

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ
И ПРОГРЕСС В АГРОТЕХНИЧЕСКИХ И
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

***МАТЕРИАЛЫ II ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ***

24 ноября 2022 года

Балашиха 2022

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ И
ПРОГРЕСС В АГРОТЕХНИЧЕСКИХ И
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

*МАТЕРИАЛЫ II ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ*

24 ноября 2022 года

Балашиха 2022



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

ФГБОУ ВО РГАЗУ

**САМЫЙ КРУПНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВУЗ
ПОДМОСКОВЬЯ ПРИГЛАШАЕТ НА ОБУЧЕНИЕ**

ПЕРЕИМАЕМ ОПЫТ
СОЗДАЕМ СЕГОДНЯ
РАСТУМ БУДУЩЕЕ



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 АГРОПЧВОВЕДЕНИЕ** - «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» / «ОХОТОВЕДЕНИЕ»
- ▶ **ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА**
- ▶ **ПРИРОДОБУСТРОЙСТВО 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»

* ЗАЧЁНОЕ ОБУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНО ТОЛЬКО ДЛЯ ЛИЦ, ИМЕЮЩИХ ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ (ФГОС 3+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
ОХОТОВЕДЕНИЕ 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» / «ОХОТОВЕДЕНИЕ»
- ▶ **ПРИРОДОБУСТРОЙСТВО 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 001.895:63(042.3)

Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / Российский государственный аграрный заочный университет. – Балашиха: Изд-во ФГБОУ ВО РГАЗУ, 2022. – 164 с.

В сборник включены материалы II Всероссийской научно-практической конференции преподавателей вузов, аспирантов и студентов, проходившей 24 ноября 2022 года на факультете электроэнергетики и технического сервиса Российского государственного аграрного заочного университета.

Сборник предназначен для преподавателей, аспирантов и студентов.

Редакционная коллегия: Гаджиев П.И., д.т.н., профессор; профессор; Тетдоев В.В., д.т.н., профессор; Закабунин А.В., к.т.н., доцент; Кулаков К.В., к.т.н., доцент; Рамазанова Г.Г., к.т.н., доцент

Рецензенты: Тихомиров Д.А., д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; Алдошин Н.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»

Издание осуществляется с авторских оригиналов

© Российский государственный аграрный
заочный университет, 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АПК

Горюнов С.В. ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШНЕКОВ КАК РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ СОРТИРОВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ	6
Кузьмин А.М., Корешкова Т.В., Чалганов Д.К. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СДВИГОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ СТЕБЛЕЙ СОЛОМЫ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР	12
Кузьмин А.М., Вилсон Узочукву Эже (Wilson Uzochukwu Eze), Сивцов В.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	17
Калентьев Д.В., Сивцов В.Н., Граблев А.А. ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ НЕПОДВИЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	24
Петров Д.О., Сивцов В.Н., Лобков Р.В. ДЕФЕКТЫ И ИЗНОСЫ ЧУГУННЫХ БЛОКОВ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	28
Сивцов А.В., Домников Г.С., Рамазанова Г.Г. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ	31
Рязанов А.А., Акулова А.А., Гаджиев П.И. ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ФРЕЗОЙ	36
Зимин В.К., Сметнев А.С., Цыганков М.О. ОБОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТАНА УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В АПК	41
Сметнев А.А., Юдин Ю.Б., Цыганков М.О. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ	46
Матюнин А.А. О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОМБИНИРОВАННЫХ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ	52
Федяшов И.С. РЕГЕНЕРАЦИЯ МОЮЩИХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН, ИХ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ И ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ	55
Щекин Д.В. НАНОСТРУКТУРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ	59
Горин А.В., Хисматуллина Ю.Р., Махмутов М.М. СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ПОСЕВОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ	62
Гаджиев П.И., Махмутов М.М., Хисматуллина Ю.Р. УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАШИН ДЛЯ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ	65

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ В АПК

Еремин М.Ю., Аксенов И.И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРОТЕКАНИИ ТОКА	71
Лакомов И.В. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	76
Еремин М.Ю., Еремин А.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СГЛАЖИВАЮЩЕГО ФИЛЬТРА В НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ	80

Еремин М.Ю., Еремин А.М. КОМПЕНСАЦИЯ ПОТЕРЬ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С АКТИВНО-ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ	84
Корольков С.А., Липа Д.А., Липа О.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИТИ-ФЕРМЕРСТВА ПУТЕМ ПРОЦЕССОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ МИКРОКЛИМАТА ПРИ ГИДРОПОННОМ ВЫРАЩИВАНИИ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР	88
Шичков Л.П., Киселев А.В. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАСПРЕДЕЛЁННОГО ЭЛЕКТРООБОГРЕВА ПЧЕЛИНЫХ УЛЬЕВ НА ПАСЕКЕ	93
Афонин А.К., Акулов В.И., Закабунин А.В. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ДЛЯ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК	97
Бородин С.В., Казаков А.А., Сероватко П.Г. МЕРОПРИЯТИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	103
Сидоров А.В., Наранова В.В., Кузнецов М.И. SCADA TRACE MODE В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	108
Вешкин А.А., Лантрат Ю.В., Гришин Д.С. К ВОПРОСУ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В АПК	115
Прошкин В.Б., Плац Д.М., Котов М.А. О ПРОБЛЕМАХ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА	118
Умаров А.М., Ахмедова А.П., Расторгуев В.М. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ АПК СРЕДСТВАМИ АВТОМАТИЗАЦИИ	123
Карасев М.Ю., Попова М.В. АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ АПК	127
Волков Д.А., Попова М.В. ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВООБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ	133
Ильин Д.О., Буш Г.А., Пушкарев Е.А. ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХПРОВОДНИКОВОГО ИНДУКТИВНОГО НАКОПИТЕЛЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ	137
Баталина П.И., Попова М.В. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	144
<i>ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ</i>	
Тетдоев В.В., Хисматуллина Ю.Р., Махмутов М.М. ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, НЕФТЕПРОДУКТОВ И НЕФТИ	149
Тетдоев В.В., Заикина И.В., Кондаурова Н.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ	153

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АПК

УДК 631.362.3:633.491

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШНЕКОВ КАК РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ СОРТИРОВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ

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: mpipppg@rgazu.ru.

В статье проанализировано состояние вопроса, касающегося сортирования картофеля. Проведен обзор существующих машин для разделения картофеля на фракции. На основании проведенного обзора дана оценка машин, применяемых для сортирования картофеля. Отмечены основные недостатки, присущие наиболее распространенным машинам. С целью устранения отмеченных недостатков предложена новая конструкция машины для сортирования картофеля. В качестве рабочего органа предлагается использовать вертикально установленный шнек. Кожух шнека имеет сортирующие решета, установленные на разной высоте. Отличительной особенностью предложенного шнека является наличие наклона витков к валу. Наклон предусмотрен в сторону противоположную движению материала. Это обеспечивает скатывание клубней к сортирующим решетам. Проведен анализ работы предложенной конструкции. Определен закон движения центра масс клубней. Дано дифференциальное уравнение движения центра масс клубня при его взаимодействии с витком и кожухом шнека. Определена минимальная угловая скорость вращения шнека, при котором возможен подъем клубня.

Ключевые слова: сортирующие решета, фракция клубня, шнек, угол наклона витка, закон движения, дифференциальное уравнение.

Сортировальные машины используются как для предварительной сортировки картофеля при складировании и выгрузке, когда производят отделение мелкой фракции, так и для предпродажной подготовки.

При выборе машин для сортирования картофеля необходимо отталкиваться не только от технологических, но и от экономических показателей. К технологическим показателям можно отнести производительность машины, качество разделения, количество травмированных клубней, наличие которых неизбежно при использовании любых рабочих органов. С экономической точки зрения необходимо учитывать капитальные вложения (стоимость самой машины, ее монтажа, стоимость зданий, сооружений и др.) и эксплуатационные расходы (стоимость электроэнергии или топлива для привода рабочих органов, заработная плата обслуживающего персонала и т.д.). Поэтому выбирая машину для сортирования картофеля необходимо ориентироваться на оптимальное сочетание этих показателей.

Стандарты не устанавливают единого подхода к сортированию

клубней, а также нет единого подхода к точности сортировки, поэтому машины для разделения картофеля на фракции содержат большое разнообразие рабочих органов.

По типу исполнительного органа картофелесортировальные установки делятся на роликово-валиковые, грохотные, транспортерные, барабанные и комбинированные.

Установки для сортирования картофеля роликово-валикового типа применяются с продольным и поперечными рабочими органами, представляющими собой профилированные вальцы с вращением в одном направлении. В зазоры, образованные впадинами смежных роликов, проходят клубни соответствующих размеров.

Установки грохотного типа с сортирующей поверхностью в виде плоского решета применяются с параллельным и с последовательным расположением рабочих органов. Недостатками данного типа установок являются наличие большого количества трущихся и изнашивающихся деталей, неуравновешенность рабочего органа, сложность конструкции, большая энергоемкость, наличие возвратно-поступательных движений рабочего органа, что обуславливает сложность механизмов привода.

Машины для сортирования картофеля транспортерного типа бывают струнные и ременные. Недостатки присущие установкам транспортерного типа это невысокая точность сортирования, обусловленная тем, что картофельный ворох движется совместно с лентой, соответственно имеется слабое взаимодействие картофеля с сортирующими щелями, малая производительность.

Ленточное устройство для сортирования клубней картофеля позволяет добиться высокого качества сортирования путем реализации параллельной схемы разделения фракции картофеля. Недостатками являются низкая производительность, высокая энергоемкость, сложность конструкции.

Барабанный сортировщик имеет в качестве рабочего органа цилиндрическое или коническое решето. Установки для сортирования картофеля барабанного типа обеспечивают высокую точность сортировки, имеют несложную конструкцию, просты в обслуживании и надежны в работе, но наблюдается чуть повышенная повреждаемость картофеля.

Оптико-электронные сортировальные машины с оптическими системами датчиков, которые регистрируют различные параметры величин клубней, довольно сложны по конструкции, имеют высокую стоимость, их обслуживание требует наличие высококвалифицированных специалистов.

Комбинированные рабочие органы включают в себя различные типы сортирующих поверхностей для выделения той или иной фракции.

Обзор существующих конструкций машин для сортирования картофеля показал, что большинству из них присущи сходные недостатки. Это, прежде всего большие габаритные размеры и соответственно занимаемые оборудованием площади, а также высокий расход энергии,

связанный с большим количеством рабочих органов и вспомогательного оборудования в виде питателей и транспортеров для подачи обрабатываемого сырья, и отвода обработанного продукта.

Для многих сельскохозяйственных предприятий наличие крытых отапливаемых площадей является большой проблемой.

Вариант использования шнеков как рабочих органов для разделения картофеля на фракции практически не рассматривается, поскольку считается, что острая кромка витка приведет к повышенному повреждению клубней. Несомненно, это будет наблюдаться при использовании шнековых машин в горизонтальном и наклонном исполнении, когда клубни по кожуху перемещаются витками, по сути, волочением. Если же конвейер расположить вертикально, то учитывая форму клубней и особенности движения материала вверх по винтовой линии можно рассматривать взаимодействие клубней с поверхностями витка и кожуха не как трение скольжения, а как трение качения.

Конструкция подобной машины для сортировки картофеля достаточно проста, не требует специального обслуживания, потребляет незначительную мощность, соизмеримую с мощностью традиционного винтового конвейера и занимает минимальную площадь. При этом отсутствуют дополнительные питатели и транспортеры для отвода отсортированных клубней.

Вкратце описать устройство можно следующим образом. Имеется загрузочный бункер, в который клубни подаются из саморазгружающихся транспортных средств. Вертикально установленный шнек поднимает материал в рабочую камеру, которая представляет собой кожух шнека, имеющий на различных высотах сортирующие решета с ячейками разного размера. Шаг винта и разница между диаметрами вала и витка должны превышать максимальный размер обрабатываемых клубней в 1,5...2 раза. При этом основной особенностью шнека является расположение витков под углом к оси вала с наклоном в сторону противоположную движению. Необходимо это прежде всего для того, чтобы обеспечить скатывание клубня к ячейкам сортирующих решет. Кроме того, подобный наклон позволит значительно уменьшить взаимодействие картофеля с острыми кромками витка шнека, что обеспечит снижение повреждаемости клубней. Выгрузка отсортированного материала обеспечивается за счет действия силы тяжести по спускным лоткам.

Судя по плану сил (рис. 1а), на клубень во время движения действуют силы тяжести G , нормальные реакции от поверхностей винта и кожуха шнека N_1 и N_2 , силы трения о поверхность винта $f_1 N_1$ и поверхность кожуха $f_2 N_2$. Здесь f_1 и f_2 соответственно коэффициенты трения клубня о поверхности винта и кожуха.

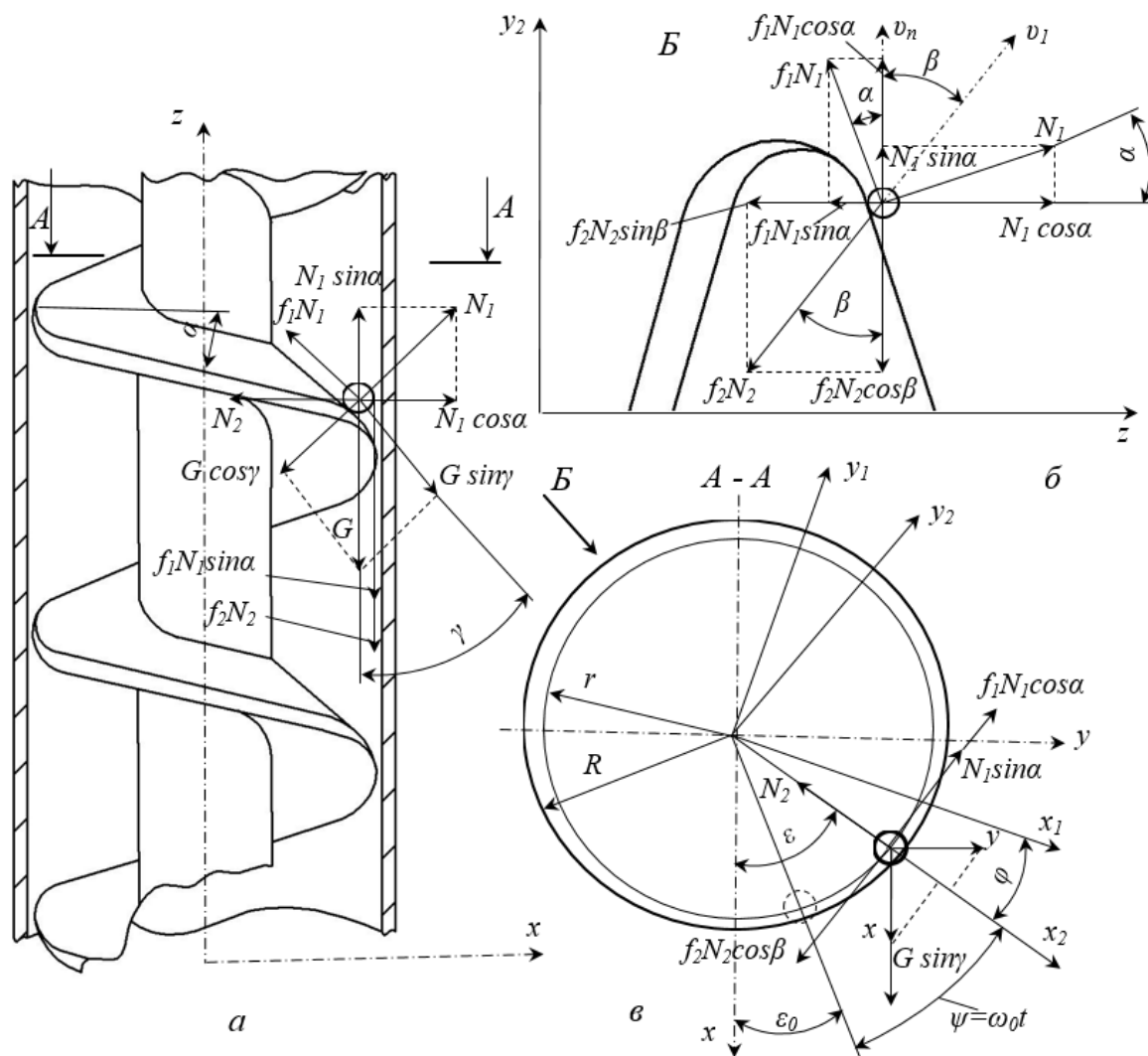


Рис. 1. План сил взаимодействия клубня с витком и кожухом шнека

Для анализа движения клубня зададимся тремя системами координат (вид Б на рис. 1б). Одна из них – это неподвижная система координат XYZ корпуса шнека. Следующая система координат $X_1Y_1Z_1$ – вращается относительно оси OZ с угловой скоростью ω_0 и связана с самим шнеком, и третья система $X_2Y_2Z_2$, связанная с клубнем. Тогда ε и ε_0 – это текущий и начальный углы отклонения клубня от вертикальной плоскости, ψ – угол поворота шнека относительно начального положения клубня, φ – угол отклонения клубня относительно подвижной системы координат $X_1Y_1Z_1$.

Закон движения центра масс клубней описывается следующей системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} m \cdot \ddot{x}_2 = -m \cdot r \cdot \ddot{\omega}^2 = G \sin \gamma \cdot \cos \varepsilon - N_2; \\ m \cdot \ddot{y}_2 = m \cdot r \cdot \ddot{\varepsilon} = -G \sin \gamma \cdot \sin \varepsilon + N_1 \sin \alpha + f_1 N_1 \cos \alpha - f_2 N_2 \cos \beta; \\ m \cdot \ddot{z}_2 = -m \cdot a_\varepsilon \cdot \ddot{\varepsilon} = -G \cos \gamma + N_1 \cos \alpha - f_1 N_1 \sin \alpha - f_2 N_2 \sin \beta. \end{cases}$$

где $\ddot{\varepsilon}$ - угловое ускорение клубня;

$\ddot{\omega}$ - угловая скорость вращения клубня;

r - радиус вращения центра масс клубня относительно оси OZ;

a_ε - параметр конвейера;

α - угол подъема винтовой линии шнека для радиуса r ;

β - угол между векторами переносной v_n и абсолютной v_l скоростей центра масс клубня;

R - радиус кожуха шнека;

S - шаг винта.

Выразим составляющие системы уравнений как

$$a_\varepsilon = \frac{S}{2\pi}.$$

$$\alpha = \arctg \frac{a_\varepsilon}{r}.$$

$$\beta = \arctg \frac{a_\varepsilon (\omega_0 - \ddot{\omega})}{R \cdot \ddot{\omega}}.$$

Тогда получим дифференциальное уравнение движения центра масс клубня при его взаимодействии с витком и кожухом шнека исключив из системы уравнений нормальные реакции N_1 и N_2

$$\ddot{\varepsilon} = \frac{\cos \alpha}{r} \left[\begin{array}{l} \left(g \cos \gamma + f_2 (g \sin \gamma \cos \varepsilon + r \ddot{\omega}^2) \frac{a_\varepsilon (\omega_0 - \ddot{\omega})}{\sqrt{R^2 \ddot{\omega}^2 + a_\varepsilon^2 (\omega_0 - \ddot{\omega})^2}} (\sin \alpha - f_1 \cos \alpha) - \right. \\ \left. - (\cos \alpha - f_1 \sin \alpha) \left(g \sin \gamma \sin \varepsilon + f_2 (g \sin \gamma \cos \varepsilon + r \ddot{\omega}^2) \frac{R \ddot{\omega}}{\sqrt{R^2 \ddot{\omega}^2 + a_\varepsilon^2 (\omega_0 - \ddot{\omega})^2}} \right) \right] \end{array} \right]$$

Это дифференциальное уравнение можно использовать для определения скорости подъема клубня в вертикальном направлении.

Клубни в вертикальном направлении движутся неравномерно, с постоянным движением их вверх наблюдается скатывание по винтовой линии шнека вниз под действием силы тяжести с постоянной угловой скоростью и угловым ускорением равным нулю. Таким образом, клубень находится в шнеке относительно большой промежуток времени.

Согласно полученного дифференциального уравнения движения центра масс клубня при его взаимодействии с витком и кожухом шнека для установившегося движения в вертикальном винтовом конвейере справедлив закон движения

$$g\sqrt{R^2\ddot{\omega}^2 + a_g^2(\omega_0 - \ddot{\omega})^2} \cdot (\sin \alpha + f_1 \cos \alpha) + f_2 r \ddot{\omega}^2 [a_g(\omega_0 - \ddot{\omega})(\sin \alpha + f_1 \cos \alpha) - R\ddot{\omega}(\cos \alpha - f_1 \sin \alpha)] = 0$$

Движение клубня в вертикальном винтовом конвейере возможно при

$$\ddot{\omega} < \omega_0$$

Если угловые скорости будут равны, то клубень не будет иметь поступательного движения. Таким образом, можно определить минимальную угловую скорость вращения шнека, при котором возможен подъем клубня

$$\omega_{\min} = \sqrt{\frac{g \cdot (\sin \alpha + f_1 \cos \alpha)}{f_2 \cdot r \cdot (\cos \alpha - f_1 \sin \alpha)}}.$$

Учитывая особенность движения в вертикальном винтовом конвейере, клубень находится в шнеке относительно большой промежуток времени, что с одной стороны негативно влияет на производительность машины, с другой содействует качеству разделения. Мелкие клубни успевают покинуть рабочую камеру через сортирующие решета, не продвигаясь в результате быстрого перемещения вверх вместе с более крупными клубнями.

Анализируя проведенные исследования можно сделать вывод, что использование шнека как рабочего органа машин для сортирования картофеля вполне допустимо. Данная конструкция машины позволит преодолеть существенные недостатки известных машин аналогичного функционального назначения. Количество поврежденных клубней возможно превысит значение данного показателя для машин с рабочими органами из упругих материалов, но будет сопоставимо с показателем для барабанного сортировщика с цилиндрическое решетом. Для снижения количества поврежденных клубней и обеспечения нормальной работы машины необходимо соблюдение условия

$$\phi < \gamma < \varphi.$$

То есть угол наклона витка к валу шнека γ должен превышать угол качения картофеля φ и, в то же время, должен быть меньше угла трения картофеля ϕ о материал кожуха шнека.

Литература:

1. Рекомендации по проектированию очистителей корнеклубнеплодов шнекового типа от почвы. – Уфа: Издательский центр БГАУ, 2005. – 36 с. ISBN 5–7456–0001–2
2. Основы проектирования и расчет сельскохозяйственных машин / Л.А. Резников, В.Т. Ещенко, Г.Н. Дьяченко и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – 543 с.: ил. ISBN 5–10–000808–3
3. Патент 26015982 Russian Federation, МПК201511037213 A01F 29/00. Шнековый

измельчитель-смеситель кормов / Горюнов С.В., Ферябков А.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Российский государственный аграрный заочный университет. – № 201511037213; заявл. 2015-03-23; опубл. 2016-11-10, – 5 с.

4. Патент 1580161 Russian Federation, МПК201511039305 В01F 7/08. Планетарный шнековый смеситель / Горюнов С.В., Ферябков А.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Российский государственный аграрный заочный университет. – № 201511039305; заявл. 2022-10-19; опубл. 2022-10-19 – 8 с.

5. Горюнов С.В. Исследование работы гребных винтов в качестве рабочих органов планетарных горизонтальных смесителей кормов. / С.В. Горюнов, Н.Г. Спириин // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2012. – 12 (17). – с. 62-67.

6. Патент 1164011 Russian Federation, МПК201210671603 В28С 5/14. Шнековый смеситель / Кравченко И.Н., Горюнов С.В., Михайлов Р.В. и др.; заявитель и патентообладатель Кравченко И.Н. – № 201210671603; заявл. 2012-02-24; опубл. 2012-05-27 – 10 с.

7. Патент 24657642 Russian Federation, МПК201014603005 В02С 18/08. Вертикальный шнековый измельчитель-смеситель кормов / Горюнов С.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Российский государственный аграрный заочный университет. – № 201014603005; заявл. 2010-11-12; опубл. 2012-11-10, – 5 с.

8. Повышение эффективности сепарации картофелеуборочных машин с применением дискового ворошителя / Н.Г. Байбобоев, Ш.Б. Акбаров, П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24. – № 1. – С. 35-39. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-1-35-39.

УДК 620.176.251

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СДВИГОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ СТЕБЛЕЙ СОЛОМЫ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР

Кузьмин А.М., к.т.н., доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», тел. 8-927-17659-60, e-mail: kuzmin.a.m@yandex.ru;

Корешкова Т.В., ст. преподаватель кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел. 8 (495) 521-52-22, e-mail: tatkoreshkova@yandex.ru;

Чалганов Д.К., бакалавр кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», e-mail: mrcxpr@mail.ru

Рассматриваются физико-механические свойства соломы, которые оказывают существенное влияние на процесс измельчения и зависят от вида, сортности,

влажности культуры, состояния почвы и района ее произрастания.

Ключевые слова: солома, физико-механические свойства, скорость резания, температура, злаковые культуры

Солома злаковых культур, большей частью сжигаемая или запахиваемая в землю, может быть использована при измельчении до размера 0,1...0,6 мм в качестве наполнителя в термопластичных композиционных материалах (ДПК или ДПКТ). Отрасль производства и переработки этих конструкционных материалов относится в мире к числу наиболее бурно развивающихся промышленных отраслей.

Физико-механические свойства соломы оказывают существенное влияние на процесс измельчения и зависят от вида, сортности, влажности культуры, состояния почвы и района ее произрастания [1]. Знание этих свойств позволяет выбрать более эффективные способы воздействия рабочих органов измельчающих машин на исходное сырье. От них зависят конструктивные параметры рабочих органов и режимы работы машины, энергозатраты процесса измельчения и качество конечного продукта.

Согласно Н.Е. Резнику [2] применительно к волокнистым (анизотропным) материалам наиболее энергоэффективным способом измельчения является измельчение, основанное на принципе срезывания – скалывания. По его мнению, одним из наиболее важных факторов процесса резания является скорость резания.

В ряде измельчающих машин процесс измельчения совмещен с процессом сушки [3, 4]. Отмечено [5], что повышение температуры влияет на прочностные характеристики противоположно увеличению скорости деформации. Повышение температуры более эффективно при получении грубодисперсных материалов, что объясняется неравномерностью прогрева и созданием тем самым внутренних напряжений в материале. С этой точки зрения можно ожидать высокой эффективности измельчения в мельницах, совмещающих процессы резания и сушки.

Целью данной работы было изучение физико-механических свойств соломы злаковых культур, влияние температуры и скорости резания на показатели энергетических затрат при измельчении.

В качестве объекта исследования была взята солома ячменя сорта «Волжская – 1».

Исследование проводилось на базе Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева», в лаборатории «Энергоэффективные технологии переработки сырья и материалов».

Для определения предела прочности и энергоемкости образования единицы новой поверхности при срезе было разработано устройство для определения сдвиговой прочности растительных материалов (рис. 1), смонтированное в испытательной машине UAI-7000 М (ГОСТ 28840) с термокамерой.

Устройство содержит внешний 1 и внутренний 2 цилиндры, в которых выполнены соосные радиальные отверстия 3 одинакового диаметра, в которых размещены испытуемые образцы 4 с диаметром сечений, равным диаметру отверстий 3. Для повышения точности ориентации образцов меньшего диаметра относительно цилиндрической поверхности сдвига 5 соосные радиальные отверстия 3 одинакового диаметра выполнены по длине внешнего и внутреннего цилиндров в нескольких сечениях, причем с различными диаметрами. Для обеспечения точной фиксации образцов в радиальном направлении цилиндры снабжены охватываемым 6 и охватывающим 7 вкладышами, смонтированными с возможностью аксиального перемещения относительно цилиндров. Нагружение образцов осуществляется через плиты 8, 9 нагружающего устройства (в данном случае испытательная машина UAI-7000 М).

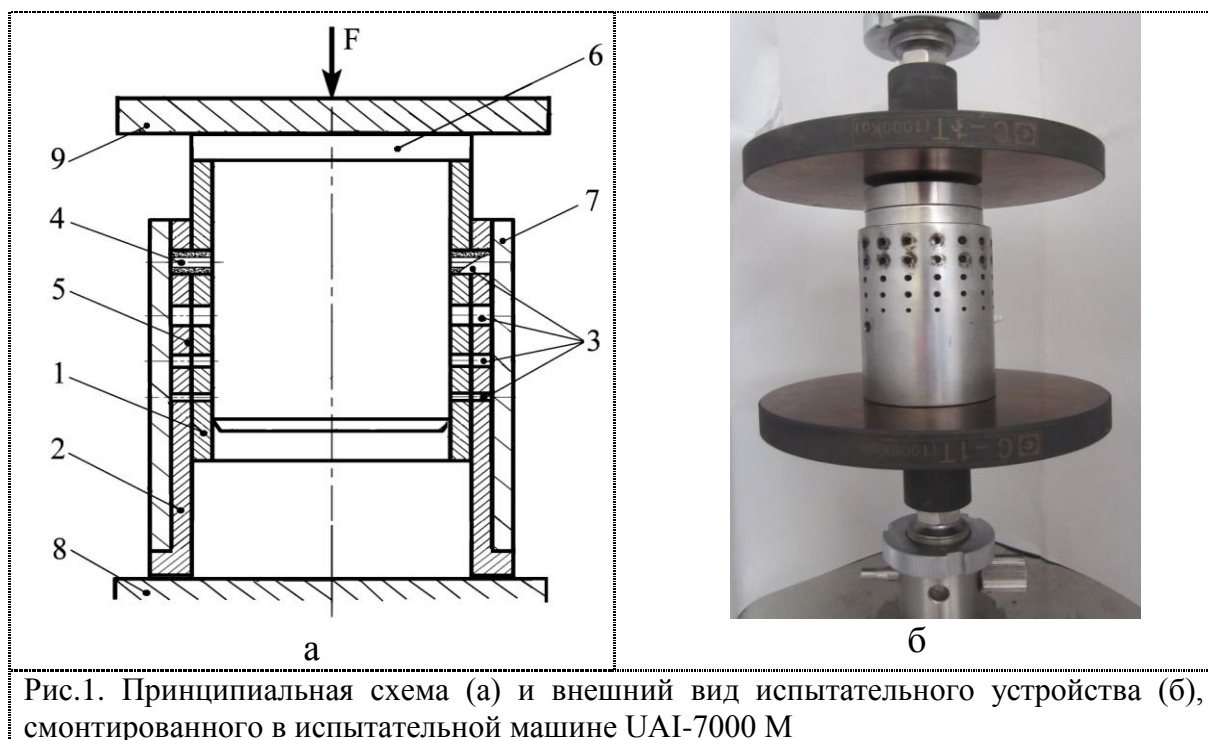


Рис.1. Принципиальная схема (а) и внешний вид испытательного устройства (б), смонтированного в испытательной машине UAI-7000 М

Испытания проводятся следующим образом: из растительного материала одного вида нарезаются образцы 4, у которых измеряется диаметр, толщина стенки (в случае полых образцов) и длина. Диаметр сечений образцов должен соответствовать диаметру отверстий 3, а длина – суммарной толщине стенок внутреннего 1 и внешнего 2 цилиндров. Вкладыш 7 сдвигается вверх, в соответствующие радиальные отверстия 3 закладываются подготовленные образцы 4 и вкладыш 7 возвращается в исходную позицию. Далее цилиндры 1, 2 с вкладышами 6, 7 и размещенными в радиальных отверстиях 3 образцами 4 устанавливаются между неподвижной 8 и подвижной 9 плитами нагружающего устройства. В результате приложения усилия к подвижной плите 9 происходит

аксиальное перемещение цилиндра 1 относительно цилиндра 2 и срез образцов 4 по поверхности сдвига 5. Максимальное усилие сдвига F_{\max} (Н) фиксируется компьютером разрывной машины. Далее цилиндры 1, 2 с вкладышами 6, 7 и разрушенными образцами 4 извлекаются из под плит 8, 9 нагружающего устройства, охватываемый 6 и охватывающий 7 вкладыши сдвигаются вверх, из радиальных отверстий 3 выталкиваются разрушенные образцы, и цикл измерений повторяется.

