблагоприятные кризисные явления в экономике, снизит социальную напряженность и обеспечит инвестиционную привлекательность гидроэнергетических проектов. Гидроэлектростанции являются экологически чистыми источниками электроэнергии – они не выбрасывают загрязняющие вещества в водную среду и атмосферу, не потребляют атмосферный кислород. Водохранилища связаны с затоплением земель, переформированием берегов, изменением гидрологии рек и условий обитания флоры и фауны. В большинстве случаев все эти процессы и явления оцениваются как негативные с благоприятной динамикой.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидроэнергетические ресурсы, гидроэлектростанция, возобновляемый источник энергии, гидроэнергетика, ТЭК, ГРЭС, МГЭС, ЕЭС.

В современной цивилизации доступность энергии является одной из ключевых составляющих. Теплоэнергетический комплекс имеет 4 направления:

1. Традиционные источники энергии (органические виды топлива: природный газ, уголь, нефть);
2. Гидроэнергетика (ГЭС, ГРЭС, МГЭС);
3. Атомная энергетика (АЭС);
4. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) (солнечная, ветровая, геотермальная).

Согласно открытой информации Минэнерго России, структура производства электроэнергии в России в 2017 году выглядит следующим образом: тепловые электростанции - 68%, АЭС и ГЭС по 16%, ВИЭ менее 0,9% мощностей. По некоторым прогнозам, в ближайшие 20 лет в России будет рост потребления энергии на уровне 2,5-3,2% [1].

В программе развития единой энергетической системы (ЕЭС) России на 2012-2020 гг., предусматривался ввод новых генерирующих мощностей в объеме 50,05 ГВт в том числе на АЭС-9,88 ГВт, на ГЭС-4,09 ГВт, на ГАЭС-0,98ГВт, на ТЭС-34,44ГВт и на ВИЭ-0,66ГВт. Однако затяжной характер текущего глобального кризиса и падение экспорта повлекли за собой спад роста экономики и энергопотребления в мире, что стало серьезным испытанием для России как крупнейшего экспортера. Специалисты прогнозируют, что доля нефти и газа в мировом потреблении, как первичной энергии в ближайшие годы останется практически неизменной (53,6% в 2020 г. и 51,4% к 2040 г.). На фоне экономического кризиса экологический кризис, связанный с парниковым эффектом, в том числе с ростом энергопотребления, вырисовывается из-за падения цен на электроэнергию во всем мире. В результате мировая энергетика все больше склоняется к использованию экологически чистых источников энергии вместо сжигания углеводородов. Вот почему в России необходимо обеспечить максимальное развитие гидроэнергетики [2].

ГЭС характеризуется низкой себестоимостью производства электроэнергии и сроком окупаемости в 3-4 раза быстрее, чем ТЭС, высокой маневренностью, что важно при пиковых нагрузках, возможностью накопления энергии. По данным «РусГидро», Россия имеет в эксплуатации 102 гидроэлектростанции и занимает второе место в мире после Китая по обеспеченности гидроэнергетическими ресурсами.

Одним из препятствий на пути развития гидроэнергетики является удаленность основных потребителей энергии от крупных потребителей, в основном в центральной и восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Также есть сложности с водохранилищами, они способствуют изменению климата в прилегающих районах. При строительстве водохранилища затопляются земли и нарушаются естественные нерестилища, но это обратимые экологические изменения.

Особенно перспективно, по мнению специалистов, строительство малых ГЭС (МГЭС) – например, на горных реках мощностью не более 5 МВт. МГЭС часто создаются в отдаленных районах, куда проблематична доставка топлива для ТЭЦ (уголь, дизельное топливо и т.д.). Перспективное развитие гидроэнергетики в России связано с освоением рек Сибири и Северного Кавказа в связи с большим гидроэнергетическим потенциалом горных рек по сравнению с равнинными реками [3].