Сдвиговую прочность растительных материалов с внутренней полостью (например, соломы) определяют по формуле (1):

$$\tau = \frac{4F_{\max}}{\pi \sum_{i=1}^{n=16} [D_i^2 - (D_i - 2\delta_i)^2]}, \text{ [МПа]} \quad (1)$$

где D_i , δ_i – соответственно внешний диаметр и толщина стенки i -го образца, мм; n – количество одновременно нагружаемых образцов, равное количеству соосных отверстий 3 одинакового диаметра в данном сечении цилиндров.

Удельная работа измельчения (энергоёмкость образования единицы новой поверхности при срезе) рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{уд}} = \frac{4E}{\pi \sum_{i=1}^{n=16} [D_i^2 - (D_i - 2\delta_i)^2]}, \text{ [Дж/мм}^2\text{]} \quad (2)$$

где E – работа разрушения (среза) образцов в устройстве (Дж)

$$E = 10^{-3} \int_0^{z_{\max}} F(z) dz, \quad (3)$$

$F(z)$ – функция усилия среза (Н) от аксиального перемещения z (мм) внутреннего 1 цилиндра относительно внешнего 2.

Испытания проведены при температурах 50, 80, 110 и 140 °С и скоростях нагружения 1, 5, 10 мм/мин. Размеры образца (внешний диаметр и толщину стенки) измеряли электронным толщиномером МТ-533 с ценой деления шкалы 0,01 мм и контактным усилием 30±2 г.

Внешний диаметр вычислялся как среднеарифметическое наибольшего и наименьшего значений в пределах одного сечения. Влажность образцов определяли термогравиметрическим методом при помощи анализатора влажности «Эвлас – 2М». Статистическая обработка результатов проведена с помощью программы Microsoft Excel.

На рис. 2 приведена типичная кривая нагружения образцов (температура 50°С; скорость нагружения 1 мм/мин).

В табл. 1 приведены результаты обработки кривых нагружения образцов соломы при различных температурах и средней влажности 8,8 %. В табл. 2 – результаты обработки при различной скорости нагружения.

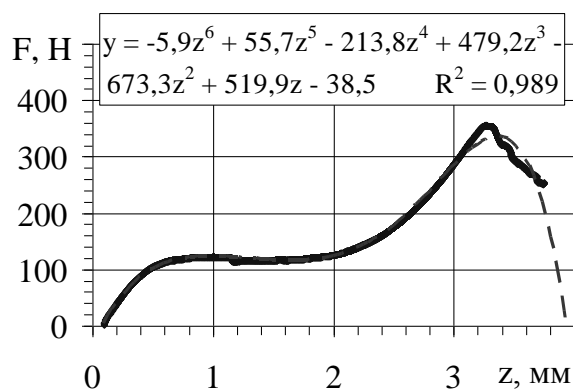


Рис. 2. Типичная кривая нагружения образцов ячменной соломы (сплошная) и тренд кривой (пунктир)

Таблица 1

Характеристики прочности и энергоемкости измельчения ячменной соломы (скорость 1 мм/мин)

№ п.п.	Наименование показателя	Температура, °С				
		25	50	80	110	140
1	Сдвиговая прочность, МПа	5,22	5,72	4,83	3,86	2,80
2	Работа разрушения (среза), Дж	0,44	0,48	0,35	0,29	0,22
3	Удельная работа измельчения, кДж/м ²	8,00	8,42	6,10	5,23	4,10
4	Площадь поперечного сечения нагружаемых образцов (16 шт.), мм ²	54,74	56,96	57,46	55,42	53,61

Таблица 2

Характеристики прочности и энергоемкости измельчения ячменной соломы (температура 25 °С)

№ п.п.	Наименование показателя	Скорость нагружения, мм/мин		
		1	5	10
1	Сдвиговая прочность, МПа	5,22	5,86	5,53
2	Работа разрушения (среза), Дж	0,44	0,16	0,23
3	Удельная работа измельчения, кДж/м ²	8,00	5,99	7,57
4	Площадь поперечного сечения нагружаемых образцов (16 шт), мм ²	54,74	26,7	30,4

Из анализа табл. 1-2, в которых представлены результаты испытаний по 112 образцов ячменной соломы, можно сделать следующие выводы:

- с достоверностью 0,95 при температуре 25°С, средней влажности 8,8% значение сдвиговой прочности составляет $(5,54 \pm 0,35)$ МПа;

- с ростом температуры от 25 до 140°С удельная работа измельчения снижается в два раза, при этом во столько же раз снижается и сдвиговая прочность, что предполагает (при наличии адгезионных связей по поверхности контакта полимера и наполнителя) снижение прочности композитов, в которых используется данный наполнитель;

- максимальная температура измельчения в мельницах, совмещающих

процессы измельчения и сушки не должна превышать 80...100°C.

- сдвиговая прочность и энергоемкость измельчения практически не зависят в исследованном диапазоне от скорости нагружения.

Литература:

1. Бурмистрова, М.Ф. Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений / М.Ф. Бурмистрова, Т.К. Комолькова, Н.В. Клемм и др. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1956. – 343 с.

2. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.

3. Липилин, А.Б. Комбинированная мельница – нагреватель для комплексной переработки растительного сырья / А.Б. Липилин и др. // Полимерные материалы. – 2012. – №9. – 30 – 48 с.

4. Патент № 103754 Российская федерация, МКП В02С 21/00 Устройство для измельчения и сушки древесной щепы и опилок / Слипченко П.П., заявитель и патентообладатель Слипченко П.П. – № 2010143211/21. заявл. 21.10.2010, опубл. 27.04.2011, Бюл. № 30.

5. Кузьмин, А.М. Определение сдвиговой прочности растительных материалов / А.М. Кузьмин, В.Н. Водяков // Сельский механизатор. – 2015. – №8. – С.10-11.

УДК 620.176.251

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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;

Вилсон Узочукву Эже, департамент технологии полимеров Нигерийский институт кожевенной науки и технологий (**Wilson Uzochukwu Eze**, Department of Polymer Technology Nigerian Institute of Leather and Science Technology), тел. +234703-919-49-35, e-mail: wilstyrene@yahoo.ca;

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

В данной работе представлены результаты сравнения способов формования полимеров и композитов на их основе. В качестве объектов исследования были взяты широко распространенные полимеры: полиамид, термоэластопласт и поликетон. На двухшнековом экструдере PolyLab Rheotex RTW 16 получен гранулят композитов на основе полиамида с введением модификаторов шунгита, графита и диоксида кремния. Образцы для испытаний на физико-механические свойства в виде лопаток получены методами литья под давлением на литьевой машине Babyplast 6/10V и компрессионным формованием на гидравлическом прессе Gibitre. Прочность и модуль упругости при растяжении определялись на разрывной машине UAI-7000 M.

Ключевые слова: литье под давлением, компрессионное формование, полиамид, термоэластопласт, поликетон, прочность, модуль упругости.

Из анализа, проведенного в работе [1], следует, что в настоящее время в различных областях техники происходит переход от традиционных антифрикционных материалов (бронз, чугунов и др.) к полимерным композитам, обеспечивающим существенно больший ресурс трибосопряжений. Актуальность задачи повышения их ресурса обусловлена тем, что выход из строя даже одного из многочисленных узлов трения вызывает остановку машины и, как следствие, всей технологической системы, что приводит к значительным экономическим потерям.

Конечные свойства изделий из термопластичных полимеров и композитов зависят как от рецептуры [2], так и способа их изготовления. Подавляющая часть антифрикционных элементов трибосопряжений из полимерных композитов в настоящее время изготавливается методами литья под давлением и компрессионного формования. Выбор рационального способа производства изделий из термопластичных полимеров зависит от условий их эксплуатации.

Преимуществами литья под давлением являются малая трудоемкость изготовления детали, высокая точность размеров деталей с хорошей чистотой поверхности, возможность автоматизации процесса. К недостаткам процесса относят появление в деталях остаточных напряжений и расход материала на литники, необходимые для подвода расплава в форму. В работе [3], в частности, отмечено, что для «литьевых изделий из аморфных полимеров характерны наличие ориентированного поверхностного слоя, неориентированной хрупкой сердцевины и анизотропия механических свойств. Следствием этого являются снижение размерной стабильности изделий при нагреве, а также их склонность к растрескиванию.

Преимуществами компрессионного формования являются: простота пресс-форм, меньшее количество отходов, равномерность распределения давления в пресс-форме, что позволяет добиться более однородного распределения физическо-механических свойств, пониженная усадка и меньший уровень внутренних напряжений в изделии.

Группа исследователей показала возможность изготовления антифрикционных элементов подшипниковых узлов машин с улучшенными трибологическими характеристиками из термопластов методом литья под давлением. Изготовление образцов деталей производилось на литьевой машине «Arburg ALLROUNDER 270V».

В работах зарубежных исследователей показана перспективность метода литья под давлением для изготовления ряда деталей. Отражены, в частности, эффекты ориентации волокон в наполненных термопластичных

композитах.

Целью данной работы является исследование влияния метода формования на значения физико-механических характеристик стандартных образцов, сформованных из термопластичных полимерных материалов.

Объектами исследования были выбраны следующие материалы:

- полиамид 6 (ПА 6) ОАО «Гродно Химволокно»;
- композит состава 97,5% ПА 6+2 % шунгита+0,5% графита;
- композит состава ПА 6 + 5% нанокристаллического диоксида кремния (SiO₂);
- термоэластопласт марки *Enflex V-900* фирмы «*Ravago Petrocimyа*»
- поликетон марки M330A фирмы «*HYOSUNG*»;

При формовании образцов из композитов (ПА 6 + 5% SiO₂; 97,5% ПА 6+2% шунгита+0,5% графита) использован гранулят, полученный на двухшнековом экструдере PolyLab Rheomex RTW 16.

В рамках данной работы литьевое формование двухсторонних лопаток (ISO 527 – 2, тип 5A), использованных для физико-механических испытаний, осуществляли на термопластавтомате *Babyplast 6/10V* (Италия) (рис. 1).

Технические характеристики машины: диаметр поршня – 18 мм; объём впрыска – 15 см³; давление литья – 815 кг/см²; усилие запираания – 6250 кг; усилие раскрытия – 400 кг; ход подвижной плиты – 30...110 мм; усилие выталкивания – 920 кг; ход выталкивания – 25 мм; давление в гидросистеме – 130 кг/см².

Параметры литьевого формования полиамида и композитов на его основе: температура пластикатора – 235°C; температура пресс-формы – 30°C; температура инжекционного цилиндра – 240°C; усилие смыкания полуформ – 50 кН; объём впрыска – 3,5 см³; давление впрыска – 56 МПа; скорость впрыска составляла 12,9 мл/с; длительность цикла – 30 с.

При литьевом формовании образцов из поликетона температура пластикатора составляла 240°C; температура инжекционного цилиндра – 250°C; длительность цикла 60 с.

При литьевом формовании образцов из термоэластопласта температура пластикатора составляла 230°C; температура инжекционного цилиндра – 235°C; длительность цикла 60 с.

Остальные параметры процесса литьевого формования не изменялись.

Компрессионное формование образцов (пластины размером 200×200×1 мм) из указанных полимерных материалов проводили на гидравлическом прессе *GT-7014-H50C*.

Режимы компрессионного формования образцов из полиамида и композитов на его основе: температура плит пресса 240°C, усилие 100 кН, время прессования 10 мин, охлаждения (до температуры 100°C) – 20 мин.

При формовании образцов из поликетона температура плит пресса составляла 250°C. Остальные технологические параметры не отличались от

предыдущих.

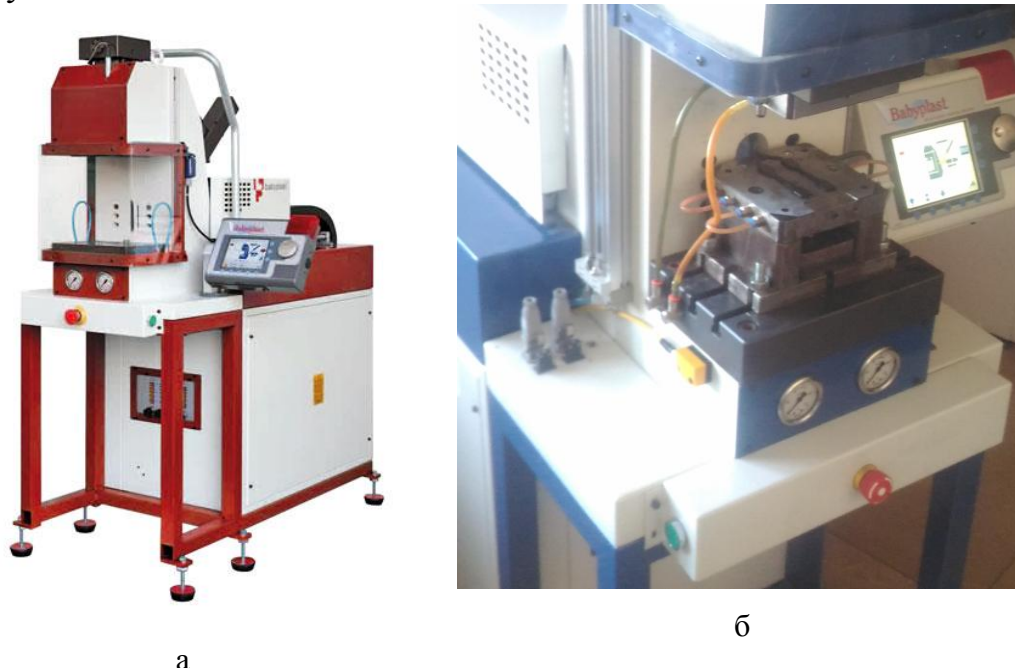


Рис. 1. Внешний вид термопластавтомата *Babyplast 6/10V* (а) и пресс-формы с полученной отливкой (б)

Для образцов из термоэластопласта температура плит пресса составляла 180°C , время прессования 5 мин, охлаждения (до температуры 70°C) – 15 мин. Из каждой пластины вырубали штанцем по 5 образцов (тип 1) для испытаний по ГОСТ 11262-2017. Физико-механические испытания (в пятикратной повторности) проведены на разрывной машине *UAI-7000 M* при температуре $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ и скорости растяжения 10 мм/мин.

В связи с тем, что растяжение образцов, полученных литьем под давлением, после достижения предела вынужденной эластичности сопровождалось развитием больших деформаций с ориентацией полимерных цепей и упрочнением полимера, текущие значения напряжений (МПа) вычисляли, как истинные, по формуле:

$$\sigma = lF / (l_0 A_0), \quad (1)$$

где l и $l_0 = 25$ – значения текущей и рабочей длин образца, мм; A_0 – начальная площадь сечения, мм^2 , F – текущее значение усилия растяжения, Н.

Деформацию растяжения вычисляли в мере Генки по формуле:

$$\varepsilon_H = \ln(l/l_0) \quad (2)$$

Значения модулей упругости (МПа) определяли как тангенсы угла наклона касательных к начальному и конечному прямолинейным участкам кривых $\sigma = f(\varepsilon_H)$. Обработка результатов эксперимента проводилась с помощью программы *Microsoft Excel*.

Результаты физико-механических испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики полимеров и композитов на их основе
(k_b – относительное стандартное отклонение)

Показатель	Предел вынужденной эластичности, МПа	Предел прочности, МПа	Модуль начальный, МПа	Модуль конечный, МПа	Деформация при разрыве по Генки, отн. ед.
ПА 6 (литье под давлением)					
Ср. знач.	44,4	395	848	768	1,53
Ст. откл.	2,1	42,8	20,8	69,2	0,05
$k, \%$	4,67	10,8	2,44	9,0	3,3
ПА6 (компрессионное формование)					
Ср. знач.	40,2	123	1764	–	0,62
Ст. откл.	2,1	10,8	324	–	0,03
$k, \%$	5,2	8,8	18,3	–	4,8
ПА6+2% шунгита+0,5% графита (литье под давлением)					
Ср. знач.	60,1	160,6	1450	379,6	1,01
Ст. откл.	3,9	23,5	64,2	59,5	0,11
$k, \%$	6,4	14,6	4,4	15,7	11,4
ПА6+2% шунгита+0,5% графита (компрессионное формование)					
Ср. знач.	-	69,4	1845	–	0,18
Ст. откл.	-	6,7	127,1	–	0,04
$k, \%$	-	9,66	6,89	–	23,2
ПА6+5% диоксида кремния (литье под давлением)					
Ср. знач.	51,8	276,6	1183,8	503,2	1,3
Ст. откл.	1,8	18,2	67,5	80,1	0,03
$k, \%$	3	7	5	15,9	2,0
ПА6+5% диоксида кремния (компрессионное формование)					
Ср. знач.	-	75,7	1983	–	0,24
Ст. откл.	-	6,15	117,2	–	0,07
$k, \%$	-	8,12	5,9	–	30,0
Термоэластопласт (литье под давлением)					
Ср. знач.	-	15,8	1,72	16,8	1,61
Ст. откл.	-	1,1	0,26	1,9	0,27
$k, \%$	-	6,9	15,1	11,3	16,8
Термоэластопласт (компрессионное формование)					
Ср. знач.	-	70,1	3,1	132	2,33
Ст. откл.	-	7,0	0,57	13	0,23
$k, \%$	-	9,9	18,4	9,8	9,9
Поликетон (литье под давлением)					
Ср. знач.	66,5	514,1	781,5	994,9	1,7
Ст. откл.	1,51	23,6	31,2	55,1	0,02
$k, \%$	2,28	4,59	3,98	5,53	1,36
Поликетон (компрессионное формование)					
Ср. знач.	93,4	-	1840	–	0,16
Ст. откл.	7,3	-	248	–	0,02
$k, \%$	7,8	-	13,5	–	6,25

На рис. 2 представлены типичные кривые растяжения образцов полимерных материалов, полученных компрессионным формованием и литьем под давлением.

Из полученных результатов, приведенных в табл. 1 и рис. 2, следует, что метод формования существенным образом влияет на упруго-прочностные характеристики образцов.

Из рис. 2 видно, что все образцы, изготовленные литьевым формованием, за исключением термоэластопласта, обладают более высокой деформируемостью и прочностью, что обусловлено, видимо, протеканием процессов термодеструкции полимера в пластикаторе машины, а также отмеченной выше макромолекулярной ориентацией.

Образцы, полученные компрессионным формованием, имеют более высокие значения начального модуля упругости, который в данном случае является характеристикой эксплуатационных свойств изделий, сформованных из данного полимерного материала. Из графиков следует, что на начальном участке кривых при уровне деформаций не превышающем 0,1 отн. ед. несущая способность изделий из полиамидных композитов и поликетона, полученных компрессионным формованием, будет в 1,3-1,6 раза выше.

Наиболее высоким пределом прочности обладают образцы из поликетона и полиамида, полученные методом литья под давлением ($514,1 \pm 23,6$ и $395 \pm 42,8$ МПа). Более высоким начальным модулем ($1983 \pm 117,2$ МПа) обладают образцы из полиамида, модифицированного диоксидом кремния, полученные методом компрессионного формования.

Принципиально иное поведение проявляют образцы из термоэластопласта. В данном случае все физико-механические характеристики образцов, полученных компрессионным формованием существенно выше характеристик образцов, сформованных литьем под давлением: начальный модуль выше в 2 раза, конечный модуль – в 7,8 раза, прочность – в 4,5 раза. Термопластичные эластомеры, как известно [4], являются двухфазными системами, содержащими мягкие эластичные и жесткие термопластичные компоненты. Можно предположить, что пластикация расплава данного полимера в литьевой машине сопровождается его существенной термодеструкцией.

Из полученных результатов следует, что, несмотря на ряд отмеченных выше преимуществ литьевого формования, в ряде случаев более предпочтительным может оказаться метод компрессионного формования.

Образцы, полученные компрессионным формованием, имеют более высокие значения начального модуля упругости, который в данном случае является характеристикой эксплуатационных свойств изделий, сформованных из данного полимерного материала.

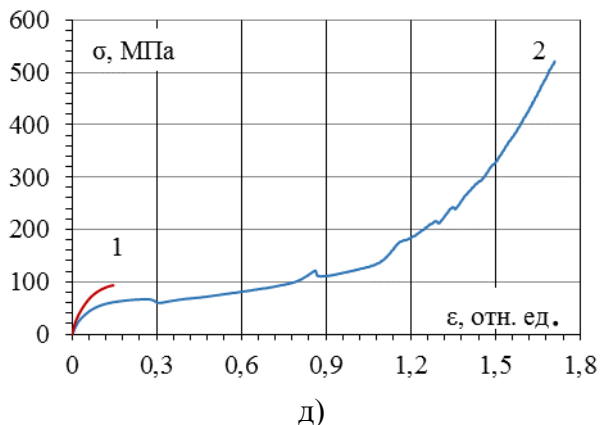
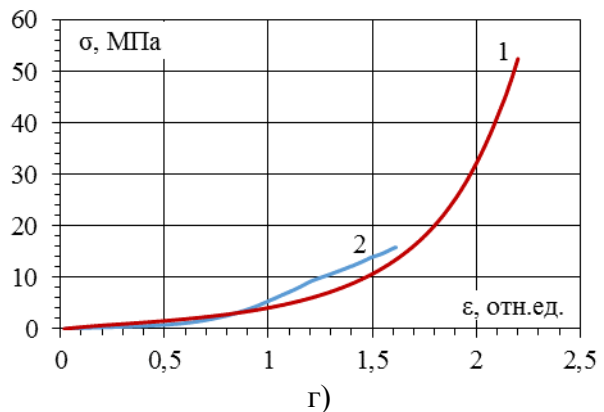
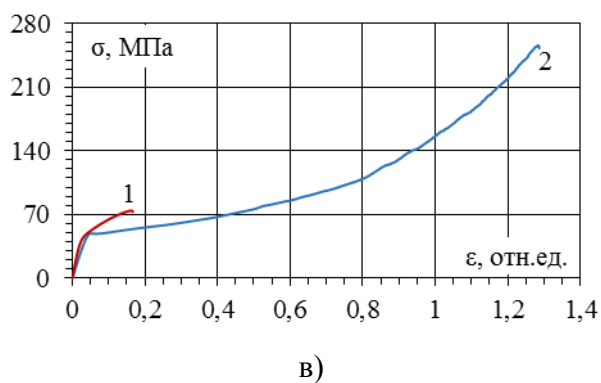
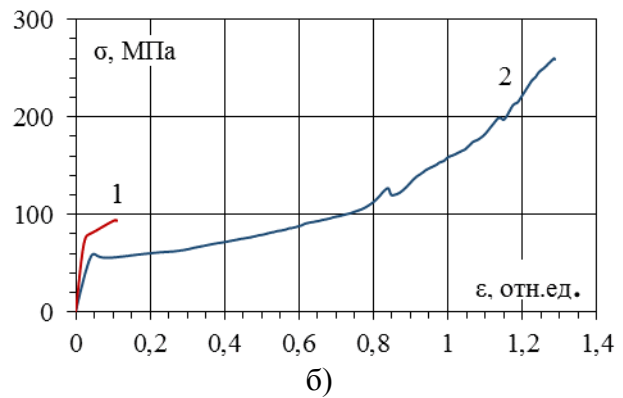
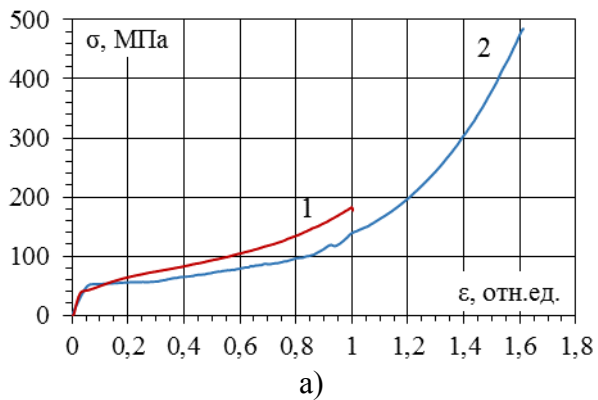


Рис. 2. Типичные кривые растяжения образцов полимерных материалов, полученных компрессионным формованием (1) и литьем под давлением (2); составы: ПА 6 (а); 97,5% ПА6 6+2% шунгита+0,5% графита (б); 95% ПА 6 + 5% SiO₂ (в); термоэластопласт марки *Enflex V-900* (г); поликетон марки M330A (д).

Из графиков следует, что на начальном участке кривых при уровне деформаций не превышающем 0,1 отн. ед. несущая способность изделий из полиамидных композитов и поликетона, полученных компрессионным формованием, будет в 1,3-1,6 раза выше.

Таким образом, можно сказать, что под конкретные виды изделия из термопластов необходимо подбирать технологические режимы и способы формования.

Литература:

1. Кахраманов, Н.Т. Износостойкие полимерные материалы. Структура и свойства / Н.Т. Кахраманов, Г.Ш. Касумова, В.С. Осипчик, Р.Ш. Гаджиева // Пластические массы. – 2017. – № 11–12. – С. 8–15.
2. Vodyakov, V.N. New polyamide composites for friction power cylinders of agricultural machinery / V.N. Vodyakov, E.A. Radaykina, A.V. Kotin // Key engineering materials, 816 (2019) 157-161.

3. Барвинский, И.А., Барвинская И.Е. Проблемы литья под давлением изделий из ПМ: неустойчивое заполнение формы / И.А. Барвинский, И.Е. Барвинская // Полим. материалы. – 2009. – № 8. – С. 14 - 21.
4. Вольфсон, С.И. Динамически вулканизированные термоэластопласты: получение, переработка, свойства/ С.И. Вольфсон. – М.: Наука, 2004. - 170с.
5. Кузьмин, А.М. Модификация термопластичных композитов с растительным наполнителем минеральными тонкодисперсными частицами / А.М. Кузьмин, В.Н. Водяков, Е.А. Котина // Вестник технологического университета. – Т.20. – №2. – 2017. – С. 74-77
6. Водяков, В.Н. Модификация полиамидных композитов тонкодисперсным шунгитом и графитом / В.Н. Водяков, А.В. Котин, В.В. Кузнецов, Е.А. Радайкина, А.М. Кузьмин // Сельский механизатор. – №3. – 2020. – С. 34-35.
7. Радайкина, Е.А. Новые полиамидные композиты для восстановления трибосопряжений / Е.А. Радайкина, В.Н. Водяков, А.В. Котин, А.М. Кузьмин // Сельский механизатор. – №11. –2018. – С. 44-45.
8. Рамазанова, Г.Г. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники / Г.Г. Рамазанова, К.В. Кулаков, Т.В. Корешкова // 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 631.3.004.67+621.43.192

ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ НЕПОДВИЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

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

Рассматриваются причины нарушения посадок соединений и увеличения пространственно-геометрических погрешностей расположения деталей.

Ключевые слова: сборочная единица, фреттинг - коррозия, зона трения, точность, амплитуда

При эксплуатации сборочной единицы поверхности деталей изнашиваются вследствие происходящих физико-химических процессов. Это приводит, с одной стороны, к росту зазоров и нарушению посадок соединений, с другой стороны – к увеличению пространственно-геометрических погрешностей расположения деталей. В связи с этим

происходит ухудшение качественных показателей работы машины, а в отдельных случаях и отказ ее узлов.

Главными из причин, вызывающих нарушение неподвижности соединений деталей в эксплуатации являются: фреттинг-коррозия и абразивный износ сопряженных деталей. Фреттинг-коррозия представляет собой разрушение сопряженных поверхностей номинально неподвижных деталей в результате их относительных возвратно-поступательных перемещений с очень малой амплитудой и высокой частотой.

Изучению механизма фреттинг-коррозии посвящены работы многих ученых. Однако механизм фреттинг-коррозии полностью не изучен, что обуславливает наличие нескольких научных подходов к его объяснению.

Имеется два важных отличительных условия этого процесса [1]: во-первых, скорость относительного перемещения контактирующих поверхностей намного ниже, чем при трении скольжения; во-вторых, при фреттинг-коррозии поверхности никогда не выводятся из контакта, а, следовательно, продукты разрушения зачастую не имеют возможности выхода из зоны образования.

При фреттинг-коррозии происходит разрушение оксидных пленок на поверхности посадочного места механическим способом, удаление отделившихся частиц с поверхности в тонко размельченном виде, абразивное воздействие оксидов на поверхность трения.

Процесс разрушения контактирующих поверхностей при фреттинг-коррозии определяется действием механического и химического факторов, которые тесно взаимосвязаны. Причем в начале развития фреттинг-коррозии интенсивность разрушения поверхностей сопряженных деталей определяется в основном механическим фактором. В дальнейшем начинает более существенно проявляться химический фактор, вследствие активации коррозионных процессов в зоне трения.

Исследуя продукты разрушения, были установлены три основные стадии развития фреттинг-коррозии:

- на первой стадии происходит упрочнение поверхности контакта и циклическая текучесть поверхностных слоев сопряженных деталей. Большая часть выступов фактического контакта взаимодействует друг с другом пластически, а разрушившиеся вследствие усталости выступы и срезавшиеся узлы схватывания создают первичные продукты разрушения;

- на второй стадии в поверхностных слоях продолжают накапливаться усталостные повреждения. Скорость изнашивания на этой стадии невелика, и она связана, в основном, с разрушением образующихся на поверхности оксидных пленок. Продукты фреттинг-коррозии, выделяющиеся из зоны трения, состоят из оксида – Fe_2O_3 , присутствуют также оксиды – Fe_2O_3 (Fe_3O_4), коррозионные продукты – $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ и металлические частицы. Объем продуктов изнашивания больше объема разрушенного металла, и при ограниченной возможности их удаления из зоны трения они способны

создавать большие локальные давления;

- третья стадия связана с окончательным разрушением зон повреждения, предварительно разрыхленных усталостными и коррозионными процессами. Продукты фреттинг-коррозии мало отличаются по своему составу от продуктов второго периода. Они характеризуются большей дисперсностью. Интенсивность разрушения находится в прямой зависимости от величины шероховатости сопряженных поверхностей. Чем качественнее обработаны поверхности, тем медленнее развивается процесс фреттинг - коррозии.

Интенсивность разрушения металлов и сплавов при фреттинг-коррозии в значительной степени зависит от параметров внешнего механического воздействия на сопряженные поверхности, из которых наиболее важные следующие: амплитуда относительного перемещения, удельная контактная нагрузка, частота колебаний, количество циклов нагружения.

Другим фактором, влияющим на интенсивность фреттинг-коррозионного изнашивания, является величина шероховатости контактирующих поверхностей. Чем больше шероховатость, тем выше удельная нагрузка в зоне контакта деталей, тем быстрее развивается процесс фреттинг-коррозии. Можно предположить, что по мере разрушения микровыступов и увеличения контакта деталей интенсивность изнашивания будет снижаться. Однако в этом случае происходит рост зазора в соединении и "включается" механизм абразивного изнашивания. Повышенная шероховатость поверхности облегчает доступ кислорода воздуха в зону контакта соединения деталей, что несомненно усугубляет процесс коррозии.

Таким образом, по мнению большинства исследователей, фреттинг-коррозия является доминирующим процессом, влияющим на износ деталей и нарушение неподвижности их соединений. Причем, если присутствие кислорода может уменьшить износ при обычном трении скольжения, то в условиях фреттинг-коррозии кислород усугубляет повреждение.

Основными методами защиты деталей от данного вида изнашивания являются:

1. Предотвращение величины относительного перемещения деталей в неподвижных соединениях.
2. Уменьшение доступа кислорода воздуха в зону контакта деталей.
3. Снижение шероховатости контактирующих поверхностей.
4. Применение менее твердых материалов для одной из деталей.
5. Уменьшение удельного давления в зоне контакта деталей.
6. Перенос относительного движения деталей в промежуточную среду.

Следует отметить, что все вышеперечисленные эксплуатационные факторы тесно взаимосвязаны, а их совокупное влияние может значительно

снижать первоначальную точность размерных цепей сборочной единицы. Так увеличение нагрузки в кинематической паре приведет к повышению интенсивности фреттинг-коррозионного изнашивания, что, в свою очередь вызовет повышение температуры в зоне контакта поверхностей деталей и увеличение их тепловой деформации, а, соответственно, рост зазора в соединении. С другой стороны, повышение температуры увеличит интенсивность пластической деформации материалов деталей, что может несколько снизить интенсивность процесса фреттинг-коррозии [3, 4].

Таким образом, однозначно определить степень влияния отдельных эксплуатационных факторов на изменение размеров деталей в процессе эксплуатации сборочной единицы не представляется возможным. Здесь необходимо разработать комплексный подход к данной проблеме, который учитывал бы тесную взаимосвязь вышеприведенных факторов.

При изменении исходных размеров сопрягаемых деталей в процессе эксплуатации машины, происходит также искажение взаимного положения их осей и поверхностей. Это в первую очередь относится к корпусным деталям. Данные детали агрегатов машин являются, как правило, ресурсными деталями, и, в значительной степени, определяют долговечность всей сборочной единицы [5, 6].

Пространственно-геометрические отклонения корпусных деталей оказывают существенное влияние на условия работы деталей и соединений всей сборочной единицы. Так перекосы осей посадочных отверстий корпусных деталей агрегатов трансмиссии вызывают перекосяк колец подшипников и увеличение неравномерности нагрузки на зубьях шестерен. Отклонение от параллельности осей ведет к изменению межцентрового расстояния зубчатых колес, и как следствие: к возрастанию динамических нагрузок на зубьях, что может привести к их выкрашиванию или даже излому.

Литература:

1. Уотерхауз, Р.Б. Фреттинг-коррозия / Р.Б. Уотерхауз – Л.: Машиностроение, 1976. – 271 с.
2. Беднарский, В.В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В.В. Беднарский. – Рн/Д: Феникс, 2007. – 456 с.
3. Виноградов, В.М. Организация производства технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей: учебное пособие / В.М. Виноградов. – М.: Academia, 2018. – 313 с.
4. Скляр, Д. Ремонт и обслуживание автомобилей / Д. Скляр. – М.: Диалектика, 2018. – 528 с.
5. Исследования эксплуатационных факторов работы транспортных средств на уборке зерновых культур / В.К. Зимин, С.А. Иразиханова, В.В. Тетдоев [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2022. – № 2. – С. 172-174.
6. Рамазанова, Г.Г. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники / Г.Г. Рамазанова, К.В. Кулаков, Т.В. Корешкова // 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 631.3.004.67+621.43.192

ДЕФЕКТЫ И ИЗНОСЫ ЧУГУННЫХ БЛОКОВ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

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

Рассматриваются основные причины появления дефектов и образования износов чугунных блоков цилиндров двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова: *двигатель, базовая деталь, нагрузка, дефект, зазор*

Двигатель по числу отказов в процессе эксплуатации традиционно занимает первое место среди остальных сборочных единиц тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин и другой техники. Это в первую очередь связано с тем, что его эксплуатация сопряжена с большими знакопеременными нагрузками, возникающими в соединениях деталей, значительными температурными перепадами, что приводит к неизбежному нарушению первоначальной размерной, геометрической и пространственной точности элементов двигателя, полученной на стадии его изготовления или ремонта.

Известно, что геометрическая и кинематическая точность любого механизма в значительной степени определяется параметрами точности базовой детали, каковой для двигателя является блок цилиндров. Изменение ряда точностных параметров данной детали в процессе эксплуатации в основном и определяет долговечность как нового, так и отремонтированного двигателя [1].

Из всей совокупности точностных параметров особо выделяют изменение точности размеров и отклонение осей посадочных отверстий коренных опор блоков цилиндров. Ресурс отремонтированных двигателей без восстановления посадочных отверстий коренных опор составляет не более 20-40% от ресурса нового агрегата [2]. В таблице 1 приведены основные дефекты блоков цилиндров, поступающих в ремонт, из которой видно, что все они связаны с точностью посадочных отверстий. Частота

дефектов указанных базовых поверхностей колеблется в пределах 70...95%.

Таблица 1

№ п.п.	Наименование дефектов	Частота, %	
		ЯМЗ-238НБ	КамАЗ-740
1	Отклонение от перпендикулярности посадочных поясков под гильзы к оси коренных опор	85	90
2	Отклонение от соосности гнезд коренных опор	78	96
3	Износ гнезд коренных опор	78	56
4	Отклонение формы гнезд коренных опор	77	70

Изменение геометрической формы, размеров и взаимного расположения несущих поверхностей блока цилиндров является одной из главных причин значительного снижения долговечности механизмов и систем, а соответственно и ресурса двигателей в целом [3].

Так увеличение диаметра посадочных отверстий и отклонение их общей оси относительно оси гильз цилиндров вызывает перекосяк поршня и является основной причиной увеличения овальности зеркала гильзы, повышенного износа поршневых колец и всей цилиндро-поршневой группы в целом, что ведет к сгоранию масляной пленки на стенках цилиндров, снижению мощности двигателя, повышенному расходу топливо-смазочных материалов и т.д.

Увеличение зазора в соединении вкладыш коренной опоры – коренная опора коленчатого вала приводит к снижению давления в смазочной системе, и как следствие к повышенному износу сопряженных деталей, увеличению зазоров в соединениях с полной потерей их работоспособности и выходом двигателя из строя.

Нарушение допустимой соосности отверстий коренных опор наблюдается более чем у 90% блоков цилиндров, поступивших в ремонт. Причем эта величина составляет от 0,18 до 0,25 мм, а по техническим требованиям заводов-изготовителей не должна превышать в среднем 0,02 мм.

Деформация гнезд коренных опор и искривление их общей оси в процессе эксплуатации двигателя не может не отразиться на ресурсе коленчатого вала. При отклонении от соосности гнезд коренных опор, равном 0,1...0,15 мм запас прочности коленчатого вала уменьшается на 40-70%.

Отклонение от соосности является одной из основных причин усталостного разрушения коленчатого вала и пришел к выводу, что смещение гнезд коренных опор приводит к существенным перераспределениям внутренних напряжений в коленчатых валах двигателей. Установлено 5...8 кратное увеличение изгибающих опорных моментов при смещении опор на величину 1/500 от пролета между

опорами, которые снижают запас прочности коленчатого вала в 2... 3 раза.

При деформации гнезд коренных опор блоков цилиндров существенно увеличивается и износ вкладышей. При отклонении от соосности равной 0,04; 0,08; 0,12 и 0,16 мм износ коренных вкладышей соответственно увеличивался в 3; 4; 7,2 и 12 раз [4].

Причиной нарушения пространственно-геометрической точности корпусных деталей является не только их длительная эксплуатация. Новые блоки цилиндров при длительном хранении в результате естественного старения и релаксации остаточных напряжений, претерпевают деформацию, нарушающую соосность гнезд коренных опор. При этом общая ось посадочных отверстий «прогибается» в направлении к верхней привалочной плоскости блока цилиндров [5-7].

Следует также отметить, что у 95-98% отремонтированных двигателей величина микрогеометрических отклонения посадочных поверхностей и точность их расположения в базовых деталях (особенно гнезд коренных опор блоков цилиндров) превышает допуск в 6...10 раз [8].

Таким образом, обеспечение заданной размерной, геометрической и пространственной точности отверстий коренных опор блоков цилиндров как на стадии их изготовления, так и при ремонте является одним из определяющих моментов в проблеме повышения долговечности работы всего двигателя.

Долговечность неподвижных соединений определяется условиями их работы: степенью нагруженности, скоростными режимами, состоянием окружающей среды, квалификацией обслуживающего персонала и др. Значительное количество деталей таких соединений выбраковывают из-за утраты ими как наружных, так и внутренних посадочных размеров в системах «вал» и «отверстие».

В настоящее время для восстановления изношенных поверхностей блоков цилиндров разработано значительное количество способов, чаще всего основанных на сварочно-наплавочных мероприятиях, на нанесении гальванических покрытий и полимерных материалов, установке дополнительных деталей.

Основная трудность реализации способов восстановления связана с механической обработкой поверхностей деталей. Согласно ремонтно-технологической документации допуски на размеры, шероховатость поверхности, геометрические и пространственные отклонения параметров восстановленной корпусной детали в основном должны строго соответствовать аналогичным параметрам новых деталей. 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.

Литература:

1. Надежность и ремонт машин / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
2. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве. Под редакцией Черноиванова В.И. – М.: ГОСНИТИ, 2003
3. Микотин В.Я. Технология ремонта сельскохозяйственных машин и оборудования. – М.: Колос, 2000
4. Усков В.П. Справочник по ремонту базовых деталей двигателей / В.П. Усков. – Брянск, 1998. – 214 с.
5. Сивцов, В. Н. Восстановление ресурсных деталей машин / В.Н. Сивцов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2016. – № 22(27). – С. 21-25.
6. Рамазанова, Г.Г. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники / Г.Г. Рамазанова, К.В. Кулаков, Т.В. Корешкова // 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. Швецов, М.П. Технология восстановления изношенных деталей машин с применением композиционных материалов / М.П. Швецов, В.Н. Сивцов // 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. 50-55.
8. Зимин В.К. Современные тенденции в техническом сервисе сельскохозяйственной техники / В.К. Зимин, А.С. Сметнев // Вестник РГАЗУ. – 2015. – №19(24), – с.69-73.

УДК 631.311

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ

Сивцов А.В., магистрант ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70, e-mail: siwaa@mail.ru;

Домников Г.С., магистрант ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70, e-mail: gleb.dmn@yandex.ru;

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

Рассматриваются все технологические операции интенсивной технологии возделывания и уборки картофеля, позволяющие повысить урожайность данной культуры.

Ключевые слова: интенсивная технология, картофель, тяговая характеристика, качество посадки, урожайность

Оснащение сельскохозяйственных предприятий высокопроизводительной техникой – одно из условий дальнейшего развития сельского хозяйства страны, роста производительности труда, повышения урожайности сельскохозяйственных культур, сокращения трудовых, материальных и денежных затрат.

Картофель имеет слабую корневую систему и не может конкурировать с сорняками, поэтому необходимо при возделывании картофеля особое внимание уделять борьбе с сорной растительностью и стимулировать рост посадок в начальной фазе их развития путем внесения оптимальной дозы удобрений. При этом наиболее эффективно локальное внесение удобрений [1].

Транспортируются и вносятся жидкие органические удобрения (60 т/га) трактором БЕЛАРУС-1522 + МЖУ-16. В это же время обеспечивается заделка органических удобрений трактором БЕЛАРУС-3022 + АПН-6. Затем технологическим звеном обеспечиваются следующие виды операций: погрузка аммиачной селитры в разбрасыватель (0,04 т/га) АМКОДОР-211, транспортировка и внесение аммиачной селитры БЕЛАРУС-820 + МТТ-4У, погрузка и транспортировка семян сидерата в поле (30 кг/га) с загрузкой агрегатов ГАЗ-САЗ-3507Б и в завершении проводится лущение с посевом сидерата БЕЛАРУС-3022 + АПД-7,5 + EuroTurboJet «Super 10». В завершение осеннего периода обеспечивается измельчение и запашка надземной массы сидеральной крестоцветной культуры (120 ц/га) трактором БЕЛАРУС-1522 + ППО-4-40 [2].

Весной звено грузит АФК удобрения марки 16-12-20 в смеситель (азот - 0,016 т/га, фосфор - 0,012 т/га, калий - 0,020 т/га) энергетическим средством АМКОДОР-211, транспортируются и вносятся минеральные удобрения (0,048 т/га) БЕЛАРУС-820 + МТТ-4У, проводится глубокое рыхление на глубину пахоты трактором БЕЛАРУС-3022 + КГР-4. Далее выполняются следующие виды операций: выгрузка семенного картофеля (3,5 т/га) из хранилища АМКОДОР-211 + ОКН-2500, сортировка с переборкой семенного картофеля сортировальным пунктом ПКСП-25, транспортировка семян картофеля (3,5 т/га) и загрузка картофелесажалок ГАЗ-САЗ-3507Б, погрузка нитрофоски (0,02 т/га) АМКОДОР-211, транспортировка и загрузка картофелесажалок нитрофоской ГАЗ-САЗ-3507Б + ЗС-20, транспортировка воды в поле (0,2 т/га) и заправка картофелесажалок БЕЛАРУС-920 + МЖТ-6. Завершаются все операции комбинированной посадкой картофеля агрегатом БЕЛАРУС-820 + Gramer М. Проводится окучивание БЕЛАРУС-820 + КОН-2,8. Далее проводится комплекс мероприятий по химической защите растений: транспортировка воды (0,3 т/га) и заправка опрыскивателей БЕЛАРУС-920 + МЖТ-6, приготовление рабочего раствора и обработка посев гербицидом против сорняков БЕЛАРУС-820 + МЕКОСАН-2500-18. Проводится первая обработка картофеля от фитофторы и колорадского жука

транспортированием воды (0,3 т/га) и заправкой опрыскивателей БЕЛАРУС-920 + МЖТ-6 и внесением инсектицидов и фунгицидов от фитофторы и колорадского жука БЕЛАРУС-820 + МЕКОСАН-2500-18, а вторая обработка картофеля от фитофторы и колорадского жука проводится той же самой техникой.

Осенью создается технологическое звено для уборки, транспортировки и закладки картофеля на хранение: уборка ботвы с измельчением - БЕЛАРУС-820 + БНД-4, уборка картофеля комбайнами БЕЛАРУС-820 + ПКК-2-02, транспортировка картофеля от комбайнов к сортировальному пункту БЕЛАРУС-1522 + ПТС-12, сортировка картофеля на четыре фракции с погрузкой мелкой фракции в транспортное средства, семенной фракции в семенной модуль, продовольственной фракции в контейнеры ПКСП-25, отвозка примесей (2%) БЕЛАРУС-820 + ПСТ-9, транспортировка фракции (18%) к месту потребления автомобилем МАЗ-555142, калибровка семенной фракции (30%) с загрузкой в контейнеры сельскохозяйственной машиной МСЛ-40 и постановка контейнеров (80%) на хранение АМКОДОР-211 + ОКН-2500.

Интенсивная технология возделывания сельскохозяйственных культур характеризуется поточностью производства, комплексностью применения факторов интенсификации, оперативностью выполнения механизированных работ.

Используя интенсивную технологию возделывания и опыт передовых хозяйств, планируется получить в хозяйствах более высокую урожайность картофеля за счет новых высокоурожайных сортов картофеля, внесения оптимальных доз удобрений, комплексной защиты растений, а также применения высокопроизводительных машин, повышающих качество работ [3-5].

Для достижения высокой эффективности использования почвы с целью получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимо следить за ее состоянием, то есть за ее плодородием. Существует необходимость повышения плодородия бедных почв хозяйства. Одним из способов достижения этой цели является способ внесения в почву необходимых элементов, содержащихся как в органических, так и в минеральных удобрениях. При использовании этого способа можно рассматривать перспективное повышение плодородия почвы и, как следствие, урожаев культур [6-8].

Планируемую урожайность сельскохозяйственных культур на перспективу можно установить по следующей формуле [4]:

$$Y_n = [(B_n \cdot C_n \cdot K_{non}) + (D_{NPK} \cdot O_{NPK}) + (D_{OY} \cdot O_{OY})] / 100,$$

где B_n – балл пашни;

C_n – цена балла пашни;

K_{non} – поправочный коэффициент к цене балла пашни, $K_{non} = 0,85$;

D_{NPK} , D_{OY} – оплата минеральных и органических удобрений

соответственно, которые будут вноситься на перспективу, кг/га;

O_{NPK} , O_{OV} – оплата минеральных и органических удобрений урожая, кг/т.

Исходной информацией для разработки технологической карты являются: условия использования техники в хозяйстве, предшественник, нормы и сроки внесения удобрений, химические средства защиты растений, урожайность продукции и дальность перевозки грузов.

При составлении технологической карты в графе 1 наименование сельскохозяйственных работ с краткими требованиями, а также указывается объем работ, выраженный в гектарах (га) площади, в тонах (т) массы материала или в тонно-километрах (т·км) транспортной работы, например: «Транспортировка и внесение органических удобрений (60 т/га), га».

Объем работ (графа 2) определяется по каждой технологической операции, исходя из площади возделывания, планируемых норм высева семян, удобрений, сбора основной и побочной продукции, расстояния перевозок.

Состав машинотракторного агрегата указывается в 3, 4 и 5 графах. В графе 3 указывается марка энергетического средства (БЕЛАРУС-820, МАЗ-555142 и т. д.). Марка сельскохозяйственной машины указывается в 4 графе (МЖУ-16, АПН-6 и так далее (т. д.)). В 5 графе указывается количество машин в агрегате. В состав агрегата включаем машины с наибольшей производительностью, обеспечивающие высокое качество работ и минимальные затраты труда и средств на выполнение механизированных работ.

В графах 6 и 7 указываются сроки выполнения операций. В графе 6 указываем календарные сроки начала работы. Они определяются многолетней практикой производства данных культур в хозяйстве. Своевременность и качество выполнения операций существенно влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. Технологические операции начинаем при таком состоянии обрабатываемого материала, когда обеспечивается наилучшее качество работы. Начало выполнения работ в каждом хозяйстве устанавливается агрономом с учетом состояния почвы прорабатываемого материала. В 7 графе указывается количество рабочих дней на выполнение данной операции. Оно не должно превышать сроков проведения полевых работ в днях, установленных научными учреждениями данной зоны.

В графах 8 и 9 указывается количество персонала необходимого для обслуживания машинотракторного агрегата, механизаторов и вспомогательных рабочих соответственно.

В 10 и 11 графах указывается разряд выполняемых работ механизаторов и вспомогательных рабочих соответственно.

Многие сельскохозяйственные работы и операции технологически

взаимосвязаны. При этом производительность рассчитанного количества агрегатов на отдельных работах и операциях может иметь существенную разницу. Тогда требуется согласование потребного количества календарных дней.

При использовании тракторов (междурядье посадки 70 см) колею устанавливают 1400 мм. Давление воздуха в шинах задних колёс 110 кПа, передних -160 кПа. Длина раскосов – 515 мм, вилки их соединяют с удлинёнными тягами через овальные отверстия. Параметры потенциальной тяговой характеристики трактора Беларус-820 представлены в табл.1.

Таблица 1

Агрофон	Поле, подготовленное под посев					
	показатель	значение показателей на передачах				
Режим эксплуатации			4	6п	5	7п
Ркр=0 (холостой ход трактора)	Vх, км/ч	9,4	9,8	11,1	12,0	12,9
	Gтх, кг/ч	6,6	6,7	7,1	7,4	7,7
Ркр=Ркрн (максимальная тяговая мощность)	Ркрн, кН	14,6	13,6	11,3	9,9	8,7
	Нкрн, кВт	30,2	30,2	29,5	28,6	27,6
	Vрн, км/ч	7,4	8,0	9,4	10,5	11,4
	δ, %	16,8	15,0	11,1	9,0	7,5
	Gтн, кг/ч	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2

Подготовка поля и организация работы посадочных агрегатов заключается в отбивке поворотных полос, разбивке участка на загоны, провешивание линий первых проходов и определение мест заправки семенами. Основной способ движения при посадке – челночный с петлевыми поворотами.

Таблица 2

Технические требования			Коэффициент качества	Метод оценки
контрольный параметр	норма	отклонение		
Высота гребней, см	20-25	±2	1,0	Замер линейкой (в 10-ти местах)
		±3	0,9	
		±5	0,8	
Глубина посадки, см	6-8	0	1,0	Измеряют расстояние от клубня до поверхности поля
		±2	0,9	
		±4	0,8	
Густота посадки, тыс.шт./га (т/га)	50-60 (3,5-4,0)	2-3%	1,0	Подсчитывают число клубней
		3,1-6%	0,9	
		6,1-10%	0,8	
Ширина междурядий, см основных	70	0	1,0	Измеряют линейкой в 10 местах
		±2	0,9	
		±3	0,8	
стыковых	70	0	1,0	
		до 10	0,9	
		11-15	0,8	

Контроль качества посадки картофеля производится в начале работы

и не менее 2-х раз в смену. Оценка качества посадки картофеля представлена в табл. 2.

Литература:

1. Технологии внесения удобрений и применения средств защиты при возделывании картофеля / Макаров В. А. – Росинформагротех, 2020. – 86 с.
2. Технология и оборудование для производства картофеля / Колчина Л.М. – Росинформагротех, 2014. – 164 с.
3. Агрономическая тетрадь. Возделывание картофеля по интенсивной технологии/ Под ред. Хлевногo Б.Ф. – М.: Россельхозиздат, 1996. – 96 с.
4. Картофель: Технологии возделывания и хранения / И.Н. Гаспарян, Ш.В. Гаспарян. – Лань, 2018. – 264 с.
5. Сивцов, А.В. Способы уборки картофеля и агротехнические требования / А.В. Сивцов, Г.С. Домников, В.Н. Сивцов // 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.
6. Гаджиев, П.И. Повышение эффективности обработки почвы для комбайновой уборки картофеля / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, К.А. Манаенков // Наука в центральной России. – 2020. – № 4(46). – С. 33-40.
7. Гаджиев, П.И. Анализ современных технологий возделывания картофеля / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, С.В. Костин // 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. Гаджиев, П.И. Теоретическое исследование подкапывающего лемеха картофелеуборочного агрегата для снижения потерь урожая и эрозии почвы / П.И. Гаджиев, Е.В. Шестакова, Г.Г. Рамазанова // Инженерные технологии и системы. – 2022. – Т. 32. – № 2. – С. 263-278.

УДК 631.311

ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ФРЕЗОЙ

Рязанов А.А., магистрант кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, тел.: 8 (905) 757-90-29

Акулова Н.А., магистрант кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, тел.: 8 (905) 757-90-29

Гаджиев П.И., д.т.н., профессор, профессор кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-38-85, e-mail: pgadjiev@yandex.ru;

В статье рассмотрено математическое обоснование энергоёмкости обработки почвы фрезой. С увеличением рабочей скорости фрезы качество рыхления пласта по коэффициенту рыхления уменьшаются, удельные затраты энергии на обработку пласта уменьшаются, эффективность обработки почвы улучшается.

Ключевые слова: фреза для обработки почвы, нож фрезы, энергоёмкость фрезы.

При возделывании картофеля для обработки почвы широко используются почвообрабатывающие машины с фрезерными рабочими органами, которые могут быть использованы в различные агротехнологические сроки.

Улучшение качества обработки почвы и уменьшение энергоёмкости фрезерования зависит от взаимного расположения и конструктивного исполнения рабочих органов почвообрабатывающих машин [1-3].

Для определения показателя эффективности обработки почвы введём следующие дополнительные обозначения:

M – масса частиц пласта, соударяющихся с рабочей поверхностью ножа за один проход ножа, кг;

q – масса частиц пласта, соударяющихся с рабочими поверхностями ножей фрезы за единицу времени, кг/с;

Q – производительность фрезы, кг/с.

Частицы пласта, соударяющиеся с рабочей поверхностью ножа за один проход ножа, в плоскости вращения барабана заключены между траекторией $a_1a_2a_3$ лезвия и траекторией $b_1b_2b_3$ пятки ножа (рис. 1).

Массу M частиц пласта в области S_{ab} между траекториями $a_1a_2a_3$ и $b_1b_2b_3$ можно рассчитать по формуле

$$M = \iint_{S_{ab}} \rho_b l dx dy,$$

где ρ_b – плотность почвенного пласта, кг/м³;

l – ширина захвата ножа, м.

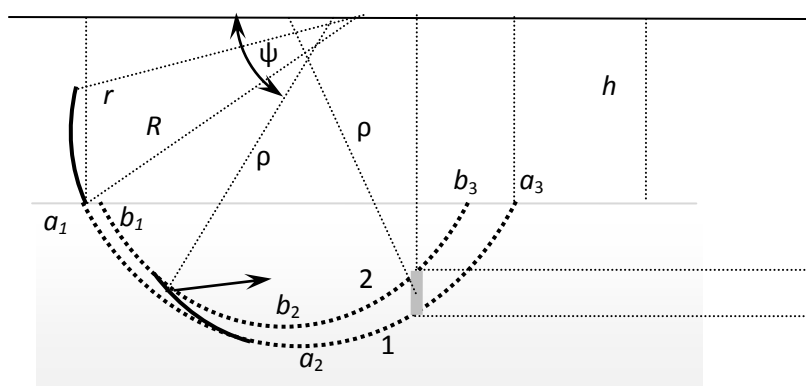


Рис. 1. Траектории 1 лезвия А ножа и 2 пятки В ножа

За время T барабан фрезы совершает $\omega T/(2\pi)$ оборотов и N внедрений ножей в пласт

$$N = \omega T m n / (2\pi)$$

где m – число ножей на окружности барабана;

n – число секций (дисков) барабана.

Очевидно,

$$q = \frac{NM}{T}$$

Подставляя в последнюю формулу выражение для M и N , перепишем ее в виде

$$q = \frac{\omega m n \iint_{S_{ab}} \rho_b l dx dy}{2\pi} \quad (1)$$

По определению,

$$Q = \rho_b w h v_f \quad (2)$$

Введем коэффициент рыхления K :

$$K = \frac{q}{Q},$$

где q и Q вычисляются по формулам (1), (2).

С увеличением коэффициента K качество рыхления повышается [4-6].

Показателем η эффективности обработки почвы будем считать отношение удельной энергоёмкости E обработки пласта и коэффициента рыхления:

$$\eta = \frac{E}{K} \quad (3)$$

С уменьшением затрат энергии и увеличением (улучшением) коэффициента рыхления показатель эффективности уменьшается.

С уменьшением показателя эффективности качество обработки пласта повышается. Энергоёмкость смятия почвы лезвием обусловлена свойствами почвы и толщиной ножа. Она напрямую связана с длиной траектории лезвия, зависящей от скорости корпуса плуга (рис. 2., слева).

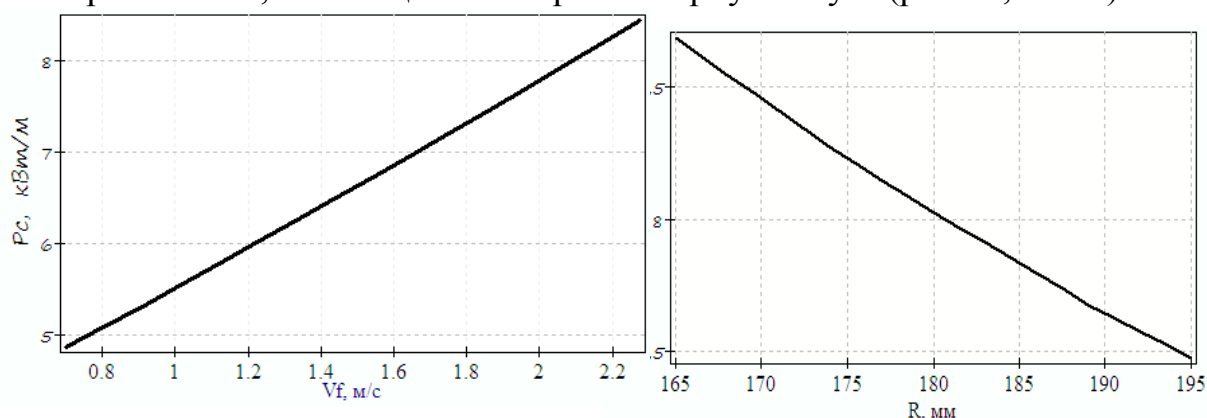


Рис. 2. Зависимости удельной мощности P_c от скорости фрезы (слева) и радиуса барабана при неизменных окружной скорости лезвий ножей, глубине обработки

При прочих равных условиях удельная энергоёмкость смятия пласта уменьшается с уменьшением скорости.

Увеличение радиуса барабана с 165 мм до 195 мм при неизменных окружной скорости лезвий ножей, глубине обработки пласта и скорости фрезы позволяет снизить затраты энергии на смятие пласта на 14% (рис. 2, справа). Затраты энергии на смятие пласта превышают затраты энергии на соударение изогнутых ножей с частицами пласта более чем в 6 раз (рис. 3).

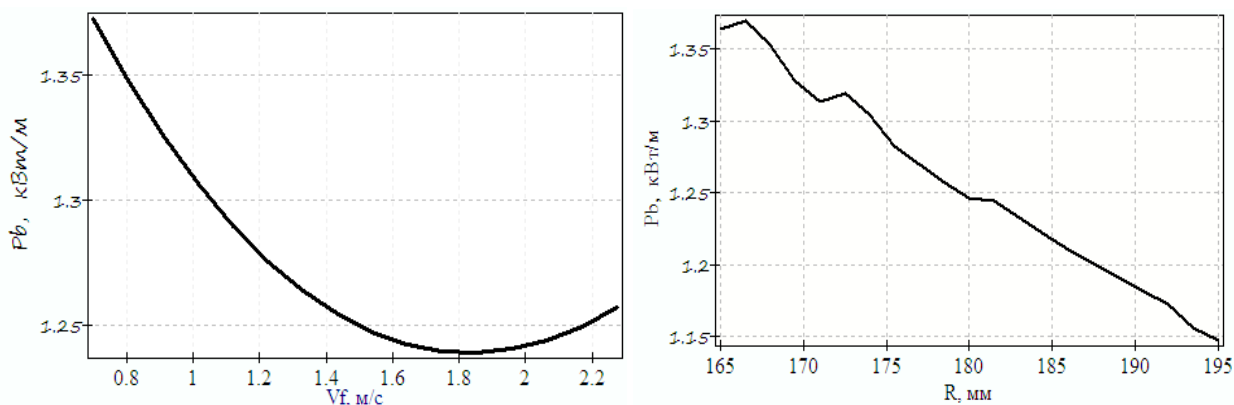


Рис. 3. Зависимости удельной мощности P_b от скорости фрезы (слева) и радиуса фрезы при неизменных окружной скорости лезвий изогнутых ножей, глубине обработки пласта и скорости фрезы (справа)

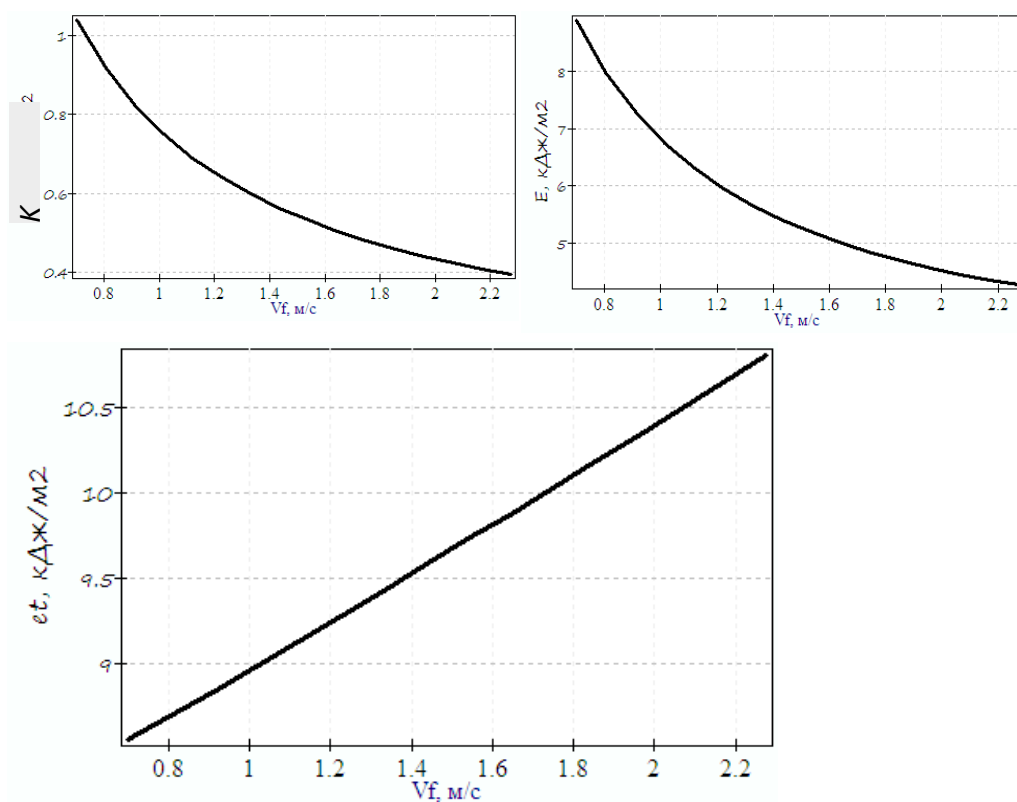


Рис. 4. Зависимости от скорости корпуса фрезы коэффициента K рыхления, удельной энергоёмкости E и показателя эффективности η

При этом затраты энергии на соударение также снижаются с увеличением радиуса барабана при неизменных окружной скорости лезвий ножей, глубине обработки пласта и скорости фрезы (рис. 3, справа).