При строительстве водохранилищ малых ГЭС не изымаются из землепользования большие площади плодородных земель. Например, в

Кабардино-Балкарии введена в эксплуатацию малая ГЭС мощностью 1100 кВт. В Республике Тыва и на Алтае построены три малые ГЭС мощностью от 10 до 50 кВт. В Карельской и Ленинградской области - 4 мини- ГЭС от 10 до 50 кВт.

Технический потенциал малой гидроэнергетики России очень высок и составляет около 360 млрд кВт· ч в год, а это около трети потребляемой энергии в России. ГЭС не требует никакого топлива, платина может служить более 100 лет. Поэтому ГЭС часто сравнивают с вечным двигателем [4]. По ГЭС практически нулевые выбросы парниковых газов. Появляются ГЭС, работающие без персонала благодаря дистанционному управлению. Средний возраст гидроэлектростанций России 54 года. Потребность в новых генерирующих мощностях определяет необходимость дальнейшего развития гидроэнергетики России. В рамках отраслевой дискуссии глава АО «СО ЕЭС» Ф.Ю. Опадчий подчеркивает, что для развития отрасли, необходимо решить две важнейшие задачи: нужно научиться считать комплексный экономический эффект от строительства ГЭС и решать проблему стоимости капитала, который привлекается для строительства гидроэлектростанций и производства гидроэнергетического оборудования.

Строительство ГЭС дает дополнительные эффекты: эффект развития дорожных сетей, так как часто плотины используются вместо дорожных сооружений; водохранилища способны срезать пики наводнений и защищать территории от паводков. ПАО «РусГидро» прорабатывает возможность начало возведения в Амурской области Нижне-Зайской (400МВт) и Селемджинской (100МВт) ГЭС [5-8]. Таким образом, есть все основания считать, что в ближайшей перспективе в России будет вновь востребовано строительство гидроэлектростанций, к этому есть все предпосылки, продиктованные экологическими и рыночными условиями.

Литература:

1. Соловьев Д.А. Проблемы и перспективы интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные электроэнергетические рынки Евразии // Энергетическая политика. 2014. № 3. С. 33-39.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. М.: Энергия, 2010. 184 с.
3. Проект Энергетической Стратегии России на период до 2035 года. М.: Минэнерго РФ, 2014.
4. Мельник С.Г., Хазиахметов Р.М. Вечный двигатель. Волжско-Камский гидроэнергетический каскад: вчера, сегодня, завтра. М.: Новости, Юбилейная летопись, 2007. 352с.
5. Баденко Н.В., Ваксова Е.И., Иванов Т.С. Оценка перспективности гидроэнергетического строительства в регионах РФ на основе метода анализа иерархий // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 4 (48). С. 47-48.
6. Гамзатов Н.Г., Бондарев В.А., Рамазанова Г.Г. Философские основы решения проблем энергетики XXI века // Научный поиск в современном мире: традиции и

инновации: Материалы XII Международной научно-практической конференции преподавателей высших учебных заведений, Балашиха, 27 ноября 2020 года. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2020. С. 312-314.

7. Гамзатов Н.Г., Рамазанов Т.К., Липа О.А., Рамазанова Г.Г. Использование водорода в силовых агрегатах в АПК // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Балашиха, 09 декабря 2021 года. – Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. – С. 117-124.

8. Рамазанова Г.Г., Волков Д.А., Карабанова А.А. Прогресс применения технологии магнитокалорического эффекта (МКЭ) манганитов // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. – Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. – С. 149-153.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ
ТРАНСФОРМАЦИИ**

*МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ*

27 апреля 2023 года

Подписано в печать 15.05.2023 г. Формат 60x84 1/16
Отпечатано на ризографе. Печ. л. 12,5 Уч.-изд. л. 9,84
Тираж 100 экз. Заказ 49

Издательство ФГБОУ ВО РГАЗУ
143907, Московская обл., г. Балашиха, ш. Энтузиастов, д. 50