С увеличением скорости фрезы качество рыхления пласта по коэффициенту K ухудшается, удельные затраты энергии на обработку пласта уменьшаются, эффективность обработки почвы по показателю эффективности ухудшается (рис. 4) [7,8].

Заключение

1. Разработана математическая модель, которая позволяет изучить, влияние рабочей поверхности ножей фрезы на качественные и энергетические показатели процесса рыхления почвы.

2. В пределах изменения радиуса по концам режущих кромок ножей от 165 до 195 мм при постоянной их окружной и рабочей скорости, глубине обработки почвы затраты энергии снижаются на $0,4 \text{ кДж/м}^2$.

3. С увеличением рабочей скорости фрезы качество рыхления пласта по коэффициенту рыхления уменьшаются, удельные затраты энергии на обработку пласта уменьшаются, эффективность обработки почвы улучшается.

Литература:

1. Рамазанова Г.Г. Параметры и режимы работы фрезы для предпосадочной обработки почвы под картофель: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – М., 2016. –132 с.

2. Рамазанова Г.Г., Белов М.И., Гаджиев П.И., Обоснование профиля рабочей поверхности ножа фрезы для обработки почвы / Г.Г. Рамазанова, М.И. Белов, П.И. Гаджиев // Техника и оборудование для села. – 2016. – №2. – с.7-8.

3. Исследование крошения почвы при ее предпосадочной подготовке к последующей комбайновой уборке картофеля / П.И. Гаджиев, М.С. Шикалов, Г.Г. Рамазанова, А.И. Алексеев // Техника и оборудование для села. 2019. №4. С. 20 – 24.

4. Рамазанова, Г.Г. Компьютерная модель обработки почвы фрезой / Г.Г. Рамазанова, М. И. Белов, П.И. Гаджиев // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 10. – С. 31-36.

5. Рамазанова, Г.Г. Обоснование профиля рабочей поверхности ножа фрезы для обработки почвы / Г.Г. Рамазанова, М.И. Белов, П.И. Гаджиев // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 2. – С. 7-8.

6. Силовые и энергетические параметры почвообрабатывающей фрезы / П.И. Гаджиев, М.М. Махмутов, Ю.Р. Хисматуллина, М.М. Махмутов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2021. – № 36(41). – С. 70-73.

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. Энергетический расчет почвообрабатывающей фрезы / П.И. Гаджиев, М.М. Махмутов, Ю.Р. Хисматуллина, А.И. Алексеев // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2020. – № 34(39). – С. 43-47.

ОБОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА НА УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В АПК

Зимин В.К., к.э.н., доцент кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: ziminvk@mail.ru

Сметнев А.С., к.т.н., доцент кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: smetnev.as@yandex.ru

Цыганков М.О., аспирант, кафедра эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ

В статье рассмотрены основные технологические способы обслуживания зерноуборочных комбайнов. Представлен рациональный состав транспортного звена с рекомендуемым внедрением транспортного средства для буксировки полуприцепа зерновоза ТОНАР-9523. Обоснована схема работы звена комбайнов с использованием оборотного прицепа и бункера-перезрузчика.

Ключевые слова: комбайны, автотранспорт, полуприцепы зерновозов, рациональный состав уборочно-транспортного звена, технологический процесс.

В настоящее время происходит интенсивное внедрение новых технологий по выращиванию сельскохозяйственных культур. Увеличение уровня производства зерна является одним из важнейших аспектов как продовольственной безопасности России, так и неотъемлемой составляющей коммерческого успеха агропромышленного комплекса. Поиск оптимального решения и условием оценки уборочно-транспортного комплекса – это снижение издержек при уборке и транспортировке урожая зерновых.

Эффективность производства зерна обусловлена перечнем факторов, одним из которых является транспортное обеспечение уборки зерновых культур. Используемые в настоящее время многоцелевые автомобили высокой грузоподъемности семейства КАМАЗ, обладая рядом преимуществ, имеет один существенный недостаток – это невысокие тягово-сцепные характеристики при передвижении по почвам с низкой несущей способностью. Учитывая, что технологический процесс, связанный с транспортировкой сельскохозяйственных культур, должен быть постоянным и выполняться вне зависимости от ограничения возможностей техники, важным становится изыскание способов решения обозначенной проблемы с наименьшими финансовыми затратами при большей эффективности. Одним из рациональных способов является повышение тягово-сцепных свойств при снижении нормального давления на почву, использование транспортного агрегата с оборотным полуприцепом зерновоза [1-3].

Наиболее перспективным на наш взгляд повышением эффективности

работы транспортного комплекса - это внедрение использования оборотных трехосных, четырехосных полуприцепов зерновозов ТОНАР - 9523 со скоростными тягачами марки КАМАЗ-65116, КАМАЗ-5490. На сегодняшний день большинство сельхозпроизводителей используют для уборки урожая двухзвенную технологию уборки. Такая технология проста и состоит из двух звеньев: (комбайн-автомобиль). В данном случае в большинстве применяют одиночные бортовые, самосвальные автомобили. Из-за отсутствия большого сопротивления на почву и незначительной проходимости по стерне сидельные тягачи в сцепке с полуприцепами применяются крайне редко, а ведь убрать зерно необходимо в максимально короткие сроки. Возникает вопрос, как использовать данный вид подвижного состава на уборке зерновых культур. Нами предлагается внедрить оборотный полуприцеп зерновоз с подкатной тележкой, который будет буксировать по полю трактор К-744Р (рис. 1).



Рис. 1. Принцип работы транспортного агрегата с оборотным полуприцепом (зерновозом)

Этот сборочный транспортный агрегат, двигаясь за зерноуборочным комбайном, который не останавливаясь производит разгрузку зерна в движущийся транспортный агрегат, после заполнения оборотного прицепа доставляет его на край поля, где выделена площадка для дальнейшей буксировки полуприцепа, груженного зерном, магистральным автомобильным тягачом.

Сбор зерна из бункеров комбайнов полностью отделен от транспортировки его на элеватор или на зерноток. Разгрузку зерна из бункеров производят в специально выделенный трактор К-744Р(поз.1), буксирующий оборотный прицеп (поз.3) с подкатным тягово-сцепным устройством (поз.2).

Этот комбинированный транспортный агрегат (рис.2) после заполнения оборотного полуприцепа зерновоза ТОНАР 9523 доставляет его на край поля для отцепки и зацепки другого порожнего полуприцепа.

При этом необходимо отметить, что по хронометражу технологической операции (зацепки полуприцепа с седельным тягачом) составляет 10 минут, включая подсоединение к полуприцепу световой сигнализации и пневмотормозной системы. При подъезде к установленному на опорах полуприцепа тележка с помощью буксирующего трактора подкатывается вместо зацепки сцепного устройства, тем самым происходит фиксация зацепки полуприцепа зерновоза и работы по присоединению световой сигнализации, пневмотормозной системы. В данном случае сборочный транспортный агрегат готов к дальнейшей эксплуатации.

Какие мы видим преимущества перед трехзвенной системой уборки зерновых культур с использованием бункера-перегрузчика. Во-первых, в приведенном варианте уборки зерновых культур не производится перегрузка с использованием бункера-перегрузчика. Во-вторых, сокращается время, связанное с технологией загрузки зерном из бункера-перегрузчика, в автотранспорт. В-третьих, мы не подвергаем травмированию зерно, особенно если речь идет о производстве и уборки семян различных зерновых культур [4-6].

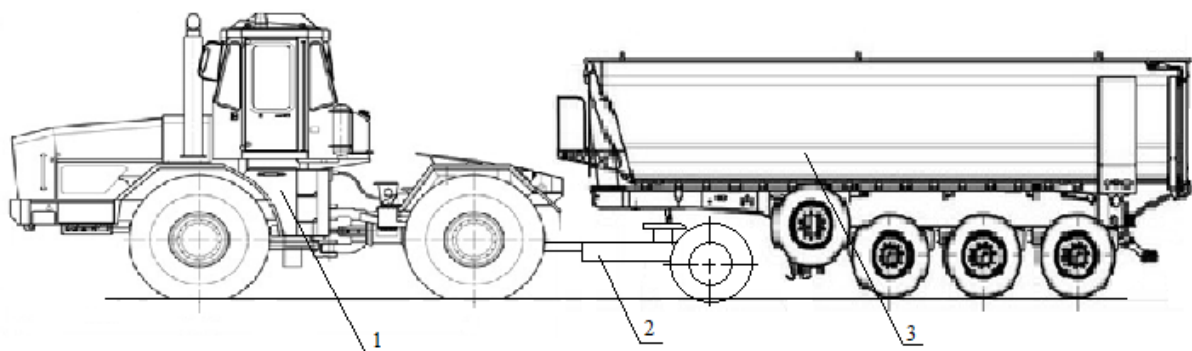


Рис. 2. Схема комбинированного транспортного агрегата

Рассмотрим еще одну схему с использованием оборотных прицепов зерновозов 852901 грузоподъемностью 15 тонн (рис.3).

Предлагаемая схема относится к универсально-комбинированному способу уборки зерновых культур, которая имеет достоинства всех существующих схем и является наиболее гибкой, легко изменяемой в зависимости от сложившихся условий формы организации работы комбайно-транспортных групп. Включение в состав уборочно-транспортной группы такого комбинированного агрегата позволяет использовать на уборке зерновых культур автопоезда общей грузоподъемностью 30 тонн и 43 тонны.

Одним из направлений повышения эффективности уборки зерновых культур при плохих погодных условиях, когда одиночные автомобили не могут въехать в поле, является загрузка одиночных автомобилей немедленно после их прибытия на отведенное место загрузки из бункера – перегрузчика [7].

При неисправности или отсутствии бункера - перегрузчика можно обеспечивать обычную схему транспортного обслуживания комбайнов с использованием оборотных прицепов, что дает возможность быстрой прицепки и отцепки сменных автоприцепов путем оборудования бункера-перегрузчика и автомобиля-тягача специальным полуавтоматическим сцепным устройством конструкции ВНИПТИМЭСХ, выполненным на базе серийного тягово-сцепного устройства. Для обеспечения сцепки сница каждого сменного прицепа должна быть подресорена.

Главными факторами, определяющими выбор одной из описанных технологических схем перевозки зерна с поля на ток, являются:

- необходимость исключения простоев комбайнов в ожидании разгрузки зерна из бункеров;

- обеспечение минимальной себестоимости транспортировки одной тонны зерна при максимальном сокращении затрат труда на эту операцию.

Возможность снижения себестоимости перевозок зерна с поля на ток в первую очередь определяется применением на этой операции большегрузных автомобилей и многосекционных тракторных поездов.

Применение седельных тягачей с полуприцепом-зерновозом, а также применение автопоездов в составе одного тягача с прицепом повышает производительность автомобиля на 40-80% и снижает стоимость перевозки одной тонны зерна на 25-40%.

Для повышения эффективности описанных схем организации работы уборочно-транспортных групп дополнительно используют ряд специальных приемов, обеспечивающих сокращение потерь сменного времени комбайнов и автомобилей:

- разгрузку бункеров комбайнов независимо от степени их заполнения, то есть сразу по приходе транспортного средства. При этом бункеры комбайнов снабжают указателями уровня их заполнения зерном (в кубометрах);

- применение талонной или электронной системы учета зерна;

- разгрузку бункеров без остановки комбайнов;

- выгрузку зерна из бункера-перегрузчика только на транспортно-разгрузочных магистралях.

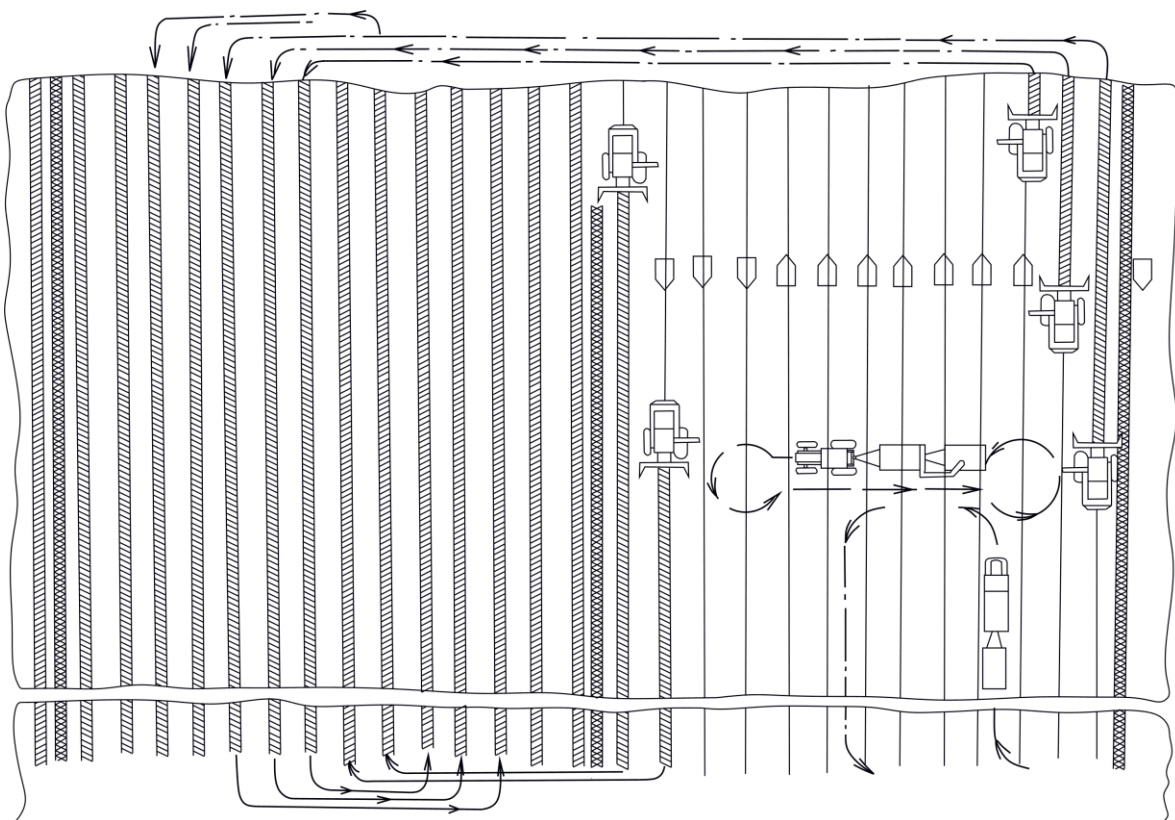


Рис. 3. Схема работы звена комбайнов с использованием оборотного прицепа и бункера-перегрузчика

При определении состава автотранспортной группы необходимо учитывать наличие и марочный состав транспорта и те условия, в которых будет проходить уборка зерновых культур. При заданном количестве комбайнов N_k , необходимое количество транспортных средств N_T определяется по формуле:

$$N_T = N_k (T_t + T_v) : q \times T_k,$$

где T_t - продолжительность цикла работы транспортного средства;

T_k - продолжительность намолота бункера зерна комбайном;

q -количество бункеров зерна, входящих в кузов транспортного средства;

T_v - продолжительность выгрузки зерна из бункера.

Продолжительность цикла транспортного средства T_t складывается из следующих составляющих:

$$T_t = (T_p + T_v) \times q + T_{dv} + T_{раз},$$

где T_p - продолжительность перемещения к комбайну в загонку при загрузке зерном от него;

T_{dv} - продолжительность движения к месту разгрузки и обратно (до механизированного тока);

$T_{раз}$ - продолжительность взвешивания и разгрузки зерна из кузова транспортного средства.

Полученные результаты исследований позволяют не только определить границы эффективной загрузки различных автотранспортных средств, но и с учетом новых форм организации использования техники и выбора целого ряда прицепов, полуприцепов и автомобилей тягачей модельного ряда позволит добиться следующих технико-экономических показателей:

- сократить потребность в транспортных средствах на 20-25%;
- уменьшить уплотнение почвы на 50-60%;
- сократить расход топлива на 15-25%;
- вывезти урожай с полей при неблагоприятных погодных условиях;
- повысить производительность и снизить простои уборочных агрегатов в 1,2-1,3 раза.

Литература:

1. Измайлов, А.Ю. Перспективы развития транспортного обслуживания агропромышленного комплекса России на период до 2020 г. / А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков, Г.С. Бисенов – М.: ФГБНУ ВИМ, 2013. – 112с.
2. Кушнарев, Л.И. Организация эффективного использования машинно-тракторного парка / Л.И. Кушнарев. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 271с.
3. Лебедев, А.Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК / А.Т. Лебедев – Ставрополь: ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет, 2012. – 85с.
4. Сханова, С.Э. Основы транспортно-экспедиционного обслуживания / С.Э. Сханова, О.В. Попова, А.Э. Горев – М.: Изд.центр «Академия», 2011. – 96с.
5. Воронина, М.В., Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Измайлов З.Р. Движение зернового материала при выгрузке бункера // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 2. – С. 133-135.
6. Математическая модель формирования рационального парка машин для сельскохозяйственных работ / П.И. Гаджиев, К.В. Кулаков, Г.Г. Рамазанова [и др.] // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2022. – № 41(46). – С. 99-103.
7. Зимин В.К. Современные тенденции в техническом сервисе сельскохозяйственной техники / В.К. Зимин, А.С. Сметнев // Вестник РГАЗУ. – 2015. – №19(24). – С.69-73.

УДК 631.356

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

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

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

Цыганков М.О., аспирант, кафедра эксплуатации и технического

сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ

В данной статье рассматривается производительность разбрасывателей, технологии внесения органических удобрений, также приведена классификация навозоразбрасывателей, где машины для внесения органических удобрений можно разделить на группы по виду выполняемой работы в такой последовательности и приведен вывод методы дифференциального внесения минеральных удобрений

Ключевые слова: удобрения, разбрасыватели, производительность, погрузчики, урожайность, трактор.

Внесение органических удобрений сокращает траты на приобретение различных компонентов, улучшающих почву, включая минеральную составляющую. Этот процесс способствует повышению урожайности полевых сельскохозяйственных культур. К видам органических удобрений в сельском хозяйстве относятся компосты, твердая фракция навоза. В твердом виде эту органику добавляют на поля с помощью специально оборудованных машин – навозоразбрасывателей. Использование органических удобрений на основе торфа с навозом или пометом показывает высокую эффективность, компостировании торфа с биологически активными органическими удобрениями усиливаются микробиологические процессы, и азот торфа за короткий срок становится более доступным для растений.

Подготовка удобрений заключается в их складировании в бурты на при фермерских и полевых площадках, выдерживании их в буртах с целью доведения навоза до полуперепревшего состояния. Системой подготовки органических удобрений предусматривается приготовление их в виде торфопомётных, торфожижевых и торфонавозных компостов с обогащением минеральными добавками. Для выполнения этих операций технологическим процессом предусматривается использование погрузчиков ПНД-250 с приспособлением для приготовления компостов.

Подготовка навоза перед внесением позволяет повысить его питательность, устранить засорение полей сорняками, повысить срок службы машин для внесения.

Внесение органических удобрений осуществляется в основном по прямоточной (ферма-поле) и перевалочной (ферма-бурт-поле) технологическим схемам. В нечерноземной зоне находит применение двухфазная технология с вывозкой удобрений самосвальными транспортными средствами, закладкой их в бурты на краю поля в определённом порядке и последующим распределением по полю разбрасывателями.

Прямоточная технология предусматривает использование одних и тех же технических средств (машин для внесения), преимущественно большегрузных, в едином потоке без разрыва во времени. Перевалочная

технология предусматривает вывозку удобрений в менее напряженное от других работ время на край поля, формирование их там в бурты и последующее их внесение в требуемые агротехнические сроки. В этом случае удаётся сократить радиус перевозки удобрений в сезон полевых работ и тем самым повысить производительность машин для внесения [1-3].

Обе эти технологии могут применяться во всех зонах страны на базе машин РОУ-6 до 2 км, ПРТ-10, МТТ-9 - 4...5км, МТУ-18 - 5-10км.

Для внесения удобрений по перевалочной технологии так же могут использоваться РОУ-6; ПТР-10; МТТ-9; и МТУ-18 (рис. 1).

Применение модернизированных машин в сочетании с погрузчиками непрерывного действия типа ПНД-250 позволит повысить производительность труда в сравнении с погрузчиками периодического действия на 30-50%. В конструкциях машин предусматривается использование шин низкого давления (0,1-0,2 МПа) и рабочих органов обеспечивающих качественное распределение удобрений.

Классификация навозоразбрасывателей

Машины для внесения органических удобрений можно разделить на группы по виду выполняемой работы в такой последовательности:

Развозка удобрения по полю в кучи и полосы.

Растаскивание удобрений из куч и полос.

Разбрасывание из куч и полос механическими метателями.

Внесение с помощью разбрасывателей органических удобрений.

Рассмотрим в указанном порядке типы наиболее применяемых машин и приспособлений.

На развозке удобрений из штабелей, применяются тракторные транспортные агрегаты и автомобили самосвалы сельскохозяйственного назначения (ГАЗ-САЗ).

Растаскивание удобрений из куч и полос выполняется с большим отклонением от допустимых агротехнических требований по равномерности распределения. Это отклонение тем меньше, чем больше норма внесения, поэтому обычно растаскивают удобрения при внесении их по 40т/га и более. Этот способ может использоваться в малых крестьянско-фермерских хозяйствах, не имеющих разбрасыватели органических удобрений. Этот способ внесения обеспечивает производительность до 30т/ч без привлечения погрузочных и транспортных средств для этой операции, если не считать предварительную развозку [4, 5].



Рис. 1. Общий вид разбрасывателей органических удобрений:
 а – РОУ-6; б – ПРТ-10; в – МТТ-9; г – МТУ-18.

Разбрасывание метателями типа РУН-15 (рис. 2) следует рекомендовать вместо растаскивания бульдозерами, волокушами.

Наибольшее распространение в настоящее время получил метод внесения органических удобрений МТА с прицепами-разбрасывателями. Органические удобрения, имеющие плохую сыпучесть, подаются к распределительным механизмам принудительно. В современных разбрасывателях процесс принудительной подачи удобрений осуществляется механическими питателями.



Рис. 2. Общий вид разбрасывателя органических удобрений РУН-15

Для зон с крупными земельными участками, используются машины для транспортировки и внесения твердых органических удобрений грузоподъемностью более 24т к тракторам класса тяги 8.

Таблица 1

Основные технические характеристики разбрасывателей органических удобрений

Параметры	Разбрасыватели органических удобрений				
	РОУ-6	ПРТ-10	МТТ-9	МТУ-18	
Грузоподъемность, кг	6000	11000	9500	18000	
Габаритные размеры, мм	длина	5850	7300	6500	8500
	ширина	2300	2500	2500	2500
	высота	1750	2700	2000	2750
Вместимость кузова, м ³	3,6	8,5	7	25	
Масса, кг	2000	3700	3300	6200	
Производительность, т/ч	52	40	50	115	
Агрегатируется с трактором класса тяги	1,4...2	2...3	2...3	5	

В странах Западной Европы для внесения твердых органических удобрений применяют одноосные машины грузоподъемностью до 7 т и модели с поддресоренными тандемными осями грузоподъемностью 8...9 т. Модель Muck Ranger фирмы Farm Machines Ltd (Великобритания) имеет вместимость кузова 9 т, независимые тандемные (сдвоенные) мосты, гидравлические тормоза на все колеса и разбрасывающее устройство с горизонтальными роторами. Скорость реверсивно движущегося транспортера регулируется от 0 до 5 м/мин.

Разбрасыватель органических удобрений Fortschritt TOS8 фирмы Vohhill Engineering Co Ltd (Великобритания), снабженный тандемными осями, имеет кузов грузоподъемностью 8т. и разбрасывающее устройство с вертикальными роторами.

Фирма Bergmann (ФРГ) наряду с машинами грузоподъемностью 4 т приступила к производству машин грузоподъемностью 7 и 8 т с поддресоренными тандемными осями. Эти навозоразбрасыватели оборудуются навесным транспортером – кормораздатчиком.

Разбрасыватель Ferti-SPACE 2 имеет широкий монолитный кузов из стали ВПТ высотой 1,050 мм или 1,350 мм, обеспечивающий большую ширину разбрасывания. Благодаря своей прочной конструкции и объемам от 12 до 28 м³ эта машина с низким центром тяжести адаптирована для интенсивного использования. Вертикальные валы с гнутой спиралью разбрасывателя Ferti-SPACE 2 разбрасывают с шириной захвата от 8 до 16 м за проход в зависимости от продукта. Гидравлическая подвеска имеет болтовое соединение. Передаточный вал (Ø 45), подходит для мощных тракторов. Транспортер имеет многочисленные преимущества: износостойкие планки на ботах, улучшенная система вращения в обратную сторону, увеличенное расстояние между натяжными устройствами,

диаметр приводных звездочек увеличен. Шкивы натяжных устройств из чугуна имеют диаметр 135, оба транспортера оснащены центральным сепаратором.

Повысить эффективность использования разбрасывателей органических удобрений и снизить затраты внесения органики можно за счет использования дифференцированного внесения [6].

В системе точного земледелия широко используются методы дифференциального внесения минеральных удобрений обеспечивающий максимум благоприятных условий в отдельных зонах поля для выращивания определенных видов культур. Точное земледелие позволяет управлять нормирование доз подкормок в соответствии с составом грунта и планируемой урожайностью. Чтобы определить потребности почвы, отбирают пробы, и лаборанты анализируют результаты, на базе которых составляются карты полей и ставятся задачи машинам, распределяющим удобрение. В процессе используется не только спутниковая навигация, но и специальное программное обеспечение для удаленного контроля над рабочим процессом. Методика способствует увеличению урожая, сокращению количества используемых удобрений и повышению экологичности земледелия.

Для использования методов дифференциального внесения органических удобрений необходимо переоборудовать разбрасыватель РОУ-6 установив тарелки широкого разброса с регулировкой угла лопастей.

Литература:

1. Сметнев, А.С. Повышение эффективности использования разбрасывателей органических удобрений / А.С. Сметнев, Ю.Б. Юдин, С.В. Костин // 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. 53-60.2.

2. Тенденции развития средств механизации для внесения удобрений. // Обзорная информация. – Москва. – 1983.

3. Сметнев, А. С. Комбинированный сошник для одновременного внесения семян и минеральных удобрений / А. С. Сметнев, И. Н. Скобеев // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 2. – С. 13-14.

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

5. 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.

6. Рамазанова, Г.Г. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники / Г.Г. Рамазанова, К.В. Кулаков, Т.В. Корешкова // 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 631.3.004

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОМБИНИРОВАННЫХ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Матюнин А.А., аспирант, кафедра эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел. +7 (495) 521-52-22, e-mail: A_Matyunin@list.ru

В статье обоснована возможность применения комбинированной технологии послойной плазменной 3Д-наплавки с последующим упрочнением микродуговым окислением для компенсации изношенных поверхностей деталей из алюминиевых сплавов сложной геометрической формы. Приведён пример успешного использования плазменной 3Д-наплавки. Поставлена задача создания экспериментальной установки для восстановления изношенных деталей 3Д -наплавкой.

Ключевые слова: аддитивные технологии, плазменная наплавка, микродуговое окисление, 3д-наплавка, роботизация, покрытие, восстановление, упрочнение.

Согласно Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации на ближайшие годы, важным направлением развития страны являются исследования в области разработки робототехнических комплексов для отраслей народного хозяйства. В настоящее время растёт использование аддитивных технологий в различных областях науки и производства. На кафедре эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ проводятся исследования [3, 4, 5, 6, 7, 8], направленные на решение ряда проблем в области восстановления и упрочнения деталей машин и оборудования в агропромышленном комплексе. Получение восстановленных деталей с высокой микротвёрдостью, износостойкостью и коррозионной стойкостью является актуальной задачей [7].

Аддитивные технологии (от слова *additive* – добавка) – технологии послойного наращивания объектов с использованием роботизированных устройств, перемещающих и позиционирующих в пространстве «печатающее устройство», дозирующее наращиваемый материал. Кинематика такого роботизированного устройства заранее рассчитана и смоделирована (рис. 1), благодаря чему с помощью компьютерной программы, по заранее известным координатам 3Д-модели, печатается послойно наращиваемый объект.

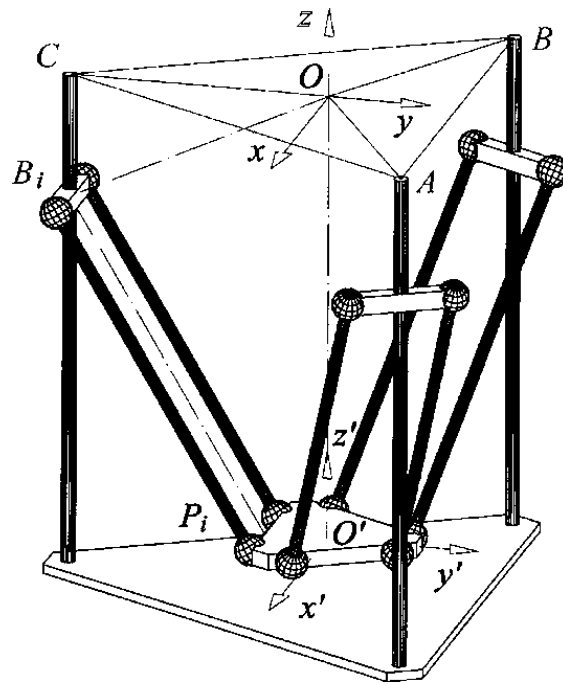


Рис. 1. Кинематика робота-манипулятора типа «delta»

Перспективными являются исследования в сфере применения аддитивных технологий для восстановления деталей сложной формы путём послойного наращивания их изношенных поверхностей. Например, используя в качестве «печатающего устройства» плазмотрон, можно восстанавливать с помощью плазменной наплавки изношенные поверхности деталей из стали или алюминиевых сплавов. Плазменная наплавка позволяет наносить износостойкие покрытия с регулируемой глубиной проплавления наплавляемой поверхности за счёт высокой концентрации энергии плазменной дуги [2].

Примером успешного использования аддитивной технологии для плазменной наплавки является исследование [1], посвящённое послойному наращиванию экспериментальных образцов из титанового сплава. Плазмотрон для наплавки проволоки был установлен в 5-осевой обрабатывающий центр (Yamazaki Mazak, VARIAXIS j-600/5X). Вольфрамовый электрод для плазменной наплавки служил катодом, основной наплавляемый металл служил анодом. Плазмообразующим и защитным газом являлся аргон. Плазмотрон и механизм подачи проволоки были закреплены на неподвижном штативе, сварочный стол же имел оси перемещения в трёх плоскостях и ось вращения, то есть мог перемещаться в координатах X, Y, Z и вращаться вокруг вертикальной оси. В данном исследовании авторы смогли получить необходимые свойства наплавленного материала.

Алюминиевые сплавы, как известно, имеют оксидную плёнку, то есть алюминий является вентильным металлом, как титан, ниобий и тантал. На сегодняшний день разработаны и внедрены в народное хозяйство

технологии упрочнения деталей из алюминиевых сплавов микродуговым оксидированием (МДО) [3,4,5].

МДО – это способ получения упрочняющих покрытий, основанный на анодном оксидировании вентильных металлов [3, 4], который можно применять как способ упрочнения, следующий после наплавки. МДО позволяет получить на поверхности детали упрочняющие покрытия, обладающие высокой микротвёрдостью и износостойкостью [7, 8], так же композиционные покрытия, обладающие различными свойствами, с помощью использования добавок в электролиты [5, 6].

Таким образом, технология восстановления деталей из алюминиевых сплавов сложной формы послойной плазменной 3Д-наплавкой с последующим упрочнением восстановленной детали МДО является комбинированной технологией восстановления и упрочнения детали.

Нами ведётся работа по созданию установки для восстановления изношенных деталей 3Д-наплавкой, состоящей из роботизированного устройства перемещения сварочного стола, источника питания – сварочного выпрямителя, плазмотрона, порошкового питателя. Основной и очень сложной задачей внедрения аддитивных технологий является их интеграция в существующие технологические процессы восстановления и упрочнения деталей. Аддитивные технологии в настоящее время не могут полноценно заменить технологии классические, но весьма эффективны при их применении в мелкосерийном ремонтном производстве, а также являются единственно возможным решением для восстановления деталей небольшого размера и сложной формы. В конечном итоге, применение аддитивных технологий позволит повысить конкурентоспособность ремонтного производства.

Литература:

1. Miyake, Ryotaro. Wire Arc Additive and High-Temperature Subtractive Manufacturing of Ti-6Al-4V. / Ryotaro Miyake, Hiroyuki Sasahara, Atsushi Suzuki, Seigo Ouchi. – Текст: электронный // MDPI. Special Issue Metal Additive Manufacturing: Enhancing Performance and Surface Finishing. – Appl. Sci. 2021, 11(20), 9521. – URL: <https://doi.org/10.3390/app11209521> (дата обращения: 18.10.2022).

2. Шиповалов, А.Н. Плазменная наплавка деталей высоколегированными порошками на основе железа / А.Н. Шиповалов, В.М. Юдин, А.В. Ферябков. – Текст: непосредственный // Современные проблемы и направления развития металловедения и термической обработки металлов и сплавов: сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика А.А. Байкова. Курск, – 2021. – С. 105-108.

3. Батищев, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей из алюминиевых сплавов микродуговым оксидированием / А.Н. Батищев, А.Л. Севостьянов, А.В. Ферябков, Ю.А. Кузнецов. – Текст: непосредственный // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2002. – № 1 (1). – С.151-161.

4. Батищев, А.Н. Технологии восстановления и упрочнения деталей машин и оборудования агропромышленного комплекса с применением микродугового оксидирования / А.Н. Батищев, А.В. Ферябков, Ю.А. Кузнецов, К.В. Кулаков. – Текст: непосредственный // Труды ГОСНИТИ. – 2007. – Т.100. – С.156-158.

5. Патент № RU 2291233 C1 Российская Федерация, МПК C25D 11/08, C25D 15/00. Электролит микродугового оксидирования алюминия и его сплавов: № 2005131378/02: заявл. 10.10.2005: опубл. 10.01.2007 / Кузнецов Ю.А., Батищев А.Н. и др.; заявитель ФГОУ ВПО ОрелГАУ. – 4 с.: ил. – Текст: непосредственный.

6. Ферябков, А.В. Композиционные покрытия микродугового оксидирования/ А.В. Ферябков. – Текст: непосредственный // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2010. – № 1(22). – С.20-21.

7. Батищев, А.Н. Износостойкость покрытий, сформированных микродуговым оксидированием / А.Н. Батищев, А.Л. Севостьянов, А.В. Ферябков, Ю.А. Кузнецов. – Текст: непосредственный // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2003. – № 1(2). – С.121-125.

8. Батищев, А.Н. Микродуговое оксидирование как способ упрочнения деталей оборудования перерабатывающих отраслей АПК / А.Н. Батищев, А.В. Ферябков, Ю.А. Кузнецов, А.Л. Севостьянов. – Текст: непосредственный // Технология металлов. – 2006. – № 5. – С.37-39.

УДК 628.218.222. 72

РЕГЕНЕРАЦИЯ МОЮЩИХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН, ИХ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ И ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Федяшов И.С., аспирант, кафедра эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел. +7 (495) 521-52-22, e-mail: volvo-s600@yandex.ru

В статье рассмотрен технологический процесс наружной очистки мобильных энергетических средств при техническом сервисе, а также технологический процесс очистки их узлов и деталей при ремонте. Рассмотрена проблема регенерации моющих растворов при проведении операций очистки. Предложено актуальное направление исследований по разработке фильтров и фильтрующих элементов для установок регенерации моющих растворов.

Ключевые слова: экологическая безопасность, мобильные машины, очистка, моющий раствор, регенерация, фильтр.

Очистные операции являются одними из самых важных при техническом сервисе мобильных машин. От качества их выполнения напрямую зависит продолжительность безотказной работы объектов и качество выполнения их текущих и капитальных ремонтов.

На кафедре эксплуатации и технического сервиса машин Российского государственного аграрного заочного университета ведутся исследования по разработке технологий и оборудования для очистки машин, их узлов и деталей [1, 2, 3, 4, 5].

Очистка мобильных машин или их узлов и деталей в общем случае состоит из этапов удаления загрязнений и регенерации очищающей среды

(рис. 1). Целью регенерации очищающей среды является её многократное использование в технологическом процессе очистки по замкнутому циклу [4, 8]. Если технология очистки моющего раствора не предусматривает его многократного использования, то должна обеспечить снижение предельно-допустимых концентраций загрязнений для сброса отработавшего моющего раствора в канализацию или окружающую среду.

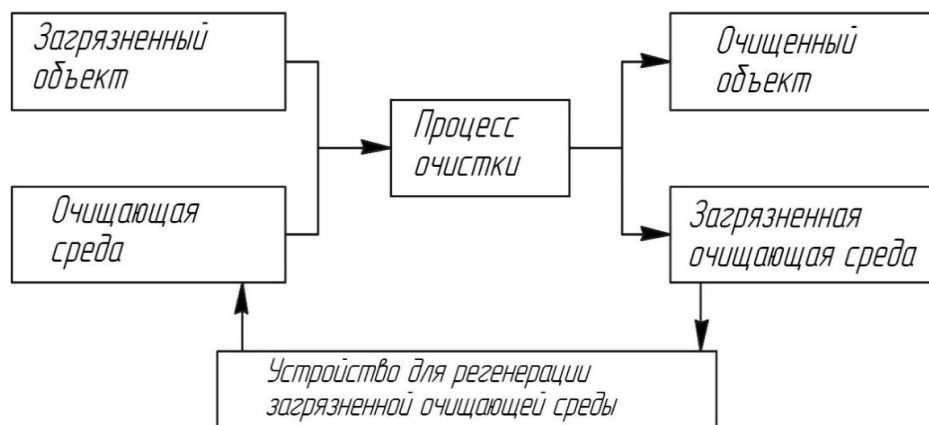


Рис. 1. Очистка мобильных машин при техническом сервисе

Очистку мобильных машин, из узлов и деталей при техническом сервисе проводят физическими способами (нагрев, гидромеханическая обработка, вибрация, галтовка и др.), химическими способами с помощью поверхностно-активных веществ. Чаще всего применяются способы комбинированные, т.е. сочетание способов физических и химических.

Моечные машины для очистки деталей, в свою очередь, классифицируют на погружные, струйные и специальные.

Для наружной очистки мобильных машин при проведении их технического обслуживания широко применяются струйные установки комбинированного типа. При проведении капитального ремонта агрегатов и узлов на предприятиях технического сервиса машин и оборудования в АПК широко распространена галтовка [1,2]. Преимуществами галтовки являются использование различных схем движения барабана, при которых на детали воздействуют сила гравитации и центробежная сила, что положительно влияет на качество очистки.

В процессе работы моющих машин в них циркулирует моющий раствор, который загрязняется в процессе работы, вследствие чего очищающая среда теряет свою эффективность. Для дальнейшей эффективной работы моечной машины, раствор должен поступить в блок очистки-регенерации, после чего вернуться в машину.

Очищающая среда регенерируется следующими способами: отстаиванием, центрифугированием, коагуляцией и фильтрованием.

При отстаивании естественным образом загрязнения погружаются на

дно под действием гравитации, а нефтяные загрязнения всплывают на поверхность, где улавливаются специальными ловушками. Используется данный способ на пунктах наружной очистки машин, оснащённых системами обратного водоснабжения. Также данный принцип используется в некоторых конструкциях очистных фильтров [5].

При центрифугировании происходит центробежная очистка моющего раствора под действием гравитации и центробежной силы, однако эффективен данный способ только для крупных загрязнений, поэтому для удаления мелких загрязнений применяют фильтрование и коагуляцию. Фильтрование – это задерживание загрязняющих частиц фильтрующим материалом, а коагуляция – это «связывание» загрязнений и выведение их в осадок с помощью специальных реагентов, называемых коагулянтами.

С помощью стягивающего устройства в виде гайки 5 и шпильки 6 регулируется плотность фильтрующей загрузки, что влияет на качество очистки.

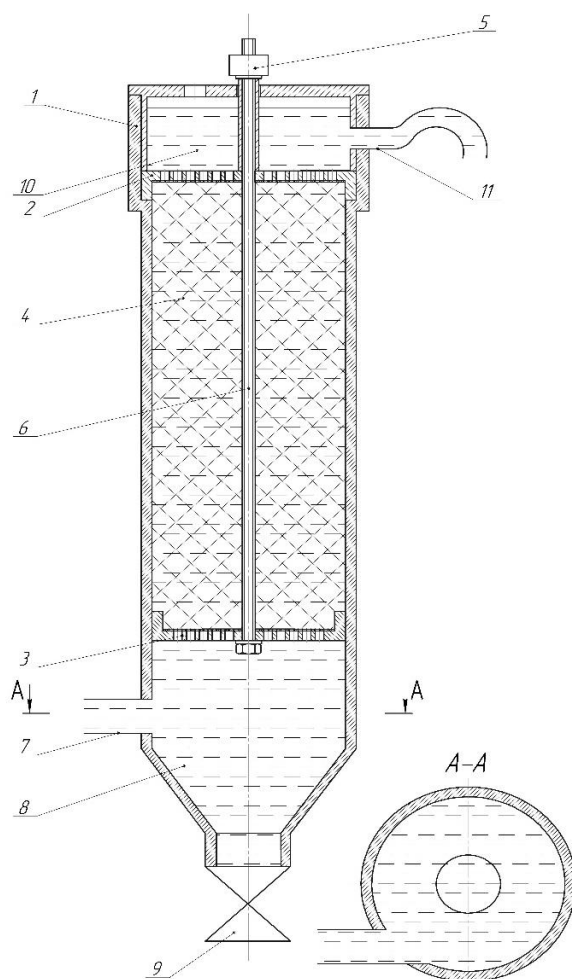


Рис. 2. Фильтр для очистки моющих растворов:

- 1 – корпус; 2 – сетка неподвижная; 3 – сетка подвижная; 4 – фильтрующий слой; 5 - стягивающая гайка; 6 – шпилька; 7 – патрубок подводящий; 8 - полость фильтра для центробежной очистки; 9 – задвижка; 10 – полость для очищенного моющего раствора; 11 – патрубок отводящий

Актуальным направлением является внедрение на предприятиях технического сервиса фильтров для эффективной очистки моющих растворов. На кафедре эксплуатации и технического сервиса машин предложен фильтр для очистки моющих растворов [3, 4, 5], использующий древесную стружку и опилки в качестве фильтрующего материала (рис. 1).

При работе данного фильтра, загрязнённый моющий раствор подаётся в полость 8 для центробежной очистки через патрубок 7. В полости 8 под действием центробежных сил отделяются крупные загрязнения и выводятся через задвижку 9. После центрифугирования, очищенный от крупных загрязнений моющий раствор через сетку 3 попадает в фильтрующий стружечно-опилочный слой 4, где очищается от более мелких загрязнений.

Предложенный фильтр позволит обеспечить эффективную очистку моющих растворов с минимальными затратами на материалы.

В дальнейшем мы планируем провести экспериментальные исследования с целью установки рациональных режимов эксплуатации данного фильтра: консистенции фильтрующего материала, толщины и плотности фильтрующей загрузки, пропускной способности фильтра.

Литература:

1. Юдин, В.М. Галтовочная установка для очистки изделий / В.М. Юдин, А.В. Ферябков. – Текст: непосредственный // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы X Международной научно-практической Интернет-конференции. – 2018. – С. 305-308.

2. Юдин, В.М. Установка для очистки сборочных единиц и деталей / В.М. Юдин, А.В. Ферябков. – Текст: непосредственный // Инновационные технологии реновации в машиностроении: сборник трудов Международной научно-технической конференции, посвящённой 150-летию факультета «Машиностроительные технологии» и кафедры «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н. Э. Баумана. под общ. ред. В. Ю. Лавриненко. – 2019. – С.421-423.

3. Юдин, В.М. Исследование фильтра для очистки моющих растворов и сточной воды на предприятиях технического сервиса / В.М. Юдин, А.В. Ферябков, И.Г. Голубев. – Текст: непосредственный // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 9(267). – С.37-40.

4. Юдин, В.М. Обеспечение экологической безопасности при наружной очистке мобильной военной техники / В.М. Юдин, А.В. Ферябков, В.Н. Горкунов. – Текст: непосредственный // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2019. – № 1(14). – С.187-190.

5. Юдин, В.М. Повышение интенсивности очистки изделий в галтовочном барабане / В.М. Юдин, К.В. Кулаков, А.В. Ферябков. – Текст: непосредственный // Технический сервис машин. – 2022. – № 2(147). – С.96-102.

8. Рамазанова, Г.Г. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники / Г.Г. Рамазанова, К.В. Кулаков, Т.В. Корешкова // 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.

НАНОСТРУКТУРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Щёкин Д.В., аспирант, кафедра эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел. +7 (495) 521-52-22, e-mail: tbkin84@mail.ru

В статье рассмотрены плазмохимические процессы получения наноструктурных упрочняющих покрытий. Рассмотрены их преимущества, позволяющие противостоять различным видам изнашивания, в том числе и абразивному. Показана возможность получения композиционных покрытий с различными свойствами. Поставлены задачи дальнейших исследований.

Ключевые слова: микродуговое оксидирование, финишное плазменное упрочнение, покрытие, трение, изнашивание, упрочнение.

В современных условиях экономически эффективный ремонт машин и оборудования в агропромышленном комплексе невозможен без решения проблем повышения качества восстанавливаемых деталей. Известно, что до 70% причин отказов машин и механизмов связано с износом узлов трения. Одной из важных задач обеспечения качества деталей является повышение их эксплуатационных показателей, определяющихся параметрами качества поверхностного слоя, которые повышаются методами поверхностного упрочнения.

С целью борьбы с изнашиванием при трении целесообразно использовать покрытия, которые будут противодействовать установлению адгезионной связи на атомном уровне по контактной поверхности соединения деталей и протеканию взаимной диффузии их материалов. Как правило, явление схватывания и вызываемые им повреждения уменьшаются с увеличением твердости контактируемых поверхностей.

Для борьбы с усталостным изнашиванием, связанным с накоплением дефектов при циклической нагрузке, приводящим к образованию микротрещин, разрушению и отделению микрообъемов материалов трущихся деталей, целесообразно использовать такие покрытия, технология нанесения которых предусматривает создание на поверхности сжимающих остаточных напряжений и выравнивание поверхности после финишной обработки.

При восстановлении деталей широко применяются различные способы упрочнения, среди которых наиболее эффективны [1, 2, 3, 5, 6, 7]: упрочнение с образованием покрытия на поверхности; с изменением химического состава и структуры поверхностного слоя; с изменением микрогеометрии поверхности.

Среди способов упрочнения, при которых происходит модификация

поверхностного слоя с образованием наноструктурных композиционных покрытий, обладающих повышенной микротвёрдостью и износостойкостью следует отметить способы микродугового оксидирования (МДО) и финишного плазменного упрочнения (ФПУ).

МДО – электрохимический (плазмохимический) способ получения покрытий, основанный на анодном оксидировании вентильных металлов [1,2], который целесообразен для восстановления и упрочнения деталей с небольшими износами (до 100 мкм), подвергающихся абразивному и гидроабразивному изнашиванию, так же его можно применять как способ упрочнения, следующий после наплавки или напыления (т.е. для комбинированной технологии восстановления–упрочнения детали).

Покрытия МДО обладают высокой микротвёрдостью и износостойкостью [5,7], так же возможно получение композиционных покрытий, обладающих различными свойствами, с помощью использования добавок в электролиты [4,6].

Способ МДО обладает следующими преимуществами:

- возможность нанесения покрытий на детали практически любой формы;

- получение композиционных покрытий различного состава;

- процесс не требует больших производственных площадей;

- дешевизна и доступность реактивов и материалов;

- низкая энергоёмкость в сравнении с другими способами;

- процесс экологически безопасен, покрытия можно использовать для пищевых производств.

ФПУ – это способ осаждения покрытий из газовой фазы, основанный на воздействии на поверхность детали потоков частиц и квантов с высокой энергией ионно-плазменным методом [3]. Характерной их чертой является прямое преобразование электрической энергии в энергию технологического воздействия, основанную на структурно-фазовых превращениях в осажденном на поверхности конденсате или в самом поверхностном слое детали.

Основным достоинством данного способа является возможность получения в тонких поверхностных слоях высокой микротвёрдости и износостойкости, нанесение композиционных покрытий из тугоплавких или алмазоподобных химических соединений, которые невозможно получить традиционными методами.

Способ ФПУ обладает следующими преимуществами:

- обеспечение высокой адгезии покрытия к основе;

- обеспечение равномерность покрытия по толщине на большой площади;

- получение композиционных покрытий различного состава;

- получение высокой чистоты поверхности покрытия;

- процесс экологически безопасен, покрытия можно использовать для

пищевых производств.

МДО и ФПУ – плазмохимические технологии. Плазменные процессы широко используются для восстановления деталей [2, 3]. Особенности плазмохимической технологии определяются спецификой механизмов и кинетики плазмохимических реакций, а также спецификой химических процессов в низкотемпературной плазме и плазменных струях. Высокие скорости плазмохимических процессов позволяют уменьшить размеры оборудования и производственных площадей.

Способы МДО и ФПУ легко управляемы; они хорошо моделируются и оптимизируются. Во многих случаях плазмохимическая технология позволяет получать покрытия, обладающие весьма ценными свойствами.

На кафедре эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ разрабатываются технологии применения данных способов применительно к упрочнению деталей машин и оборудования в агропромышленном комплексе [6, 7].

В дальнейшем нами планируется провести анализ состояния вопроса применения МДО и ФПУ для компенсации износов, повышения износостойкости, коррозионной стойкости и ресурса деталей машин и оборудования, провести анализ конструкций технологических источников тока для установок МДО и ФПУ, провести анализ электролитов МДО и реагентов для ФПУ, выбрать их рациональные составы для восстановления и упрочнения деталей. Исследовать толщину, микротвёрдость, износостойкость и коррозионную стойкость полученных покрытий, выбрать и оптимизировать параметры технологических процессов упрочнения. Провести технико-экономическую оценку применения разработанных технологий упрочнения деталей машин и оборудования предприятий агропромышленного комплекса.

Литература:

1. Батищев, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей из алюминиевых сплавов микродуговым оксидированием / А.Н. Батищев, А.Л. Севостьянов, А.В. Ферябков, Ю.А. Кузнецов. – Текст: непосредственный // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2002. – № 1(1). – С.151-161.
2. Батищев, А.Н. Технологии восстановления и упрочнения деталей машин и оборудования агропромышленного комплекса с применением микродугового оксидирования / А.Н. Батищев, А.В. Ферябков, Ю.А. Кузнецов, К.В. Кулаков. – Текст: непосредственный // Труды ГОСНИТИ. – 2007. – Т.100. – С.156-158.
3. Батищев, А.Н. Упрочнение деталей машин покрытиями, синтезированными из газовой среды / А.Н. Батищев, А.В. Ферябков, Г.В. Шевченко. – Текст: непосредственный // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2009. – № 1(16). – С.21-24.
4. Патент № RU 2291233 С1 Российская Федерация, МПК С25D 11/08, С25D 15/00. Электролит микродугового оксидирования алюминия и его сплавов: № 2005131378/02: заявл. 10.10.2005; опубл. 10.01.2007 / Кузнецов Ю.А., Батищев А.Н. и др.; заявитель ФГОУ ВПО ОрелГАУ. – 4 с.: ил. – Текст: непосредственный.
5. Батищев, А.Н. Износостойкость покрытий, сформированных микродуговым

оксидированием / А.Н. Батищев, А.Л. Севостьянов, А.В. Ферябков, Ю.А. Кузнецов. – Текст: непосредственный // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2003. – № 1(2). – С.121-125.

6. Ферябков, А.В. Композиционные покрытия микродугового оксидирования/ А.В. Ферябков. – Текст: непосредственный // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2010. – № 1(22). – С.20-21.

7. Батищев, А.Н. Микродуговое оксидирование как способ упрочнения деталей оборудования перерабатывающих отраслей АПК / А.Н. Батищев, А.В. Ферябков, Ю.А. Кузнецов, А.Л. Севостьянов. – Текст: непосредственный // Технология металлов. – 2006. – № 5. – С.37-39.

УДК 633. 33

СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ПОСЕВОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Горин А.В., аспирант кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-38-85

Хисматуллина Ю.Р., к.ф.н., доцент, доцент кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-38-85

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

В статье рассматриваются различные способы обработки посевов сахарной свеклы. Отмечается, что за последние годы технология обработки посевов сахарной свёклы существенно изменилась в результате применения высокоурожайных сортов и гибридов культуры с высокой полевой всхожестью семян, новых сеялок, позволяющих точно высевать одноростковые семена, более эффективных гербицидов и совершенных машин по обработке почвы, но агротехнические цели ее остались прежними

Ключевые слова: сахарная свекла, лущение, зяблевая вспашка, предпосевники, боронование, ранний посев, культивация, фрезерование, посев.

По многолетним данным научно-исследовательских учреждений для получения высоких и устойчивых урожаев сахарной свеклы необходимо своевременное и высококачественное выполнение комплекса агротехнических приемов, направленных на удовлетворение биологических требований растений к условиям внешней среды [1].

В Российской Федерации вся посевная площадь сельскохозяйственных культур в 2015 г. составила 79,3 млн га, зерновые и зернобобовые культуры были посеяны на площади 46, млн га, что на 0,9 % больше уровня 2014 г. Площадь посевов сахарной свеклы составляла 903,8 тыс. га 2013 г., 918,7 га в 2014 г. В 2015 г площади под сахарной свеклой увеличились на 11,3 % [3].

В 2015 г. валовой сбор сахарной свеклы составил 39 млн т, или на 16,5 % больше, чем в 2014 г., что обусловлено ростом посевных площадей и урожайности корнеплодов. Сельскохозяйственными организациями реализовано 30,4 млн т сахарной свеклы, или на 10,5% больше, чем в предыдущем году, при уровне товарности 87,7 %. Второй год подряд в большинстве свеклосеющих регионов страны отмечался высокий показатель сахаристости сахарной свеклы: в Тамбовской (18,98), Пензенской (19,42), Воронежской (18,75), Липецкой (18,67) областях, Алтайском крае (18,47), Орловской области (18,38) и Республике Мордовия (18,34%). В 2015 г. средняя сахаристость сахарной свеклы в стране составила 17,8% против 16,24% в 2011 – 2014 гг. [5].

Под сахарную свеклу требуется тщательная подготовка почвы. Осенью, после лущения на 5-6 см, проводят зяблевую вспашку с предплужниками на 27-30 см. Весной выполняют ранневесеннее боронование, в случае раннего посева можно сразу выполнять предпосевную культивацию или фрезерование. Если почва на поле, предназначенном под посев сахарной свёклы тяжёлая, то её предварительно перепахивают на две трети пахотного слоя со шлейфом борон, после этого выравнивают поверхность поля шлейф-боронами. На торфяниках и легких почвах поле прикатывают. Если технология выращивания предполагает наличие грядок их могут нарезать как весной, так и осенью [2].

Главными факторами при обработке посевов свекловичных, обеспечивающими получение высоких урожаев корнеплодов с хорошим качеством, являются сохранение оптимальной густоты стояния растений к моменту уборки, уничтожение сорняков, сохранение почвенной влаги, создание благоприятного минерального и водно-воздушного режимов, снижение повреждения растений вредителями болезнями [3].

За последние годы технология обработки посевов сахарной свеклы существенно изменилась в результате применения высокоурожайных сортов и гибридов культуры с высокой полевой всхожестью семян, новых сеялок, позволяющих точно высевать одноростковые семена, более эффективных гербицидов и совершенных машин по обработке почвы, но агротехнические цели ее остались прежними [4].

Большое разнообразие природно-климатических и почвенных условий, засоренность полей многими видами сорняков, и многие другие факторы, потребовавшие внедрения различных прогрессивных технологий применения пестицидов, что позволит максимально снизить количество внесения рабочего раствора на единицу площади и сведет к минимуму загрязнение окружающей среды и собранной продукции вредными соединениями [5].

Одним из наиболее рациональных направлений в решении этой задачи является сочетание механического и химического способов борьбы с

сорняками.

Этот способ широко используют при обработке посевов сахарной свеклы, кукурузы, подсолнечника и овощей. При обработке посевов сахарной свеклы важны не только рыхление междурядий и химическая обработка растений, но их подкормка. Литературный анализ показал, что рост продуктивности свекловичных посевов может быть связан с внедрением наукоемких технологий, одним из приемов которых является совместное применение междурядных обработок, гербицидов, микроудобрений и росторегулирующих препаратов (Яценко В.Г., Кравец М.В., Карпук Л.М.) [6].

Эффективность и целесообразность сочетания междурядных рыхлений с локальным внесением аммиачной воды или жидких комплексных удобрений подтверждена научными исследованиями. Так, по данным исследований [7], локальные подпитки аммиачной водой и жидкими комплексными удобрениями повышает урожайность подсолнечника на 13-14, кукурузы на зерно на 14-15, сахарной свеклы на 15-16 %.

Литература:

1. Михеев, В.В. Методические рекомендации по комплексной оценке машинных технологий устойчивого производства сахарной и кормовой свеклы / В.В. Михеев, А.Г. Пономарев, Н.И. Кусова, и др. – М.: ФГНУ ВИМ, 2015. – 112 с.
2. Карпук, Л.М. Эффективна ли внекорневая подкормка /Л.М. Карпук // Сахарная свекла. – 2013. – №4. – С.15-17
3. Гуреев, И.И. Современные технологии возделывания и уборки сахарной свеклы: Практическое руководство / И.И. Гуреев. – М.: Печатный Город, 2011. – 256 с.
4. Соловьёв, С.В. Усовершенствованная технология возделывания сахарной свеклы в условиях северо-востока центрального Черноземья: автореф. дис. доктора с-х. наук: 06.01.01/Соловьёв Сергей Владимирович. – Саратов, 2013. – 43 с.
5. Яценко, В.Г. Комплексные меры борьбы с сорняками / В.Г. Яценко, М.В. Кравец // Сахарная свекла. – 1981. – № 11. – С. 11
6. Ревякин, Е.Л. Машины для химической защиты растений в инновационных технологиях: науч. аналит. обзор. / Е.Л. Ревякин, Н.Н. Краховецкий. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», – 2010. – 124 с.
7. Рамазанова, Г.Г. Цифровые технологии при техническом сервисе сельскохозяйственной техники / Г.Г. Рамазанова, К.В. Кулаков, Т.В. Корешкова // 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.

УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАШИН ДЛЯ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ

Гаджиев П.И., д.т.н., профессор, профессор кафедры эксплуатации и технического сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-38-85

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, доцент кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-38-85

В статье рассматриваются условия функционирования машин для уборки картофеля и для оптимизации компоновочных решений КУК и их ТП, а также оптимизации параметров рабочих органов возникает необходимость в моделировании технологических процессов (ТП). Отмечается, что особенностью моделей ТП КУМ является сложность, а подчас и невозможность получения информации о некоторых компонентах входных и выходных величин. Это затрудняет управление ТП. Практически учесть все входные переменные, влияющие на ход ТП невозможно и приходится ограничиваться лишь главными. Количественная оценка входных и выходных переменных должна выполняться методами теории вероятностей и математической статистики.

Ключевые слова: картофелеуборочные машины (КУМ), стадии проектирования, оптимизировать, типичные почвенно-климатические условия.

В настоящее время картофелеуборочные машины (КУМ) создаются длительным и дорогостоящим опытно-конструкторским путём, исключая возможность на стадии проектирования научно прогнозировать и тем более оптимизировать технологические, энергетические и технико-экономические показатели работы в типичных почвенно-климатических условиях.

Для оптимизации компоновочных решений КУК и их ТП, а также оптимизации параметров рабочих органов возникает необходимость в моделировании ТП.

Модель функционирования КУК можно представить в виде многомерного объекта, блок-схема которого показана на рис. 1 [1-3].

Условия функционирования КУМ

Показатель	Значение параметров		
	минимальное	среднее	максимальное
1. Размеры грядок, см ширина вершины ширина основания высота	7 32 1	15...20 45...50 9...10	27 65 20
Глубина залегания клубней, см верхнего нижнего	0 14,0	4,7...5,3 18,6...19,5	10,0 24,0
3. Ширина гнезда, см	7,0	17,3...331,2	46,0
4. Урожайность клубней, т/га	5,0	15,0...20,0	50,0
5. Размеры клубней, мм длина ширина толщина	20,0 17,5 13,0	49,4...63,3 37,7...52,1 32,7...43,5	128,6 84,5 65,2
6. Размеры камней, мм длина ширина толщина	15,0 12,0 5,0	58,0...64,6 49,8 21,4...35,4	150,0 125,0 85,0
7. Масса одного клубня, г	5,0	48,0...102,0	490,0
8. Длина ботвы, см	2,0	50,0...80,0	200,0
9. Диаметр ботвы в нижней части стебля, см	0,4	0,8...1,2	2,0
10. Количество камней, т/га	0	10...15	30
11. Влажность почвы, %	6	20	30
12. Плотность камней, г/см ³	1,77	2,50	3,04
13. Плотность клубней, г/см ³	1,097	1,100	1,101
14. Плотность комков, г/см ³	1,50	2,25	3,00
15. Число стеблей ботвы в кусте, шт.	1	4...7	10
16. Твёрдость почвы, МПа	0,2	0,8...1,0	1,5
17. Коэффициент трения почвы по металлу	0,45	0,50...0,60	0,70
18. Длина сорняков, см	20,0	25,0...35,0	60,0
19. Диаметр сорняков мин., мм	2,0	4,0...6,0	12,0
20. Диаметр сорняков макс., мм	10,0	20,0...35,0	55,0
21. Количество сорняков, шт./м	0	9	15
22. Коэффициент трения клубней по стали	0,71	0,76	0,81
23. Уклон местности	0	4,0...5,0	12,0
24. Критическая скорость разрушения комков, м/с	0,1	3,2	7,0
25. Критическая скорость удара клубней, м/с	0,5	1,1...1,2	3,2
26. Сила разрушения комков, Н	30,0	80,0...100,0	170,0
27. Сила разрушения клубней, Н	100,0	180,0...300,0	540,0

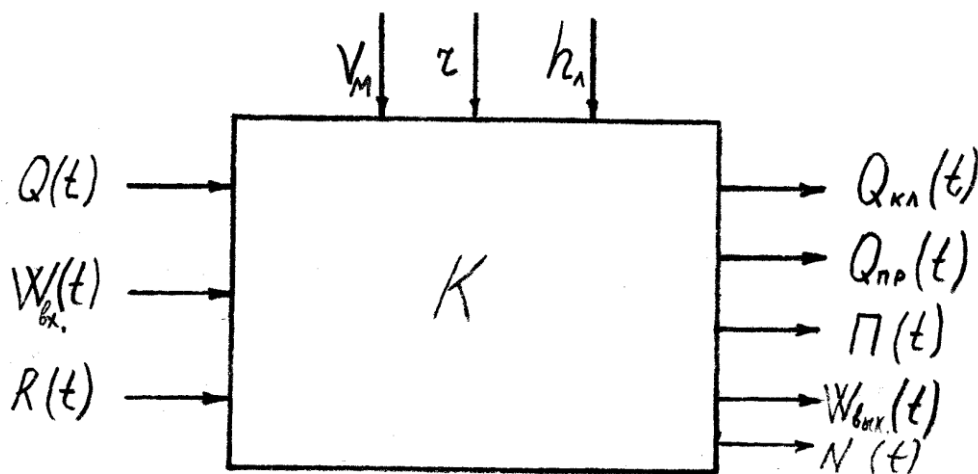


Рис. 1. Блок-схема модели функционирования ТП

Входными воздействиями модели при постоянной рабочей скорости V_m , ширине приемной части b_n , глубине подкапывания h_n и определенных эксплуатационных регулировках рабочих органов r являются:

$Q(t)$ – секундная подача вороха картофельной грядки (почва, клубни, камни, ботва, сорняки);

$W_{вх}(t)$ – состояние входных компонентов (влажность, размеры и др.)

$R(t)$ – сопротивление движению машины;

Выходными переменными являются:

$q(t)$ – количество отделенных примесей на рабочих органах;

$Q_{кл}(t)$ – количество клубней в бункере;

$Q_{пр}(t)$ – количество примесей в бункере;

$\Pi(t)$ – потери клубней (сумма потерь на каждом рабочем органе);

$W_{вых}$ – состояние выходных переменных;

$N(t)$ – мощность, затрачиваемая на выполнение ТП.

КУМ перерабатывает входные воздействия в качественные технологические и энергетические выходные показатели. Условия работы и показатели качества могут быть оценены специальным математическим аппаратом.

По тому, как машина перерабатывает условия функционирования в выходные показатели, может быть найден оператор, математическая связь, которая может идентично заменить машину, т.е. вместо машины – математическая модель, адекватно описывающая работу машины [4-6].

Свойства и особенности машины в её модели функционирования оцениваются показателем K , который определяет совокупность свойств машины выдавать в конкретных условиях выходные переменные [7].

Аналогичные модели строятся для отдельных рабочих органов (подкапывающих, сепарирующих, ботвоудаляющих и т.д.) и представляются в виде цепочки. Получается модель ТП конкретного

комбайна, вновь проектируемого или серийного, например, Л-601 (рис. 2, б).

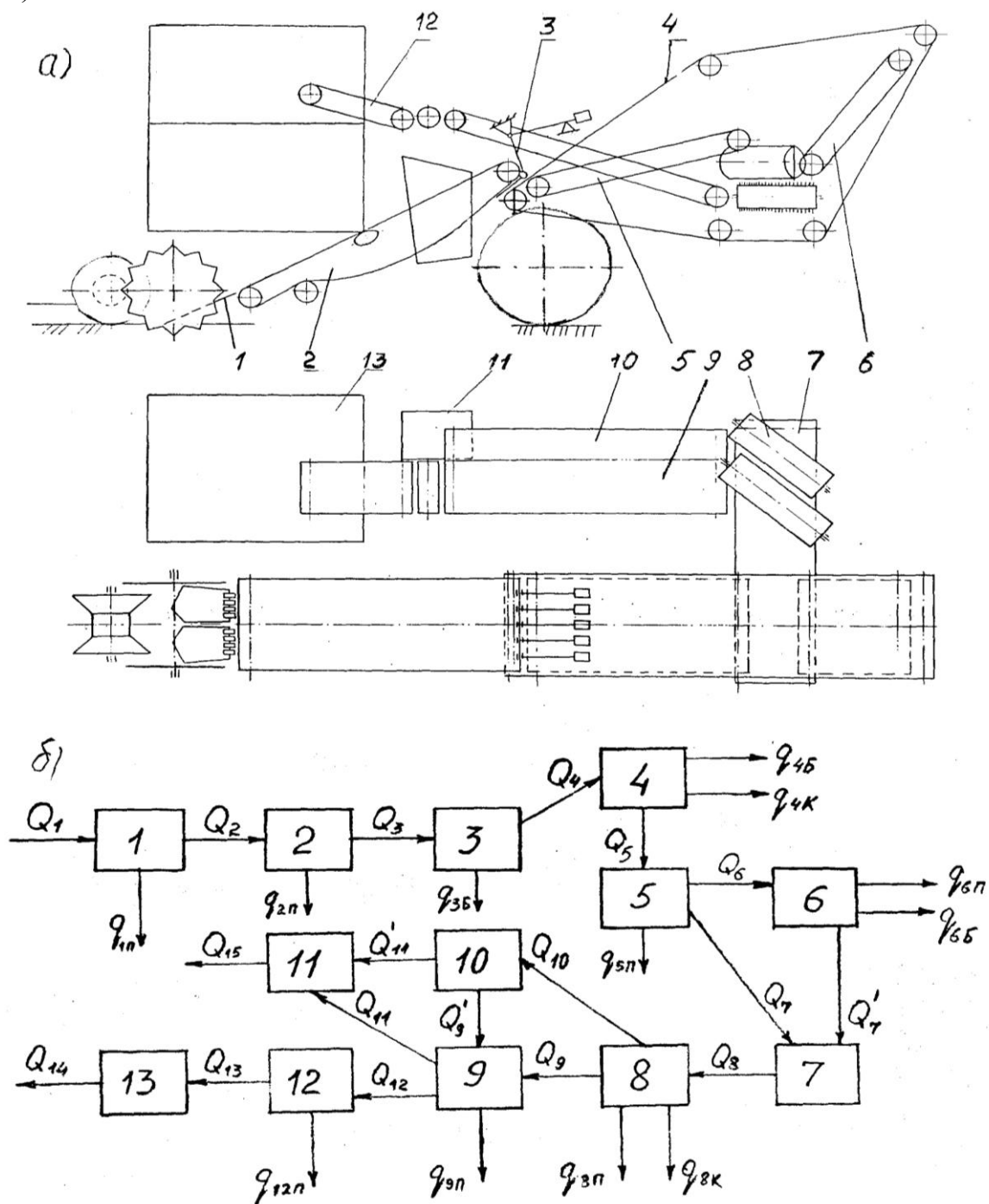


Рис. 2. Конструктивная схема (а) и модель ТП комбайна Л-601:

- 1 – лемех, 2 – элеватор, 3 – ботвоудалитель, 4 – транспортер редкопрутковый, 5 – элеватор второй, 6 – горка пальчиковая, 7 – транспортер поперечный, 8 – щетки, 9 – поток клубней, 10 – поток примесей, 11 – бункер для примесей, 12 – транспортер загрузки бункера, 13 – бункер для картофеля

При движении комбайна подкапывающий орган, имеющий конкретные параметры вырезает картофельную грядку на глубину,

ограничиваемую копирующим катком и боковыми вертикальными дисками. В результате на лемех поступает секундная подача массы Q_1 , состоящая из почвы, клубней, ботвы и других растительных примесей, а также камней и комков почвы в определенном соотношении. На лемехе пласт частично разрушается и начинается сепарация почвы. Оставшаяся масса ($Q_2 = Q_1 - q_{1п}$) поступает на первый элеватор 2, где под действием встряхивателей разрушаются почвенные комки и происходит основная сепарация почвы. Далее масса $Q_3 = Q_2 - q_{2п}$ поступает к ботвоудалителю 3, валик которого затягивает под комбайн часть ботвы $q_{3б}$, а оставшаяся масса $Q_4 = Q_3 - q_{3б}$ подается на редкопрутковый (ячеистый) транспортер 4, по которому удаляются крупные примеси (камни, оставшиеся длинные растительные примеси), а клубни, часть почвы, мелкие растительные остатки, камни, размер которых меньше размеров ячеек, проваливаются на второй элеватор 5 $Q_5 = Q_4 - (q_{4б} + q_{4к})$, где происходит дальнейшая сепарация почвы

Сход с элеватора 5 поступает на пальчиковые поверхности горки 6 (Q_6) и поперечного транспортера 7 (Q_7). Горка 6 выносит на поверхность поля сзади комбайна мелкие примеси $q_{6б}$ и часть почвы $q_{6п}$, а поперечный транспортер направляет массу $Q_8 = Q_7 + Q_6$ к щеткам 8 камнеотделяющего устройства, часть камней $q_{8к}$ и почвы $q_{8п}$ сходят с поперечного транспортера, а клубни и оставшиеся камни поступают на переборочный стол, на котором рабочие перебрасывают ошибочно попавшие камни из потока клубней в поток камней, а клубни - наоборот. На переборочном столе и транспортере загрузки бункера происходит окончательная сепарация почвы $q_{9п}$ и $q_{12п}$, камни поступают в бункер 11, а клубни определённой чистоты - в бункер 13. При этом на каждом рабочем органе могут быть потери клубней.

Особенностью моделей ТП КУМ является сложность, а подчас и невозможность получения информации о некоторых компонентах входных и выходных величин. Это затрудняет управление ТП. Практически учесть все входные переменные, влияющие на ход ТП невозможно и приходится ограничиваться лишь главными. Количественная оценка входных и выходных переменных должна выполняться методами теории вероятностей и математической статистики [8].

Литература:

1. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. – М.: Колос, 1970. – 423 с.
2. Маленький сегмент – большие изменения. Обзор рынка машин для возделывания картофеля // Новое сельское хозяйство, М.: 2007. – № 5. – С. 136-140.
3. Бышов Д.Н., Бoryчев С.Н., Успенский И.А. [и др.] Инновационные решения вторичной сепарации: результаты испытаний в картофелеуборочных машинах. // Вестник РГАТУ. – 2011. – № 4(12). – С. 34-37
4. Кондрашов, А.В. Анализ машинных технологий уборки картофеля / А.В. Кондрашов, П.В. Ефимов. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – №

11.3 (145.3). – С. 23-25.

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

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

7. Повышение эффективности сепарации картофелеуборочных машин с применением дискового ворошителя / Н. Г. Байбобоев, Ш. Б. Акбаров, П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24. – № 1. – С. 35-39.

8. Гаджиев, П.И. Улучшение качества обработки почвы для комбайновой уборки картофеля / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, А.И. Алексеев // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2020. – № 5. – С. 46-55.

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ В АПК

УДК 621.315.05

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРОТЕКАНИИ ТОКА

Еремин М.Ю., к.т.н., доцент, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1, e-mail: emu69@yandex.ru
Аксёнов И.И., к.т.н., старший преподаватель, e-mail: igor-aksenov1989@ya.ru

Рассмотрены процессы теплофизического обмена, возникающие при длительном протекании тока. Методика теплового расчёта должна учитывать работу электротехнических устройств в переходном и установившемся режимах. Установлено, что температура нагрева проводника имеет экспоненциальную зависимость и монотонно возрастает на протяжении некоторого времени подачи электрического тока до определенной величины, выше которой не поднимается.

Ключевые слова: активное сопротивление, температура, мощность, поверхностный эффект, установившийся режим.

Длительное протекание тока через проводники электрических цепей приводит к необратимым преобразованиям электрической энергии в тепловую и сокращает ресурс работы электротехнических устройств [1, 2, 3, 6]. Для продления срока службы электроустановок и обеспечения мер по пожароопасности электрооборудования необходимо проведение теплофизических расчётов.

Правильность такого расчёта должна базироваться и подтверждаться экспериментальными испытаниями электроустановок на длительное протекание тока. При этом образец должен подвергаться тепловому испытанию в продолжительном режиме при температуре воздуха около 35°С и измерениями температуры наиболее нагретых частей аппарата [4, 5, 7, 8]. Наибольшее нагревание проводников возникает в местах контактирования с наименьшим сопротивлением, поэтому при проведении экспериментальных испытаний необходимо обеспечивать надёжное соединение всех элементов электрических цепей.

Длительное протекание тока характеризуется величиной потерь мощности. Это происходит из-за наличия активного сопротивления, величину потерь активной мощности P , обуславливающей тепловые потери в проводнике можно определить по формуле:

$$P = I^2 \cdot R, \quad (1)$$

где I – действующее значение силы тока; R – сопротивление проводника.

Известно, что при постоянном значении силы тока, сопротивление проводника соответствует электрическому сопротивлению:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}, \quad (2)$$

где ρ – удельное сопротивление; l – длина проводника; S – площадь сечения проводника.

Протекание переменного тока приводит к увеличению потерь мощности, это связано с возникновением поверхностного эффекта. Негативное влияние поверхностного эффекта основано на том, что плотность тока у поверхности проводника значительно больше, чем в центре. Это приводит к поверхностному нагреванию проводников, способствует усадке и уменьшению площади сечения. Кроме того, на температуру нагревания токоведущих частей оказывает влияние и эффект близости проводников, который тоже следует учитывать при проведении проектных расчётов. Общее увеличение температуры в цепях переменного тока можно учесть в расчётах с помощью коэффициента дополнительных потерь κ_{∂} , который имеет значение больше или равен 1.

$$\kappa_{\partial} = \kappa_n + \kappa_{\partial} \geq 1. \quad (3)$$

Таким образом, активное сопротивление при протекании переменного тока может определяться по формуле:

$$R_a = R \cdot \kappa_{\partial}. \quad (4)$$

Активное сопротивление при переменном токе умноженное на силу действующего значения тока в квадрате, позволяет найти величину активных потерь мощности.

Все потери электрической энергии, которые приводят к преобразованиям в тепло, нагревают проводник выше температуры окружающей среды. Скорость нагревания проводника при длительном протекании электрического тока прямо пропорционально зависит от количества выделяющейся теплоты, а также от интенсивности теплообмена между проводником и окружающей средой. Тогда, количество тепла, выделяемого в проводнике за время dt можно найти по формуле:

$$dQ = P \cdot dt = I^2 \cdot R_a \cdot dt, \quad (5)$$

где P – мощность потерь, переходящих в тепло, Вт; I – действующее значение силы тока, А; R_a – активное сопротивление проводника при переменном токе, Ом.

При нагревании проводник отдает часть тепла в окружающее пространство, что обуславливает снижение его температуры:

$$dQ_1 = G \cdot c \cdot d\Theta, \quad (6)$$

где G – вес токоведущего проводника, кг; c – удельная теплоемкость материала проводника, Вт·сек/кг·град; Θ – перегрев, являющийся разностью температуры проводника θ и окружающей среды θ_0 , °C

$$\Theta = \theta - \theta_0, \quad (7)$$

Такому нагреванию будет соответствовать энергия, которая отводится за счет теплоотдачи проводника в течение некоторого времени dt

$$dQ_2 = K \cdot F \cdot \Theta \cdot dt, \quad (8)$$

где K – общий коэффициент теплоотдачи, Вт/см² °C; F – поверхность охлаждения проводника, см². Согласно уравнению теплового баланса получаем

$$dQ = dQ_1 + dQ_2. \quad (9)$$

При подстановке в уравнение 9 полученных ранее выражений, получим

$$I^2 \cdot R_a \cdot dt = G \cdot c \cdot d\Theta + K \cdot F \cdot \Theta \cdot dt. \quad (10)$$

При эксплуатации токоприёмника в установившемся режиме количество теплоты полученного и отдаваемого в окружающую среду должны быть равны, а температуру нагретого проводника можно считать постоянной. Так как до начала протекания тока температура проводника никак не отличалась от температуры вокруг него, можно считать верным и выражение $\Theta = 0$. Решив уравнение нагрева 10 относительно величины Θ , получим

$$\Theta = A \cdot e^{\left(-\frac{I^2 \cdot R_a}{K \cdot F}\right)} + \frac{I^2 \cdot R_a}{K \cdot F}, \quad (11)$$

где A – постоянная интегрирования, зависящая от начальных условий; e – экспонента.

Начальный момент времени (t) равен нулю, следовательно, для него Θ тоже принимает нулевое значение, подставив эти данные в формулу 11, получим следующее

$$\Theta = A + \frac{I^2 \cdot R_a}{K \cdot F}, \quad A = -\frac{I^2 \cdot R_a}{K \cdot F}. \quad (12)$$

Величину разности температур можно найти при помощи подстановки постоянной интегрирования A в формулу 12. Она будет иметь вид:

$$\Theta = \frac{I^2 \cdot R_a}{K \cdot F} \cdot \left(1 - e^{-\frac{I^2 \cdot R_a}{K \cdot F} t}\right) = \theta - \theta_0. \quad (13)$$

Таким образом, величина нагрева проводника имеет экспоненциальную зависимость и возрастает на протяжении некоторого времени при непрерывной подаче тока до определенной величины, выше которой не поднимается. Эту величину можно получить при времени $t = \infty$:

$$\Theta_y = \theta_y - \theta_0 = I^2 \cdot R_a \cdot K \cdot F, \quad (14)$$

где Θ_y – установившаяся температура поверхности проводника.

Как только достигается установившийся режим, проводник перестает нагреваться, а все получаемое тепло выделяется в пространство вокруг него, следовательно, $Gc/KF = T$. Тогда уравнение нагрева 10 будет иметь вид:

$$\Theta = \theta - \theta_0 = \Theta_y \cdot \left(1 - e^{\left(\frac{-t}{T} \right)} \right), \quad (15)$$

Постоянная времени нагрева (T) изменяется в зависимости от размеров, поверхности, свойств проводника и не изменяется от времени и температуры. Эту величину чаще всего используют в качестве масштаба измерения времени на диаграммах нагрева. Инженерное значение постоянной времени T заключается в том, что на интервале (3-4) T температура проводника достигает 98% от температуры перегрева в установившемся режиме Θ_y . Эта особенность дает возможность не продолжать расчет и сократить расчетное время моделирования.

Если предположить, что проводник будет нагреваться, но при этом тепло не будет передаваться среде вокруг него, получим:

$$I^2 \cdot R_a \cdot dt = G \cdot c \cdot d\Theta, \quad (16)$$

тогда температура перегрева монотонно увеличивается

$$\Theta = \frac{I^2 \cdot R_a \cdot t}{G \cdot c}. \quad (17)$$

Чтобы узнать установившуюся температуру, до которой нагреется поверхность проводника, необходимо принять в формуле 13 значение t равным T . Если пренебречь теплоотдачей получим:

$$\Theta_y = \frac{I^2 \cdot R_a}{K \cdot F}. \quad (18)$$

Величина постоянной времени нагрева для электрического оборудования варьируется от нескольких минут (для шин) до нескольких часов (у мощных трансформаторов и генераторов).

После прекращения подачи тока нагрев проводника прекращается и начинается процесс охлаждения. В этом случае $Pdt = 0$, и уравнение 10 принимает вид

$$G \cdot c \cdot d\Theta + K \cdot F \cdot \Theta \cdot dt = 0. \quad (19)$$

Учитывая, что охлаждение начинается с некоторой температуры перегрева можно найти решение уравнения 19:

$$\Theta = \Theta_y \cdot e^{\left(\frac{-t}{T} \right)}. \quad (20)$$

Таким образом, установлено, что кривая охлаждения описывается

экспоненциальной зависимостью. При таком виде зависимости, в отличие от кривой нагрева, температура перегрева должна монотонно снижаться до своего минимального значения, а основной задачей теплового расчета является определение допустимого значения тока нагрева, при котором не происходит необратимых процессов в изменениях структур проводников.

Литература:

1. Аксёнов, И.И. Влияние потребления реактивной мощности на падение напряжения на удалённых участках электрической сети // И.И. Аксёнов, М.Ю. Ерёмин, Н.В. Прибылова, И.В. Ковалев // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 347-351.

2. Аксёнов, И.И. Снижение дефицита реактивной мощности в электрических сетях / И.И. Аксёнов, М.Ю. Ерёмин, И.А. Жуков // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 351-356.

3. Аксёнов И.И. Обеспечение и поддержание параметров качества электрической энергии / И.И. Аксёнов, М.Ю. Ерёмин, К.С. Васильченко // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 356-361.

4. Ерёмин М.Ю. Управление компенсацией потерь реактивной мощности в электрических сетях / М.Ю. Ерёмин // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С. 128-132.

5. Ерёмин М.Ю. Обеспечение качественных показателей процесса электроснабжения / М.Ю. Ерёмин, Д.С. Грачев, Д.А. Голубенко // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы международной научно-практической конференции. – Ч. I. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С. 93 - 97.

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

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

8. Липа, О.А. Оценка надежности воздушных линий электропередачи в Московской энергосистеме / О.А. Липа, Д.А. Липа, В.А. Карев // 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. 57-60.

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Лакомов И.В., к.т.н., доцент, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, кафедра электротехники и автоматики, Россия, Воронеж, e-mail: lakomov1960@yandex.ru

Рассматриваются пути повышения эффективности применения нагревательных установок в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: *энергозатраты, экономическая эффективность, энергоресурсы, технологический эффект, эксплуатационные показатели.*

Повышение технико-экономической эффективности электротермических установок зависит от ряда факторов, а именно: снижение энергозатрат (экономия энергоресурсов), получение технологического эффекта за счет увеличения объема производства продукции, повышение эксплуатационных показателей.

Кроме перечисленных показателей важно отметить и такие показатели, которые связаны с социальным эффектом – повышение качества условий труда и защиту окружающей среды от деятельности человека.

Пути экономии энергоресурсов. В связи со значительным расширением областей эффективного применения объемов потребления электроэнергии на тепловые нужды особенно остро стоит вопрос ее экономного использования как наиболее ценного и удобного источника тепловой энергии. При этом экономия энергоресурсов должна осуществляться при уменьшении общих удельных затрат на получение продукции.

В области экономии энергоресурсов при электрификации тепловых процессов на сельскохозяйственных предприятиях существуют значительные резервы и имеются конкретные пути их реализации [1, 6].

К основным путям экономии электроэнергии можно отнести:

- применение децентрализованных источников электроснабжения;
- применение местного, зонного технологического обогрева молодняка животных, где требуемый температурный режим создается только в непосредственной близости от животного;
- повышение термического сопротивления теплоизоляции конструктивных элементов технологических помещений (фермы, мастерские, элеваторы и т.д.) до оптимальной величины;
- максимальное использование тепла, выделяемого животными и технологическими механизмами за счет утилизации тепловых выбросов и

вентиляционных потоков;

разработка оптимальных норм теплопотребления, воздухообмена, уточнение расчетных температур, сроков отопительного периода;

автоматизация тепловых процессов с целью поддержания более точных параметров микроклимата в каждом конкретном помещении и всего подразделения;

применение современных технологий выращивания животных, способных выдерживать более суровые климатические условия с целью снижения энергозатрат;

создание теплоаккумулирующих механизмов, работающих во внепиковый период энергоснабжения, для которых удельные расчетные затраты сопоставимы с топливной составляющей, и значительно меньше таких затрат на электроэнергию, потребляемую по свободному графику.

Получение технологического эффекта, связанного с повышением сохранности животных, увеличением производства продукции (продуктивности) и с удельным снижением затрат кормов на единицу продукции, существенно позволит повысить эффективность применения электротермического оборудования.

Проведение экспериментов и получение аналитических выводов позволяет сделать вывод о том, что повышение продуктивности животных на 2–3% позволит окупить все дополнительные затраты на новое оборудование и существенно снизить общие приведенные затраты на электро- и теплоснабжение.

Определение показателей технологического эффекта достаточно трудоемкий процесс, требующий привлечения широкого круга специалистов и значительных затрат времени.

Подтвержденных показателей технологического эффекта от электрообогрева животных немного, и это работа на ближайшую перспективу.

Одной из важных задач повышения эффективности применения электротермических установок является улучшение их эксплуатационных показателей в сельскохозяйственном производстве. При этом необходимо учитывать требования по повышению надежности и рациональному использованию электротепловых устройств [4].

Проведение определенных мероприятий позволит существенно повысить эксплуатационные показатели выпускаемого отечественной промышленностью и применяемого на предприятиях сельского хозяйства электротермического оборудования.

На фермах по выращиванию крупнорогатого скота можно выделить два типа помещений для содержания животных: для взрослого скота и молодняка. В помещениях для взрослого скота расчет систем отопления выполняют на минимально допустимые температуры внутри помещения. При этом повышаются расчетные температуры наружного воздуха и

уменьшается длительность отопительного периода.

Данные требования достигаются улучшением теплотехнических характеристик стен и перегородок здания путем применения специальных строительных панелей-сэндвичей с встроенной теплоизоляцией.

Утилизация тепла удаляемого воздуха с целью подогрева приточного воздуха осуществляется с помощью теплообменников с развитой поверхностью.

Проведение указанных мероприятий позволит снизить затраты электроэнергии на обогрев помещений с животными на 10 – 15 %, а для районов с суровыми климатическими условиями – до 30 %.

В помещениях для выращивания молодняка, особенно в профилакториях для выращивания телят в индивидуальных клетках без подстилки, для различных климатических зон, применяется современное отечественное электротермическое оборудование. К нему относятся следующие установки: электрокалориферы, электроконвекторы, электропанели местного обогрева, специальные теплообменники для подогрева приточного воздуха.

Рациональное сочетание данного оборудования в теплоснабжающих системах позволяет снизить температуру воздуха в помещениях до минимального нормируемого предела, создать различный температурный режим в различных помещениях и в зонах нахождения животных.

Применение рассмотренных систем технологического обогрева телят позволяет уменьшить расход электроэнергии на 45–50% по сравнению с существующими устаревшими системами обогрева.

Для таких помещений, как свиноматки, с точки зрения технологических и технико-экономических показателей выполняют зонный обогрев. Свиноматки помещаются в зону с температурой 10-14°C, поросята-сосуны в зону с температурой 30-32°C в первую неделю, постепенно понижая к отъему до 20°C.

Для создания зонного обогрева в зависимости от используемой технологии и климатической зоны применяются электрические калориферы, снабженные вентилятором, которые обеспечивают общее воздушное отопление помещения до температуры 10–14°C, электрокалориферы-доводчики (электроконвекторы, аэротермы), электронагревательные панели и полы, ИК-облучатели различного типа.

Обеспечение в группе поросят-сосунов температуры 30–32°C для центральной и северной части России возможно только при использовании комбинированного обогрева, а именно: снизу теплые панели и подстилки, сверху ИК-облучателями.

При этом, несмотря на то что установленная мощность комбинированной системы местного электрообогрева поросят-сосунов несколько увеличивается в сравнении с ИК-облучателями и полами, установленная суммарная мощность всех отопительных устройств

электрообогрева свинарника-маточника снижается примерно на 15–20%.

Применение электрических установок для нагрева воды и воздуха позволяет децентрализовать систему теплоснабжения, что дает возможность получать горячую воду и пар непосредственно в местах их потребления. Это существенно снижает потери тепла при транспортировке, позволяет отказаться от внешних трасс теплоснабжения, характерных в таких случаях, при этом доля потерь энергии уменьшается на 15–20 % [2].

Применение современной системы автоматического управления электронагревательными установками и системами аккумуляции тепла позволяет осуществлять работу всего комплекса по принудительному графику в часы пиковой нагрузки на электросеть, что позволит разгрузить систему электроснабжения в часы проседания электроснабжения и увеличить ее КПД [3].

Привязка электроводонагревателей к непосредственному технологическому процессу позволит снизить их единичную мощность, повысит коэффициент использования, отказаться от централизованных крупных мощностей, внедрить систему автоматизированного контроля тепловых технологических процессов [5].

Одним из перспективных путей рационального использования электроэнергии в системах микроклимата сельскохозяйственных производственных помещений является создание и применение электрокалориферных установок, работающих совместно с теплообменными аппаратами.

Экспериментальные исследования вкуче с аналитическими расчетами показывают, что применение теплообменной системы вентиляции по сравнению с электрокалориферной системой вентиляции и отопления позволяет снизить установленную мощность системы на 35–40%, при этом уменьшить сезонных расход электроэнергии на 40–5%. Необходимо отметить, что порядок цифр зависит от климатической зоны функционирования сельхозпредприятия.

Экспериментальные исследования обогрева рассадной пленочной теплицы показали пути сокращения расхода электроэнергии и снижения установленной мощности нагревательного устройства. Нагревательные устройства в этом случае применяют в зоне развития рассады, представляющие собой рамные конструкции с натянутым на них электронагревательным кабелем и сверху закрытые специальной пленкой.

На ночь рамы опускают над рассадой на высоту 15–30 см, а на день поворачивают вертикально. Такой способ позволяет сэкономить до 50% электроэнергии, при этом до 25% от этого экономится за счет автоматического управления температурным режимом, ступенчатого регулирования мощности нагревательных элементов, применения бесконтактных силовых коммутационных устройств, и снизить практически вдвое установленную мощность нагревательного устройства

по сравнению с существующими системами почвенно-воздушного обогрева.

Существующая система оценки стоимостных показателей топлива и электроэнергии позволяет сделать вывод о том, что электрическая схема теплоснабжения является экономичной как для животноводческих ферм, так и для пленочных теплиц. Рост эффективности применения электронагревательных устройств будет продолжаться на фоне развития автоматизированных систем и создания современных электротехнических устройств.

Литература:

1. Дайнеко В.А. Электрооборудование сельскохозяйственных предприятий: учеб. пособие. – Минск: Новое знание, 2008. – 320 с.
2. Лакомов И.В., Помогаев Ю.М., Козлов Д.Г. Техническое обслуживание электроустановок: учеб. пособие. – Учебное пособие. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 152 с.
3. Мартыненко И.И., Лысенко В.Ф. Проектирование систем автоматики. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. -243 с
4. Помогаев Ю.М., Пархоменко Г.А., Коробов Г.В. Эксплуатация электрооборудования на предприятиях агропромышленного комплекса: учеб. для вузов. – Воронеж: Издательство ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2013. – 414 с.
5. Фокин В.М.Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. - 240 с
6. Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 4. Использование электрической энергии / Под общ. ред. В.Г. Герасимова. – 9-е изд. – Москва: Издательство МЭИ, 2004. – 696 с.
7. Шичков, Л П. Электродный водонагреватель дозированной мощности для установок нагрева и обогрева / Л.П. Шичков, А.Н. Струков // Агроинженерия. – 2021. – № 4(104). – С. 72-75. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-4-72-75.
8. Закабунин А.В. Математическая экономика: Методические указания по изучению дисциплины и задание для выполнения курсовой работы / А.В. Закабунин. – Москва: Российский государственный аграрный заочный университет, 2007. – 25 с.

УДК 621.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СГЛАЖИВАЮЩЕГО ФИЛЬТРА В НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Еремин М.Ю., к.т.н., доцент, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1, e-mail: emu69@yandex.ru
Еремин А.М., обучающийся, e-mail: ereminvgau@mail.ru

Рассмотрены процессы, протекающие в нелинейных электрических цепях. Предложена обобщённая схема управления работой активного фильтра, позволяющая проводить моделирование динамических процессов. Проведено моделирование работы сглаживающего фильтра в цепях с нелинейной нагрузкой.

Ключевые слова: активный фильтр, трёхфазное напряжение, высшие гармоники, несинусоидальные токи, блоки управления.

Развитие и совершенствование сельскохозяйственного производства предопределяет увеличение номенклатуры и количества потребителей электрической энергии. Современные средства автоматизации реализуются на базе полупроводниковой цифровой и силовой электроники, обладающей нелинейными вольт-амперными характеристиками и способной приводить к искажениям синусоидальных напряжений в трёхфазных сетях [1, 2, 3].

Работа электроники в импульсных режимах приводит к возникновению явлений резонанса, появлению высших гармоник напряжений и токов, которые способствуют увеличению температуры проводников, преждевременному старению изоляции и значительно снижают ресурс работы оборудования.

Рассмотрим обобщённую схему активного фильтра, представленную на рис. 1.

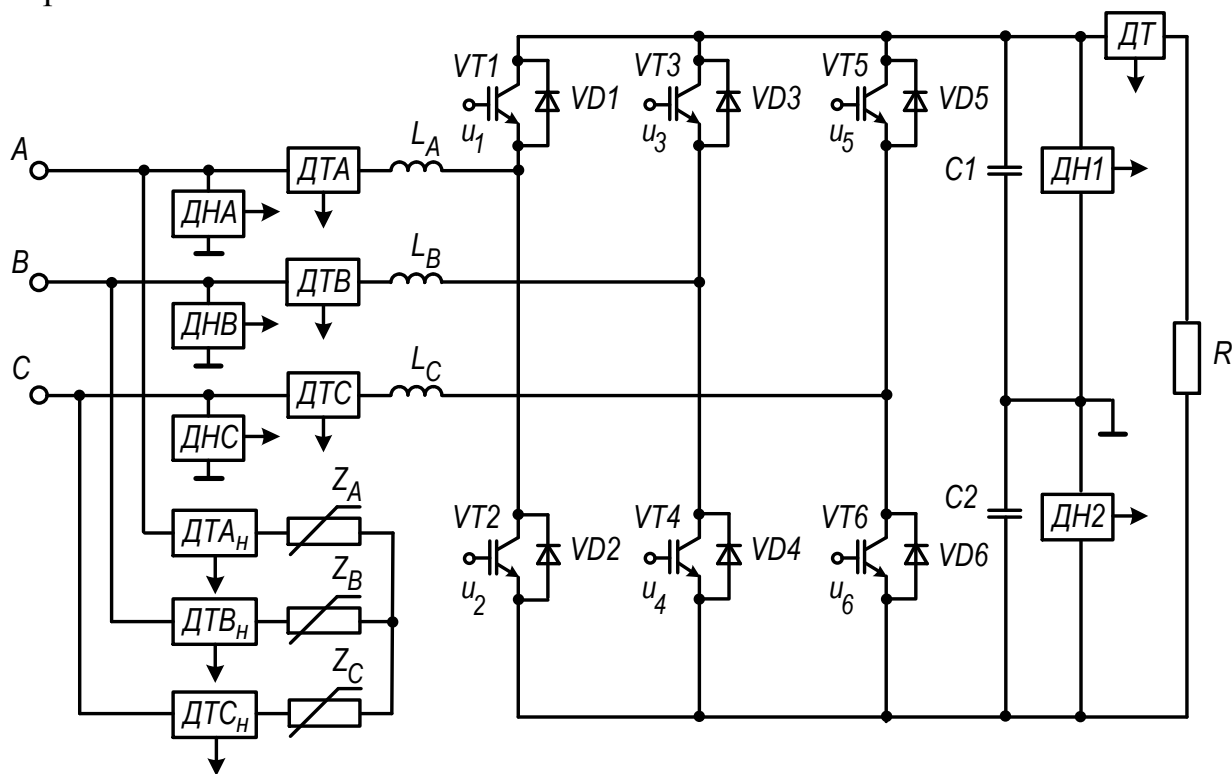


Рис.1. Обобщённая схема активного фильтра

Одним из эффективных способов борьбы с такими негативными явлениями является применение активных фильтров. В общем случае, принцип работы активных фильтров базируется на генерации токов и напряжений, находящихся в противофазе к искажённым сигналам. Среди многообразия схематичных решений, каждый фильтр обладает своими преимуществами и недостатками. Однако, в связи с наличием множества факторов, способствующих формированию высших гармоник в

электрических сетях, единого схематичного решения этой проблемы пока не предложено.

К трехфазному источнику напряжения подключена нелинейная нагрузка (Z_A, Z_B, Z_C). Схема включает в себя наличие датчиков фазных напряжений ($ДНА, ДНВ, ДНС$) и токов ($ДТА, ДТВ, ДТС$), а также датчиков тока нелинейной нагрузки ($ДТА_H, ДТВ_H, ДТС_H$) и напряжения конденсаторов ($ДН1, ДН2$). Сигналы с датчиков напряжений и токов поступают на блоки управления $Б1 - Б3$, рис. 2, где сравниваются с заданными значениями. Блоки управления формируют внутренние сигналы управления. В зависимости от полярности напряжений $u_A(t), u_B(t), u_C(t)$ формируются мгновенные значения токов.

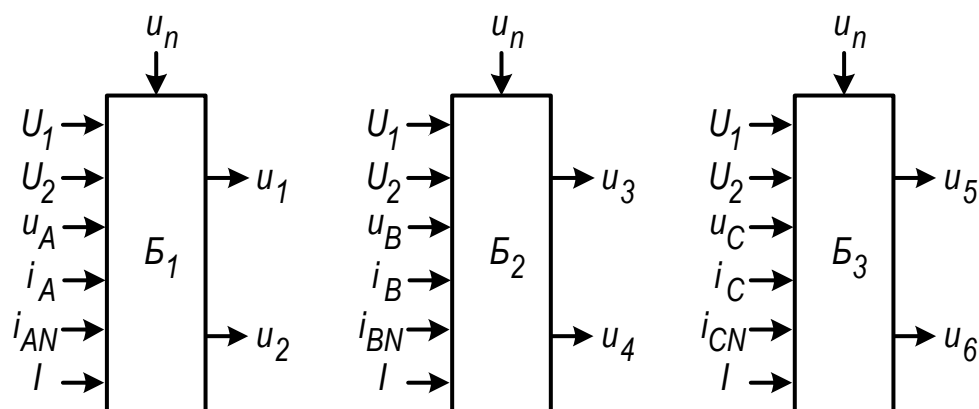


Рис. 2. Блоки управления

В основу работы схемы положен режим широтно-импульсной модуляции [4]. Работу схемы можно пояснить на примере фазы А. Если полуволна синусоидального напряжения u_A положительна и транзистор $VT2$ находится в открытом состоянии, то ток протекающий через дроссель L_A увеличивается, происходит зарядка конденсатора $C1$ (рис. 1). Транзистор $VT1$ и диод $VD1$ в это время находятся в закрытом состоянии.

Если полуволна напряжения отрицательная, а транзистор $VT1$ открыт, то ток, протекающий через дроссель L_A увеличивается, возрастает энергия магнитного поля дросселя и происходит зарядка конденсатора $C2$. В результате на конденсаторах $C1, C2$ поддерживается требуемое напряжение, а ток фазы А, который имеет форму, задаваемую блоком управления, компенсирует токи высших гармоник нелинейной нагрузки.

Проведено моделирование работы активного фильтра в программе Simulink. В качестве источника гармонических колебаний использовался генератор 5 и 7 гармоник. В качестве источника нелинейных колебаний использовалась активно-индуктивная нагрузка.

На рис. 3 представлен график мгновенных значений токов при работе фильтрокомпенсирующего устройства.

Промежуток времени от 0,1 до 0,2 с (рис. 3) характеризует протекание

несинусоидального тока. Включение генератора высших гармоник осуществляется в момент времени $t = 0,2$ с. В интервале времени от 0,2 до 0,4 с моделируется работа схемы без фильтра с учётом наложения несинусоидальных токов и гармонических колебаний высших порядков.

Такое наложение приводит к увеличению коэффициента искажений синусоидальной формы тока. В численном выражении K_I увеличился с 18,24 до 23,78%.

После включения сглаживающего фильтра мгновенные значения тока максимально приблизились к синусоидально изменяющейся функции. Схема позволяет не только обеспечить сглаживание высших гармоник рабочих токов, но и компенсировать потери активной мощности, обусловленные включением активно – индуктивной нагрузки.

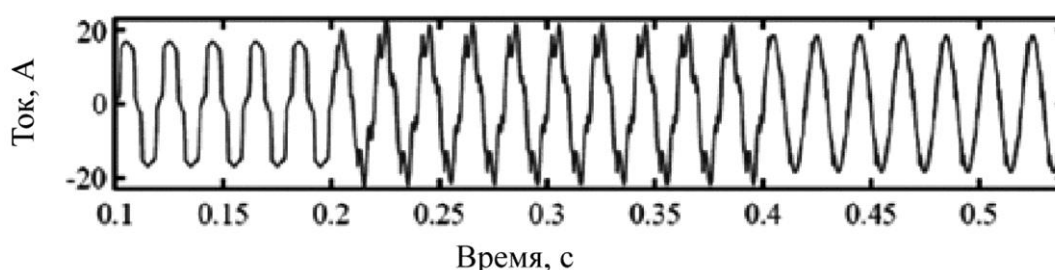


Рис. 3. График мгновенных значений тока при различных возмущающих воздействиях ($t = 0,1 - 0,4$ с) и работе активного фильтра ($t = 0,4 - 0,55$ с)

Таким образом, моделирование работы фильтрокомпенсирующего устройства подтвердило полученные ранее результаты [5, 6]. Использование активного фильтра, управляемого током, целесообразно в тех случаях, когда необходимо компенсировать высшие гармоники тока сети, вызванные как нелинейной нагрузкой, так и внешними факторами.

Литература:

1. Аксёнов, И.И. Обеспечение и поддержание параметров качества электрической энергии / И.И. Аксёнов, М.Ю. Ерёмин, К.С. Васильченко // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 356-361.
2. Аксёнов, И.И. Влияние потребления реактивной мощности на падение напряжения на удалённых участках электрической сети // И.И. Аксёнов, М.Ю. Ерёмин, Н.В. Прибылова, И.В. Ковалев // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 347-351.
3. Ерёмин, М.Ю. Управление компенсацией потерь реактивной мощности в электрических сетях / М.Ю. Ерёмин // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С.128-132.
4. Автоматика: учебное пособие / Д.Н. Афоничев, С.Н. Пиляев, М.Ю. Ерёмин, И.И. Аксёнов, Р.М. Панов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – 231 с.

5. Ерёмин, М.Ю. Обеспечение качественных показателей процесса электроснабжения / М.Ю. Ерёмин, Д.С. Грачев, Д.А. Голубенко // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы международной научно-практической конференции. – Ч.І. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С. 93 - 97.

6. Осипов, А.В. Обеспечение заданных параметров напряжения в электрических сетях / А.В. Осипов, М.Ю. Ерёмин // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 73-й национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов. – Ч.ІІ. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С. 307-312.

7. Токоограничивающие устройства трансформаторного типа / В. А. Альтов, С. С. Иванов, В. В. Желтов [и др.] // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2010. – № 5. – С. 46-54. – EDN MVVWPN.

8. Патент № 2415505 С1 Российская Федерация, МПК H02J 7/02. Преобразователь с дозированной передачей энергии и питанием от сети переменного тока: № 2010100925/07: заявл. 14.01.2010: опубл. 27.03.2011 / Л.П. Шичков, А.Н. Струков; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Российский государственный аграрный заочный университет".

УДК 621.3

КОМПЕНСАЦИЯ ПОТЕРЬ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С АКТИВНО-ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ

Еремин М.Ю., к.т.н., доцент, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1, e-mail: emu69@yandex.ru
Еремин А.М., обучающийся, e-mail: ereminvgau@mail.ru

Проведено моделирование работы устройства для компенсации потерь реактивной мощности в программе MATLAB. Получены значения снижения потерь реактивной мощности в зависимости от нагрузки и коэффициента загрузки трансформатора. Наибольшее значение коэффициента мощности наблюдалось при коэффициенте загрузки оборудования близком к единице, для которого и проводились расчёты.

Ключевые слова: моделирование в MATLAB, потери мощности, компенсирующее устройство, коэффициент гармоник.

Развитие агропромышленного комплекса связано не только с получением, но и с переработкой сельскохозяйственной продукции. Поэтому, в настоящее время, особое внимание уделяется решению задач обеспечения и внедрения энергосберегающих технологий на сельскохозяйственных предприятиях. Одним из путей снижения энергозатрат является уменьшение потерь мощности за счёт рациональной компенсации реактивной составляющей на активно-индуктивной нагрузке.

Сложность математического описания электротехнических

параметров при работе с активно-индуктивной нелинейной нагрузкой заключается в том, что такая нагрузка приводит к протеканию токов, имеющих несинусоидальную форму, кроме того наличие значительного количества электроприёмников приводит к наложению амплитуд колебаний, которые сложно учесть при моделировании работы компенсирующих электротехнических устройств [1, 3, 5]. Одним из основных способов снижения потерь мощности является стремление максимально приблизить значение коэффициента мощности к единице. В этом случае потери реактивной мощности становятся близки к минимуму, а вся полная потребляемая мощность затрачивается на совершение полезной работы.

Потери мощности до компенсации можно определить из условий:

$$\Delta P_1 = 3 \cdot I^2 \cdot R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R. \quad (1)$$

Включение компенсирующего устройства позволяет генерировать компенсационную реактивную мощность Q_k , которая находится в противофазе с реактивной мощностью электродвигателей.

Тогда после компенсации потери мощности станут равны:

$$\Delta P_2 = \frac{P^2 + (Q - Q_k)^2}{U^2} \cdot R. \quad (2)$$

где Q_k – реактивная мощность компенсационного устройства, ВАр.

Таким образом, общее снижение потерь мощности составит

$$\Delta P_1 - \Delta P_2 = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R - \frac{P^2 + (Q - Q_k)^2}{U^2} \cdot R = \frac{(2Q - Q_k) \cdot Q_k}{U^2} \cdot R. \quad (3)$$

По полученным расчетным данным можно определить необходимое количество устройств компенсации реактивной мощности, а также места для их размещения. Непосредственное размещение устройств у потребителя является приоритетным, так как это кардинально уменьшает потери электроэнергии в сети и влияет на ее качество у потребителя. С учетом требуемого резерва потребление реактивной мощности должно обеспечиваться требуемой мощностью для поддержания требуемого уровня напряжения в узлах электросети. Генерируемая реактивная мощность получается из реактивной мощности, вырабатываемой генераторами электростанций, и реактивной мощности компенсирующих устройств, размещенных в электрической сети и в электроустановках потребителей энергии.

Моделирование процессов компенсации потерь реактивной мощности проводили с использованием программы MATLAB, которая позволяет представлять физические процессы в виде функциональных графических блоков и с успехом решать поставленные инженерные задачи [2]. В основу

модели положена трёхфазная система ЭДС напряжением 10 кВ, рис. 1, трансформатор ТМ-400/10, параллельно включённая компенсационная ёмкость, соединённая по схеме звезда и электрическая цепь с элементами RLC.

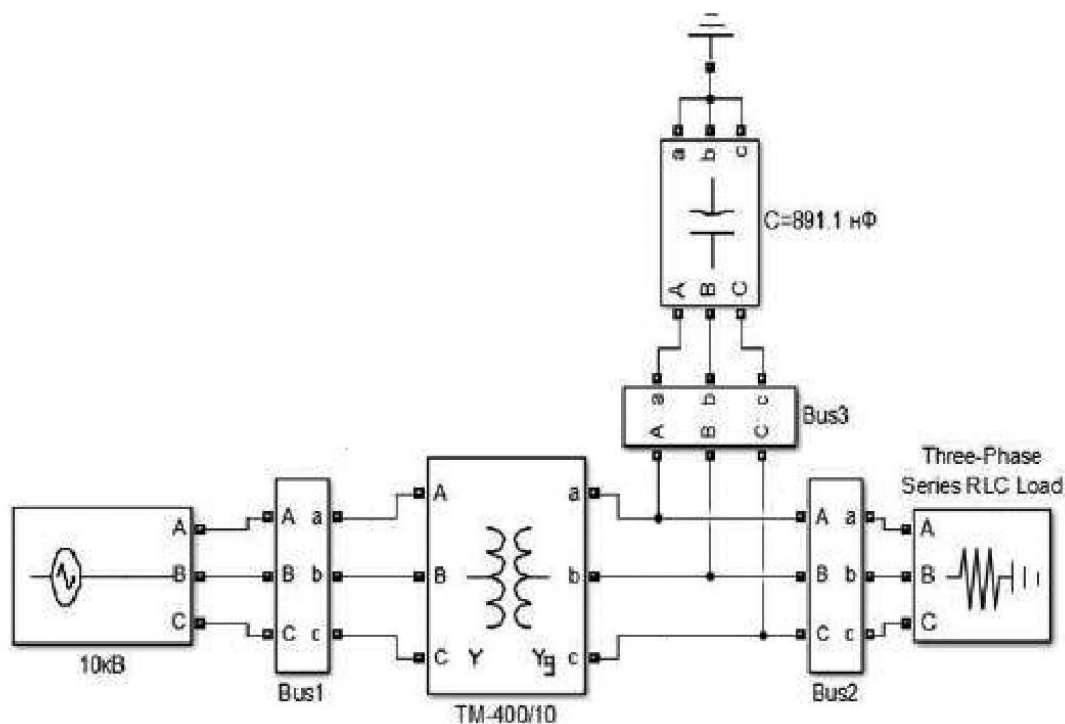


Рис. 1. Моделирование компенсации потерь реактивной мощности в программе MATLAB

В результате проведённого моделирования получены значения снижения потерь реактивной мощности в зависимости от нагрузки и коэффициента загрузки трансформатора. Наибольшее значение коэффициента мощности равное 0,95 наблюдалось при коэффициенте загрузки близком к единице, для которого и проводились расчёты.

Модернизация электрооборудования и замена старого оборудования на новое также способствует снижению потерь мощности. Практика внедрения методов и средств диагностирования показывает, что основные работы по модернизации целесообразно проводить при текущем и капитальном ремонте электрооборудования. Выполнение этих работ обычно должно предусматриваться техническими условиями на сдачу и выдачу электрооборудования из ремонта, а также техническими требованиями на текущий и капитальный ремонт. Технология повышения контролепригодности электрооборудования при ремонте должна быть изложена в технологической документации на ремонт.

Как средство регулирования напряжения, компенсирующие устройства можно устанавливать в системах, имеющих дефицит реактивной мощности [4, 6]. Однако и в системах с удовлетворительным уровнем напряжения целесообразной может быть установка данных

устройств. Обычно синхронные компенсаторы устанавливаются по условиям работы линии электропередач сверхвысоких напряжений и в узлах, где пропускная способность в линиях находится в несоответствии с нагрузкой. Синхронные компенсаторы менее эффективны, как средство снижения потерь, так как потери мощности их использование составляет только 2% от всех компенсирующих устройств. Поэтому наиболее же эффективной является установка батареи конденсаторов.

Показателем, характеризующим количественное значение реактивной мощности принято называть коэффициент мощности. Он равен отношению активной мощности к полной. В оптимальном режиме работы этот коэффициент должен быть равен единице, но этого не происходит из-за понятия реактивной энергии. Без её компенсации происходит значительное увеличение потребляемой мощности в электрических цепях (до 35% от расчётной величины).

Реактивный ток даёт серьёзную нагрузку на всю сеть, из-за этой проблемы приходится в разы увеличивать площадь поперечного сечения кабеля, а это, в свою очередь, приводит к увеличению затрат на производство.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наиболее эффективными и экономичными способами снижения потерь мощности является установка компенсационных конденсаторных устройств и оснащение электрических сетей сглаживающими фильтрами. Все остальные методы также имеют высокую эффективность, но в тоже время являются более затратными.

Литература:

1. Иванов, А.Ю. Энергосберегающие технологии компенсации реактивной мощности и мощности искажений / А.Ю. Иванов и др. // Томск: Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т.317. – № 4. – С. 94-100.

2. Автоматика: учебное пособие / Д.Н. Афоничев, С.Н. Пиляев, М.Ю. Еремин, И.И. Аксёнов, Р.М. Панов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – 231 с.

3. Ерёмин, М.Ю. Управление компенсацией потерь реактивной мощности в электрических сетях / М.Ю. Ерёмин // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С.128-132

4. Кичигин, О.Р. Определение оптимальных параметров компенсации реактивной мощности / О.Р. Кичигин, Д.В. Кузнецов, М.Ю. Еремин // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 72-й студенческой научной конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – С.159-162.

5. Аксёнов, И.И. Влияние потребления реактивной мощности на падение напряжения на удалённых участках электрической сети // И.И. Аксёнов, М.Ю. Ерёмин, Н.В. Прибылова, И.В. Ковалев // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 347-351.

6. Ерёмин, М.Ю. Обеспечение качественных показателей процесса электроснабжения / М.Ю. Ерёмин, Д.С. Грачев, Д.А. Голубенко // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы

международной научно-практической конференции. – Ч.І. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С. 93 - 97.

7. Попова, М.В. Разработка и обоснование параметров токоограничивающего устройства для систем сельского электроснабжения: специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Попова Мария Вячеславовна. – Москва, 2012. – 182 с.

8. Мероприятия по повышению электробезопасности персонала при работе с воздушными линиями на основе СИП / А.В. Закабунин, Т.В. Миги, В.М. Мальцев, А.В. Андреевич // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2021. – № 38(43). – С. 42-47.

УДК 681.5:631.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИТИ-ФЕРМЕРСТВА ПУТЕМ ПРОЦЕССОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ МИКРОКЛИМАТА ПРИ ГИДРОПОННОМ ВЫРАЩИВАНИИ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР

Корольков С.А., аспирант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: ya.rus88@bk.ru

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

В статье проведен анализ проблемы рентабельности сити-фермерства. Дано краткое описание экспериментальных исследований, направленных на усовершенствование автоматизированной гидропонной установки с системой капельного полива. Предложено техническое решение, позволяющее существенно повысить энерго- и ресурсоэффективность данной агроустановки.

Ключевые слова: сити-фермерство, ресурсо- и энергоэффективность, автоматизированная гидропонная установка, капельный полив, процессорное управление, параметры микроклимата.

Введение

Современный уровень урбанизации стал отправной точкой для возникновения так называемого сити-фермерства, которое становится все более популярным и как вид деятельности включает в себя элементы конструирования и агротехнологии. Зарубежные и отечественные производители предлагают готовые решения в виде различных комплексов и технических устройств, теоретически позволяющих всем желающим стать сити-фермером и самостоятельно выращивать цветы, лекарственные травы и зеленые овощи круглый год.

Несмотря на вариабельность таких установок, ценовой диапазон

большинства из них сдерживает развитие сити-фермерства в широких масштабах. Кроме того, они обладают рядом недостатков (прежде всего, высокой ресурсо- и энергоемкостью, а также невысокой точностью управления параметрами микроклимата), которые затрудняют выращивание продукции требуемого качества и повышают ее себестоимость. Как считают авторы, одним из путей, повышающим рентабельность сити-ферм, является их оснащение автоматизированными системами капельного полива.

Капельный полив – это экономичный метод полива, который позволяет эффективно использовать более 90% воды, поступающей в сити-ферму. В отличие от таких распространенных способов полива, как спринклерный полив, который эффективен только на 65-75%, капельный полив сокращает вероятность утечки и минимизирует испарение, поскольку он доставляет воду непосредственно к корням растения и делает это очень медленно, не вызывая избыточного переувлажнения в прикорневой зоне.

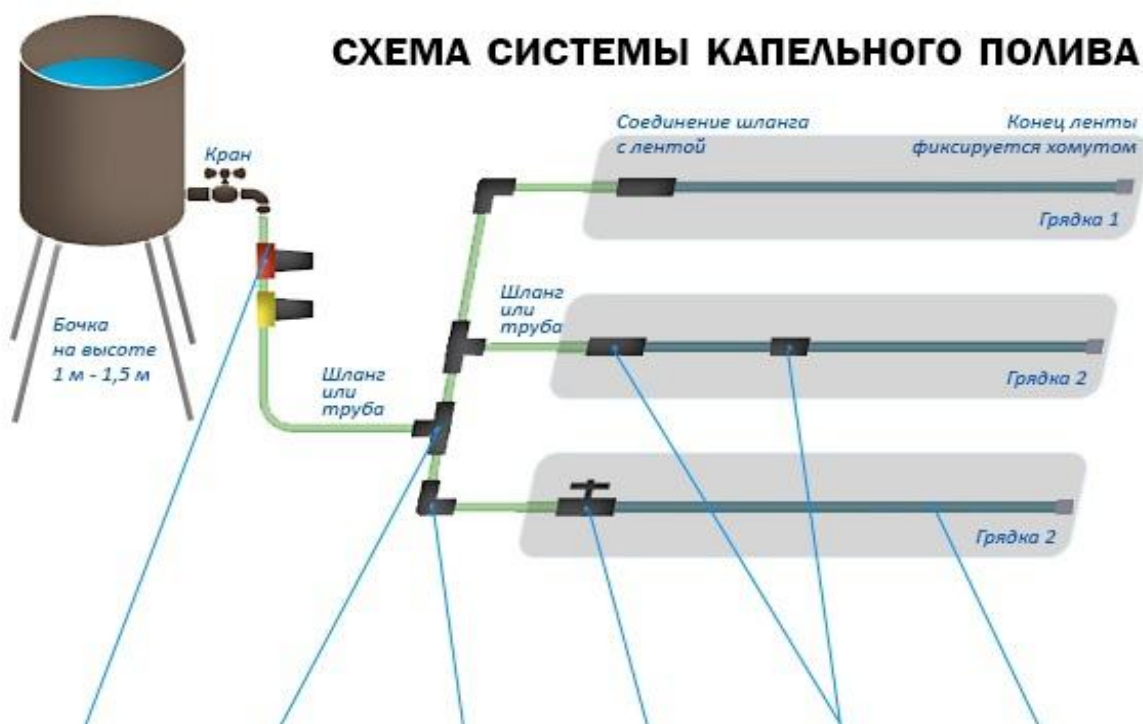


Рис. 1. Функциональная схема системы капельного полива

В настоящее время капельный полив используется в промышленных теплицах и хорошо себя зарекомендовал как с позиций ресурсоэффективности, так и сточки зрения создания оптимальных условий роста овощной, зеленой и цветочной продукции. Вместе с тем, обычные домовладельцы, садоводы и огородники могут воспользоваться

преимуществами использования системы капельного полива, изображенной на рис. 1, для организации круглогодичных садов, а также для полива деревьев, клумб, цветов и овощных грядок.

В текущем году на базе лаборатории «Сити-фермерство» ГБПОУ КО «Губернаторский аграрный колледж» Калужской области были проведены экспериментальные исследования подобного рода системы с дальнейшей разработкой технического задания. Результаты лабораторных испытаний, с одной стороны, подтвердили конструктивное совершенство отдельных частей установки, и, с другой стороны, доказали возможность проверки и корректировки ряда параметров применяемого оборудования.

Цель, объект и методы исследования

Объектом исследования является автоматизированная гидропонная установка с системой капельного полива.

Цель исследования – разработка методики и технических требований по проектированию устройства диагностирования автоматизированных систем управления капельным поливом и искусственным досвечиванием растений, имитирующим солнечное свечение в условиях, приближенных к субтропическому климату.

Исследования выполнялись с использованием научных и практических методов, описанных в [1, 2, 3], опираясь на реальные показания измерительных приборов и оборудования лаборатории. Кроме того, предусматривалось проведение экспериментальных работ с целью получения достоверной информации о показателях надежности работы сборочных единиц гидропонной установки и обоснование параметров их диагностирования.

Методика проведения экспериментальных исследований

После определения коэффициентов повторяемости отказов автополива осуществлялся анализ их применимости для диагностирования отдельных сборочных единиц экспериментальной установки, как разработанных авторами, так и выпускаемых серийно (рис. 2 3). После чего устанавливается перечень необходимых средств, в том числе предназначенных для дальнейшей разработки.

Технические требования к проектированию унифицированных средств программирования и диагностирования должны в общем случае соответствовать требованиям соответствующих разделов ГОСТ.

Результаты исследования

Проведенные исследования оборудования типовой, промышленно выпускаемой установки «Сити-ферма» показали, что в перспективе необходимо заменить контроллер *Arduino Uno* на контроллер *Raspberry Pi 4* [4] для диагностирования дополнительных ярусов гидропонной установки.



Рис.2. Экспериментальная гидропонная установка с системой капельного полива



Рис. 3. Диагностическое оборудование экспериментальной установки

Предварительные маркетинговые обоснования параметров устройства позволили наметить его основные характеристики предлагаемого контроллера. Так, например, контроллер на кристалле *Broadcom BCM2711* [5] включает в себя 4-ядерный 64-битный процессор *Cortex-A72 (ARM v8)* с частотой 1,5 ГГц и графический процессор *GPU VideoCore VI* с частотой 500 МГц. Его применение позволит осуществить поэтапное увеличение

производительности труда рассматриваемых агроустановок и обеспечить существенное энерго- и ресурсосбережение при круглогодичном выращивании в них зеленных культур.

Ожидаемый экономический эффект от разработки устройства составит более 4300 рублей в пересчете на одну гидропонную установку, оборудованную автоматической системой капельного полива.

Выводы

1. В результате проведенных исследований установлена вероятность появления отказа в различных сборочных единицах, что позволило составить перечень диагностических устройств, необходимых для предупреждения отказов.

2. Разработаны технические требования по проектированию информационно-управляемой установки капельного полива.

Литература:

1. 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 // Материалы международной заочной научно-практической конференции «Ресурсосберегающее энергетическое оборудование и машины для производства сельскохозяйственной продукции»: сб. трудов. – Балашиха: изд-во РГАЗУ, 2018. – с. 79 - 85.

2. Липа О.А., Липа Д.А., Гамзатов Н.Г., Рамазанов Т.К. К вопросу совершенствования системы многоканального регулирования параметрами микроклимата в блочных теплицах // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники и технологий: материалы Международной заочной научно-практической конференции, 14-15 апреля 2021 г. / Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. – Балашиха, 2021. – с. 86-89.

3. Липа О.А., Липа Д.А. Использование нечетких методов управления при вводе в эксплуатацию энергоемких объектов АПК // Техника и оборудование для села. – М., 2015 г., № 12. - с. 30-32.

4. https://www.pleer.ru/product_696802_Raspberry_Pi_4_Model_B_4Gb.

5. <https://goods.ru/catalog/details/mikrokompyuter-raspberry-pi.ru>

6. Мелков, Е.В. Автоматизированное управление инженерными системами с применением оборудования на базе российского протокола Bus77 как инструмент повышения энергетической эффективности административно-офисного здания предприятия АПК / Е.В. Мелков, М.В. Попова // 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. 78-83.

7. Проектирование и разработка бесперебойного обогрева тепличной оранжереи / Л.П. Шичков, А.Н. Струков, Д.К. Ключевская, Д.А. Лаврова // 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. Система обогрева теплицы на основе однофазного электродного водонагревателя с коаксиальной системой трубчатых электродов / Л.П. Шичков, А.Н.

Струков, А.В. Сидоров // 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.

УДК 621.365:638.14

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАСПРЕДЕЛЁННОГО ЭЛЕКТРООБОГРЕВА ПЧЕЛИНЫХ УЛЬЕВ НА ПАСЕКЕ

Шичков Л.П., д.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: shichkov@yandex.ru

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

Рассмотрены вопросы состояния и возможные перспективы совершенствования локального электрообогрева пчелиных ульев непосредственно на пасеке в различные периоды года.

***Ключевые слова:** электронагреватель, трансформатор, выпрямитель, источник бесперебойного электропитания, пчелиный улей, температура, регулирование, резервирование.*

Пчеловодство, как самостоятельная отрасль сельского хозяйства, непрерывно совершенствуется. Разрабатываются и внедряются новые технологии и средства содержания пчёл. В частности, всё шире внедряется электротехнология управляемого электрообогрева пчелиного улья непосредственно на его постоянном месте установки в течение всего года, включая зимний период. Такой подход существенно сокращает трудозатраты на содержание пчёл [1-4]. Так как уровень мёдопродуктивности пчелиной семьи сильно зависит от качества прохождения зимовки, то на сегодняшний день все чаще стали использовать различные системы электрообогрева пчелиных ульев. Установка данных систем дает пчеловодам ряд преимуществ, таких как:

- снижение расхода корма;
- увеличение продуктивности;
- подавление инфекционных и паразитарных заболеваний;
- увеличение поголовья пчёл;
- ускорение развития семей весной.

Эти преимущества описывают в своих работах такие исследователи как: Еськов Е.К., Тобоев В.А., Рыбочкин А.Ф. и другие.

Но вместе с тем не решены проблемы по надежности систем

электрообогрева. Для небольших пасек отказ системы не так критичен, так как можно в короткий промежуток времени провести утепление ульев пленкой или другими теплоизоляционными материалами, а также использовать дизельные или бензиновые генераторы в качестве резервных источников питания. Для средних и больших хозяйств отказ работы системы может привести к повышению энергетических затрат организма пчел при терморегуляции или же привести к гибели поголовья из-за переохлаждения. Соответственно можно сделать вывод, что перерыв в электроснабжении не допускается – это относит данные пасеки к первой либо ко второй категории потребителей электроэнергии по надёжности электроснабжения [6].

На сегодняшний день существует множество видов нагревательных элементов, в том числе разработанных именно для обогрева ульев для пчёл. Наиболее распространенными и эффективными являются плоские низко температурные электрообогреватели рис.1 [5].

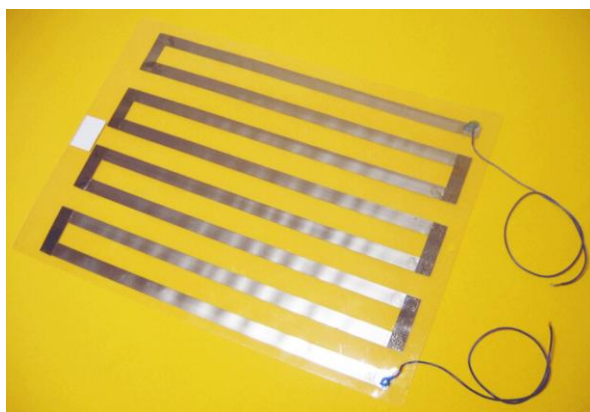


Рис. 1. Плёночный плоскостной электронагреватель для ульев типа ПЛЭН:
(303x216 мм, 12В/18-20 Вт)

С учётом зимнего периода мощность управляемого электронагрева одного типового улья составляет 30...50 Вт. Обычно плоские электрообогреватели устанавливают в ульи с повышенным подрамочным зазором, чтобы нижний леток (вход) улья был ниже уровня плоского электронагревателя. При этом достигается наименьший удельный расход электроэнергии. (Е.К.Еськов, А.И. Топорцев А.И. "Нагревательные элементы в улье"). Вместе с тем, расположение электронагревателя горизонтально внизу улья может повлечь за собой загрязнение его продуктами жизнедеятельности пчёл, что приведет к потере его энергоэффективности. Расположение нагревателя в верхней части улья является нецелесообразным, из-за отсутствия должной терморегуляции внутри улья. В связи с этим, одним из вариантов нами предложено размещать два нагревательных элемента на заставных досках по бокам в нижней части улья, что позволит избежать вышеописанных проблем.

Так как персонал пасеки при обслуживании ульев находится в условиях повышенной опасности поражения электрическим током, то согласно требованиям ПУЭ напряжение питания электронагревателей ульев должно быть не выше 42 вольт [6-8]. При этом, для исключения дискомфорта звукового влияния переменного тока нагревателя на поведение пчёл, предпочтительно использовать постоянный ток. Например, постоянный ток пониженного напряжения на выходе выпрямителя. В этом случае для унификации электрооборудования принимать стандартизованные значения пониженного напряжения постоянного тока: 12В, 24В и 36В. Угроза отказа системы электрообогрева пчелиных ульев связана с возможным нарушением сетевого электроснабжения. Поэтому, как указывалось выше, должно предусматриваться сетевое либо автономное резервирование электроснабжения. Предлагаемая структура автоматизированной системы электрообогрева ульев постоянным током повышенной надёжности электроснабжения представлена на рис.2.

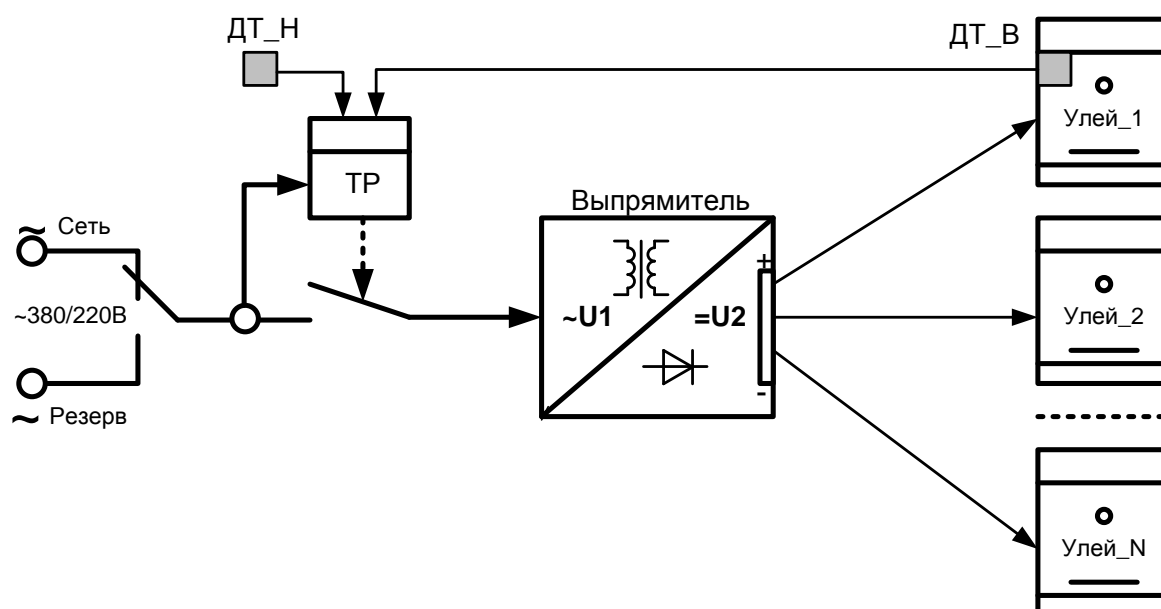


Рис.2. Схема функциональной структуры автоматизированной системы электрообогрева ульев постоянным током: ТР – терморегулятор; ДТ_Н и ДТ_В – датчики температуры соответственно наружного воздуха и внутреннего в контрольном улье

В качестве источника постоянного тока в системе рис.2 предусматривается использовать однофазный либо трёхфазный понижающий трансформатор с подключённым на выходное напряжение мостовым выпрямителем. Такими источниками постоянного тока пониженного напряжения могут быть унифицированные аппаратные средства, широко используемые для заряда аккумуляторных батарей на номинальные напряжения 12В, 24В или 36В соответствующей мощности. Автоматическое управление температурным режимом ульев осуществляет

электронный терморегулятор ТР, с подключёнными на его входе датчиками ДТ_Н и ДТ_В наружного воздуха и внутреннего в контрольном улье. В зависимости от текущих значений контролируемых параметров температуры коммутируется электрическая цепь питания выпрямителя. При этом возможно автоматическое управление как по отклонению регулируемого параметра от заданного значения датчиком ДТ_В, так и по внешнему возмущению датчиком ДТ_Н. Система электрообогрева ульев постоянным током пониженного напряжения рис.2 предусматривает ручное либо автоматическое подключение к источнику резервного электроснабжения. В качестве такого источника могут быть: резервная линия электроснабжения, аккумуляторный источник бесперебойного питания (ИБП) либо автономный электрогенератор с двигателем внутреннего сгорания (ДВС). Возможно так же использование в составе ИБП для заряда аккумуляторного накопителя электроэнергии соответствующих солнечных батарей, что существенно снижает энергозатраты на электрообогрев ульев.

Литература:

1. Еськов, Е.К. Микроклимат пчелиного улья и его регулирование / Е.К. Еськов. – М.: Россельхозиздат, 1978. – 81 с.
2. Еськов, Е.К. Микроклимат пчелиного жилища / Е.К. Еськов. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 191 с.
3. Еськов, Е.К. Зимовка пчелиных семей. Новосибирск: РИПЭЛ, 1992. – 16 с.
4. Тихомиров, В.В. Зимовка пчёл / Е.К. Еськов. –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. Литвин, В.И. Экспресс-оценка эффективности внедрения мероприятий по энергосбережению / В. И. Литвин // Проблемы региональной энергетики. – 2012. – № 3(20). – С. 85-90.
7. Закабунин, А.В. Математическая экономика: Методические указания по изучению дисциплины и задание для выполнения курсовой работы / А. В. Закабунин. – Москва: Российский государственный аграрный заочный университет, 2007. – 25 с.
8. Шавров, А.В. Основы теории управления: учебное пособие / А.В. Шавров, А.А. Шавров, О.А. Липа // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Российский государственный аграрный заочный университет. – Москва: Российский государственный аграрный заочный университет, 2005. – 104 с.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ДЛЯ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК

Афонин А.К., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70

Акулов В.И., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70

Закабунин А.В., к.т.н., доцент, тел: 8 (926)171-87-55, e-mail: Zakabunin@yandex.ru

Сети наружного освещения являются неотъемлемой частью инженерной инфраструктуры. Энергоэффективное освещение подразумевает обеспечение необходимой освещённости при уменьшении затрат на потребляемую электроэнергию и замену источников света. Рассмотрено применения новых технологий и использование альтернативных источников энергии, направленных для энергосбережения уличного освещения.

Ключевые слова: энергосбережения, энергоэффективность, электроосвещение.

Основной задачей в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности является разумное и бережное использование энергетических ресурсов на основе обеспечения заинтересованности потребителей в энергосбережении, в повышении собственной энергетической эффективности. Сети наружного освещения являются неотъемлемой частью инженерной инфраструктуры. Энергоэффективное освещение подразумевает обеспечение необходимой освещённости при уменьшении затрат на потребляемую электроэнергию и замену источников света.

Необходимая освещённость должна соответствовать заданным нормам и параметрам в нужном месте и в нужное время при обеспечении качественных характеристик освещения: требуемый спектральный состав излучения, ограничение пульсаций светового потока и неравномерность распределения яркости в поле зрения, отсутствие в поле зрения близких источников, вызывающих слепящее действие. Необходимая освещённость достигается за счёт оптимизации размещения светильников, подбора цвета и контраста

Появление новых технологий в системах наружного (уличного) освещения позволяет получить большой экономический эффект. Практика показывает, что при их внедрении потенциал экономии электроэнергии в большинстве сетях уличного освещения может составлять более 50%.

Энергоэффективное освещение может быть выполнено за счёт минимизации трёх переменных:

- число часов использования;

- установленная мощность светильников;
- затрат на приобретение и установку или замену ламп.

Энергопотребление напрямую зависит от лампы, которой оборудован уличный светильник. На сегодняшний день широко используются газоразрядные лампы высокого давления (натриевые, ртутные, галогеновые).

Использование натриевых ламп позволяет значительно сократить энергопотребление. Такие устройства дают белое освещение максимально приближенное к естественному, а также обладают длительным периодом эксплуатации и доступной стоимостью. Так, замена светильника с лампой ДРЛ 400 Вт (световой поток 22 клм) на светильник аналогичного назначения с лампой ДНАТ 250 Вт (световой поток 27 клм) позволяет снизить расход электроэнергии на 580 кВт·ч в год и повысить уровень освещения на 22%. Соответственно, замена светильника с лампой ДРЛ 250 Вт (световой поток 12,5 клм) на светильник с лампой ДНАТ 150 Вт (14,5 клм) — годовое снижение расхода электроэнергии почти 400 кВт·ч и т. д. Поэтому натриевые лампы как источники света применяются все шире для экономичного наружного освещения.

Сравнение светильников ДРЛ, ДНАТ и светодиодных светильников.

Таблица 1

Параметры типовых ламп и светильников ДРЛ и ДНАТ

Вид	Тип	Номинальная мощность, Вт	Потребляемая активная мощность, Вт	Среднее время горения, часов	Световой поток лампы, Лм (начальный)	Средний световой поток с учетом КПД светорассеивателя светильника, Лм (начальный)	Средний световой поток светильника с лампой, Лм (через 3 месяца эксплуатации) <i>Для подбора LED аналогов*</i>	Средний световой поток с учетом КПД светорассеивателя светильника, Лм (через 1 год эксплуатации)
ДРЛ	ДРЛ-125	125	140	12 000	6 000	4 400	3 100	2 600
	ДРЛ-250	250	280	12 000	13 200	9 650	6 800	5 800
	ДРЛ-400	400	460	15 000	24 000	17 500	12 300	10 500
	ДРЛ-700	700	820	20 000	41 000	29 950	21 000	18 000
	ДНАТ-50	50	55	6 000	3 700	2 800	2 400	2 200
	ДНАТ-70	70	80	6 000	6 000	4 400	3 900	3 500
	ДНАТ-100	100	115	6 000	9 400	6 850	6 000	5 500
	ДНАТ-150	150	170	10 000	14 500	10 600	9 400	8 500
	ДНАТ-250	250	300	15 000	26 000	19 000	16 700	15 200
ДНАТ-400	400	470	15 000	48 000	35 100	33 800	28 000	

Таблица 2

**Сравнительные характеристики светильников с лампами
ДРЛ, ДНАТ и LED(светодиодный)**

Тип лампы	ДРЛ	ДНАТ	Светодиодный светильник
Начальная светоотдача с учетом КПД светильника (только лампы)	33 Лм/Вт (46 Лм/Вт)	60 Лм/Вт (83 Лм/Вт)	115 Лм/Вт (130 Лм/Вт, <i>варьируется 90-135 Лм/Вт от типа светодиодов</i>)
Снижение светового потока через 3 месяца (1 год эксплуатации)	30% (40%)	12% (20%)	2% (4%)
Светоотдача с учетом КПД светильника через 3 месяца /1 год эксплуатации	23 Лм/Вт (20 Лм/Вт)	51 Лм/Вт (48 Лм/Вт)	112 Лм/Вт (110 Лм/Вт)
Срок службы, часов	12 000 (3 года*)	10 000 (2,5 года*)	80 000 (21 год*)
Контрастность и цветопередача	слабая	очень слабая	высокая
Механическая прочность	средняя	средняя	отличная
Температурная устойчивость	слабая	очень слабая	отличная
Устойчивость к перепадам	слабая	слабая	отличная
Время выхода в рабочий режим	10-15 мин	10-15 мин	1-2 секунды
Нагревается	сильно	сильно	умеренно
Экологическая безопасность	лампа содержит до 100 мг паров ртути	лампа содержит натриево-ртутную амальгаму и ксенон	абсолютно безвредна

Все чаще в качестве осветительного элемента используют светодиодные лампы и светильники, позволяющие сократить энергопотребление. Такие светильники обладают множеством преимуществ, как в техническом плане, так и в эксплуатационном.

- высокая светоотдача (экономит электроэнергию);
- длительный период эксплуатации (позволяет сократить расходы на тех. обслуживание);
- отсутствие вредных примесей (повышает безопасность граждан и сокращает расходы на утилизацию);
- отсутствие мерцания (уменьшает вредное влияние на здоровье);
- быстрое время включения (менее 1 сек.);
- устойчивость к перепаду температур (от +45 до -60°С);
- изменению параметров напряжения;
- отсутствие возможности перегрузки электросети;

- минимальный нагрев прибора;
- не привлекает насекомых и т.п.

Все эти качества позволяют сократить расходы и повысить эффективность освещения, но при этом светодиодные светильники дорогостоящие по сравнению с обычными лампами. Но согласно статистике срок окупаемости составляет 1-2 года, не требуется специального обслуживания и утилизации оборудования. Срок службы светодиодных светильников более 10 лет.

Значительную экономию электроэнергии дает введение так называемого режима «ночной фазы». При работе такой системы управления предусматривается два режима работы линий освещения – вечернее и ночное. При вечернем режиме включены все светильники, а при ночном – часть (1/3 или 2/3) светильников отключаются за счет отключения одной или двух фаз в каждой из отходящих от шкафа управления линий освещения.

Одно из направлений в области энергосбережения – использование специальных регуляторов-стабилизаторов для питания наружного освещения. Помимо регулирования это устройство позволяет выровнять напряжение питания, создать оптимальный режим для работы ламп и продлить их долговечность. Можно запрограммировать устройство по астрономическому графику или по специальному режиму. Но данные регуляторы не нашли широкое применение в силу того, что большинство существующих линий имеют плачевное состояние и значительную протяженность, что приводит к тому что на конце линии происходит снижение питающего напряжения до уровня когда лампы гаснут. Таким образом, при снижении напряжения на входе линии для организации энергосбережения не произойдет включение значительного количества ламп или они погаснут в процессе работы. Регулирование возможно в пределах не более 5%, что значительно увеличивает срок окупаемости такой системы.

Дополнение к осветительному прибору в виде фотореле позволяет снизить расход электроэнергии. Это небольшое и простое по конструкции устройство полностью берет на себя управление включением/выключением лампочек в зависимости от уровня освещенности на улице. При наступлении сумерек фотодатчик для уличного освещения активизирует подсветку возле дома, а на рассвете выключает ее. Он прост в устройстве и эксплуатации, но перед приобретением оптимальной модели, надо многое предусмотреть. Основа управляющего уличным освещением фотореле (сумеречного выключателя) – это светочувствительный элемент, реагирующий на имеющуюся яркость солнечного и искусственного света. Когда наступают сумерки, фотодатчик смыкает контакты и подает электроэнергию на светильники, смонтированные на улице возле дома. А при увеличении интенсивности светового потока поутру он снова

размыкает контур, выключая осветительные электроприборы. Светочувствительное реле в автоматическом режиме управляет работой подключенного к нему осветительного прибора, выключая и включая его по мере необходимости. Это существенно сокращает расход электрической энергии уличными светильниками, а также продлевает срок их службы. Ведь они в этом случае работают только тогда, когда это действительно необходимо, а не по 8–9 часов в сутки.

Правильно выбранное место для устройства обеспечит его корректное функционирование. Необходимо учитывать следующее:

- на фотореле должны падать солнечные лучи, т.е. его нужно расположить под открытым небом;
- не стоит размещать источники искусственного света рядом с датчиком;
- размещайте его на такой высоте, чтобы свет фар от проезжающих машин не падал на фотоэлемент;
- высота должна быть удобной для обслуживания (мыть и убирать снег).

Экономить свет на улице можно за счет установки датчиков движения. Датчик движения устанавливается в тех местах, где должны загораться светильники. Чтобы ночью попросту не расходовалась электроэнергия на работу прожектора, можно подключить к нему датчик движения, в результате чего свет будет загораться только при обнаружении движения. Все остальное время прожектор будет выключен. Экономия даже после первого месяца будет ощутима. Единственный недостаток – нужно собрать такую схему, при которой датчик движения не будет включаться днем, иначе эффективность экономии будет предельно низкой, если вообще будет. Связка фотореле и датчика позволит максимально эффективно экономить на освещении. Если правильно собрать схему, свет будет включаться только в темное время суток и только при возникновении движения в зоне работы датчика движения. Главное все правильно настроить и выбрать подходящее расположение устройств.

Снизить расходы на оплату счетов можно путем использования альтернативных источников энергии. Наиболее простыми примерами являются энергия ветра и солнца.

В основе солнечной энергетики лежит преобразование солнечной энергии, способствующее получению электрической и тепловой энергии. Электрическую энергию получают благодаря физическим процессам, происходящим в полупроводниках, на которые воздействуют солнечные лучи.

Генерацию электрической энергии осуществляют с помощью комплектования солнечных электростанций, основанных на солнечных батареях (панелях), изготавливаемых с использованием кристаллов кремния.

В основе ветровой энергетики лежит процесс преобразования кинетической энергии, имеющейся у воздушных масс, с образованием электрической энергии, используемой потребителями. Ветровые установки основаны на функционировании ветровых генераторов.

Заключение

В качестве основных направлений энергосбережения для уличного освещения объектов можно применить комбинированный метод энергосбережения путем замены старых светильников на светодиодные, использование в схеме астрономического реле, фото реле, датчиков движения и альтернативные источники питания.

Литература:

1. Айзенберг, Ю.Б., Рожкова Н.В., Федюкина Г.В. Оценка перспективных возможностей энергосбережения в светотехнических установках России / Ю.Б. Айзенберг, Н.В. Рожкова, Г.В. Федюкина // Светотехника, 2001. – №2. – с.9-13.
2. Бенсингер, Т.Д. Светорегулирование в осветительных системах / Т.Д. Бенсингер // Светотехника, 2002. – №1. – с. 27-30.
3. Стребков, Д.С. Электрооборудование для резонансных систем освещения / Д.С. Стребков. // Электробезопасность и энергосбережение, 2004. - №4. – С. 22 – 25.
4. Шичков, Л. П. Возобновляемый источник автономного электропитания / Л. П. Шичков, В. Б. Людин, О. П. Мохова // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 5. – С. 7-9.
5. Шавров, А.В. Основы теории управления: учебное пособие / А.В. Шавров, А.А. Шавров, О.А. Липа; А.В. Шавров, О.А.Липа, А.А. Шавров; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Российский государственный аграрный заочный университет. – Москва: Российский государственный аграрный заочный университет, 2005. – 104 с.
6. Мероприятия по повышению электробезопасности персонала при работе с воздушными линиями на основе СИП / А.В. Закабунин, Т.В. Миги, В.М. Мальцев, А.В. Андреичев // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2021. – № 38(43). – С. 42-47.
7. Особенности выбора АСКУЭ в зависимости от технологий построения сети / А.В. Закабунин, В.В. Влезков, Л. Кленовая, Д.А. Абрамов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2019. – № 31(36). – С. 24-30.
8. Закабунин, А.В. Математическая экономика: Методические указания по изучению дисциплины и задание для выполнения курсовой работы / А.В. Закабунин. – Москва: Российский государственный аграрный заочный университет, 2007. – 25 с.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Бородин С.В., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70

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

Сероватко П.Г. магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (926) 171-87-55,
e-mail: Zakabunin@yandex.ru

Электрическая энергия - это товар, обладающий целым рядом специфических свойств. Она используется при создании других видов продукции и оказывает существенное влияние на экономические показатели производства и качество выпускаемых изделий. Качество электроэнергии проявляется через качество работы электроприемников. В настоящее время электроснабжающие организации вынуждены лавировать между техническими требованиями и экономической целесообразностью внедрения новых технологий и оборудования влияющих на качество электрической энергии. Если параметры качества электроэнергии не соответствуют требованиям, то предъявляются претензии поставщику – электроснабжающей организации.

Ключевые слова: качество электроэнергии, показатели качества, факторы, влияющие на качество электроэнергии.

Качество электроэнергии – это комбинация параметров сети, при которых их реальные значения полностью или частично соответствуют заявленным показателям, которые определяются исходя из регламентов нормативной документации, и должны соблюдаться путём применения высокотехнологичных генерирующих, трансформирующих устройств и передающих сетей.

Показатели качества электрической энергии характеризуют общее состояние бытовой или промышленной сети, а также отображаются в виде минимально допустимых значений для бесперебойной работы электрооборудования.

Изменения характеристик напряжения электропитания в точке передачи электрической энергии пользователю электрической сети, относящихся к частоте, значениям, форме напряжения и симметрии напряжений в трехфазных системах электроснабжения, подразделяют на две категории - продолжительные изменения характеристик напряжения и случайные события.

Первый важный качественный показатель электроэнергии – это частота. В любой бытовой сети устанавливается частота переменного тока в размере 50 Гц. Стабильность частоты переменного тока определяется

качеством, эффективностью генерирующих установок, а также корректными настройками эксплуатационных характеристик. Отклонение частоты в синхронизированных системах электроснабжения не должно превышать $\pm 0,2$ Гц в течение 95% времени интервала в одну неделю и $\pm 0,4$ Гц в течение 100% времени интервала в одну неделю;

Отклонение напряжения (медленные изменения напряжения) - одно из основных условий стабильности работы электрической сети. Медленные изменения напряжения электропитания (как правило, продолжительностью более 1 мин) обусловлены обычно изменениями нагрузки электрической сети.

При нормальных условиях оперирования напряжение питания не должно отличаться от номинального напряжения системы больше чем на $\pm 10\%$.

Так, при эксплуатации кабельной или воздушной сети с номинальным напряжением 220 В, нормальными считаются значения в пределах от 198 до 242 В, что не влияет на эксплуатационные характеристики электроприёмников.

Ещё одной качественной характеристикой напряжения в сети служит значение колебаний напряжения и фликер. Данные параметры характеризуются следующими показателями:

- Размах колебаний, то есть, численное значение амплитуды синусоиды, описывающей изменение качественных характеристик переменного тока за единицу времени.
- Отклонение амплитуды колебаний переменного тока в сети.

Обычно одиночные быстрые изменения напряжения не превышают 5% в электрических сетях низкого напряжения и 4% - в электрических сетях среднего напряжения, но иногда изменения напряжения с малой продолжительностью до 10% и до 6% соответственно могут происходить несколько раз в день. Превышение данного значения говорит о снижении показателей качества электрической энергии. При колебаниях в пределах $\pm 10\%$, допускается нормальная эксплуатация сети и электрооборудования. Изменение амплитуды на величину более 10% от номинальных значений считается критическим, что требует стабилизации работы сети.

Доза фликера – это один из показателей качества эл. энергии. Характеризуется возникновением следующих ситуаций:

Понятие «дозы фликера» возникло от визуального восприятия интенсивности светового потока включённой в сеть контрольной лампы. При колебаниях напряжения или частоты, наблюдается мерцание осветительного прибора на протяжении определённого промежутка времени.

Доза фликера позволяет достаточно точно определить характер

колебаний светового потока и, соответственно, работу электрической сети. Мерцание заметно даже при изменении качественных показателей в пределах 0,5% от номинальных значений.

Колебания напряжения электропитания (как правило, продолжительностью менее 1 мин), в том числе одиночные быстрые изменения напряжения, обуславливают возникновение фликера.

Показателями КЭ, относящимися к колебаниям напряжения, являются кратковременная доза фликера, измеренная в интервале времени 10 мин, и длительная доза фликера, измеренная в интервале времени 2 ч, в точке передачи электрической энергии.

Для указанных показателей КЭ установлены следующие нормы:

- кратковременная доза фликера не должна превышать значения 1,38,
- длительная доза фликера не должна превышать значения 1,0 в течение 100% времени интервала в одну неделю.

Коэффициент временного перенапряжения – это величина, характеризующая обеспечение качества электрической энергии, которая определяется на основе линейной зависимости. Данный показатель описывает изменение амплитуды колебаний в единицу времени. При вычислении этого параметра важно уделять повышенное внимание количеству скачков напряжения в минуту, час или другой промежуток времени.

Помимо указанных характеристик сети, нормируются показатели несинусоидальности напряжения и показатели несимметрии напряжений в трехфазных сетях.

В качестве случайных событий, влияющих на показатели качества электрической энергии, выделяют прерывания напряжения, провалы напряжения и перенапряжения и импульсные перенапряжения.

Провалы представляют собой резкое изменение показателей напряжения, причиной которых являются следующие ситуации:

- Явление пусковых токов – при запуске любой энергозависимой силовой установки наблюдается повышенное потребление мощности.
- Возникновение короткого замыкания, которое характеризуется импульсным скачком напряжения с резкой корректировкой силы тока.
- Включение дополнительных энергопотребляющих устройств в сеть, что сопровождается резким скачком напряжения из-за увеличения нагрузки на кабельную сеть.

Провалы напряжения определяются путём замеров качества электроэнергии, а также зависит от характеристик эксплуатационных параметров сети. При возникновении подобного явления, все приборы, включённые в сеть, не могут выйти на номинальную мощность, из-за чего падает эффективность их эксплуатации.

Импульсное напряжение – один из показателей качества

электроэнергии, который характеризуется внезапным скачком вольтамперных характеристик в сети. Импульсное напряжение характеризуется следующими важными показателями:

- Амплитуда – абсолютная величина скачка синусоиды, описывающей колебания переменного тока. При превышении данного параметра более, чем на 10% возможен выход оборудования из строя.
- Продолжительность импульсного воздействия на электрическую цепь. Данная характеристика определяется, исходя из временного промежутка, в течение которого происходит резкий скачок напряжения с последующим возвратом к эксплуатационным параметрам электрической сети.

Несинусоидальность кривой напряжения считается нормальным, когда переменный ток описывается синусоидой с амплитудой расчётных значений в пределах 10% от номинальных показателей. При включении в сеть дополнительного оборудования наблюдается следующий эффект:

- Дестабилизация графика синусоидальной зависимости частоты тока и изменения напряжения во времени.
- Наличие отрицательных моментов на валах электрических силовых установок.

Такое явление не только определяет качество электрической энергии, но и обеспечивает работу некоторого оборудования.

Перенапряжение – это такой качественный показатель электрической энергии, при котором величина колебаний переменного тока достигает предельных значений, вызывающих перегрев токопроводящей жилы и нарушение целостности изоляции. Причины возникновения перенапряжений:

- Ошибки монтажа кабельной линии, отсутствие заземления или нулевого кабеля.
- Замыкание нулевого провода на фазную токопроводящую жилу, что влечёт за собой возникновение тока КЗ.
- Включение в цепь дополнительных устройств, потребляющих значительную мощность.
- Возникновение резонанса гармонических колебаний, описываемых синусоидальной зависимостью.
- Внешние факторы – грозовые разряды, воздействие шаровой молнии.

Любое явление, при котором происходит перенапряжение линии, неизбежно отображается на показателях качества электроэнергии и на эксплуатационных характеристиках энергозависимых устройств.

Определение параметров электрической сети, влияющих на качество электрической энергии, производится путём обследования электрооборудования, проведения измерений показателей посредством установки измерительных приборов. Одними из самых распространённых

являются приборы семейства «Прорыв».

В настоящее время разработан комплекс мер для улучшения качества электроэнергии, который заключается в выполнении следующих мероприятий:

- Установка приборов, компенсирующих реактивную мощность на кабельной линии, позволяющих стабилизировать коэффициент мощности в трёхфазной сети.

- Замена трансформаторов на высокой стороне на современные установки с функцией РПН (регулировки под нагрузкой). Такие агрегаты не требуют демонтажа и отключения при падении напряжения, а все калибровки производятся в эксплуатационном режиме. Для обеспечения должного качества электроэнергии также допускается установка автотрансформаторов с линейными переключателями, которые позволяют изменять величину напряжений на вторичных обмотках без снятия нагрузки.

- Монтаж в сеть вольтодобавочных трансформаторов, позволяющих устранить отклонение напряжения и довести его до номинальных значений.

- Проведение комплекса мероприятий, позволяющих распределить равномерно нагрузку по фазам в сети 0,4 кВ.

- Применение в сети 0,4 кВ проводов и кабелей большего сечения, что уменьшит потери в линии электропередач, снизив её сопротивление и увеличив экономическую плотность электрического тока.

- Сокращение протяжённости электрических сетей 0,4 кВ.

- На стороне потребителя возможна установка реле выбора фаз, которая позволяет автоматически переключать потребителя на резервную фазу с номинальными значениями при снижении напряжения на рабочей фазе.

Определение качества поставляемой электроэнергии можно производить при считывании счётчика АСКУЭ. Для этого даже не требуется вмешательство в распределительную сеть.

Поддержание качества электрической энергии в параметрах, установленных требованиями ГОСТ 32144-2013, позволит электроснабжающей компании избежать судебных издержек и репутационных потерь.

Литература:

1. Липа, О.А. Оценка надежности воздушных линий электропередачи в Московской энергосистеме / О.А. Липа, Д.А. Липа, В.А. Карев // 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. 57-60.

2. Применение сетевых технологий в электроэнергетике и АПК / А.В. Сидоров,

А.Н. Струков, В.В. Наранова, Г.В. Богданов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2021. – № 39(44). – С. 43-48. – EDN KJIUOH.

3. Попова, М.В. Разработка и обоснование параметров токоограничивающего устройства для систем сельского электроснабжения: специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Попова Мария Вячеславовна. – Москва, 2012. – 182 с.

4. Назаров, А.В. Релейная защита основные направления развития / А.В. Назаров, С.А. Бычков, А.В. Закабунин // 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.

5. Мероприятия по повышению электробезопасности персонала при работе с воздушными линиями на основе СИП / А.В. Закабунин, Т.В. Миги, В.М. Мальцев, А.В. Андреичев // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2021. – № 38(43). – С. 42-47.

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

7. Закабунин, А.В. Особенности формирования электронно-библиотечной системы вуза / А.В. Закабунин, А.В. Ферябков // Профессиональное образование в современном мире. – 2015. – № 2(17). – С. 173-179.

8. Патент на полезную модель № 23694 U1 Российская Федерация, МПК G05B 15/00. Система управления двухскоростным полюсопереключаемым асинхронным двигателем: № 2001124244/20: заявл. 07.09.2001: опубл. 27.06.2002 / В.И. Литвин, А.В. Закабунин, А.Ф. Мамедов; заявитель Российский государственный аграрный заочный университет.

УДК 681.518:621.31

SCADA TRACE MODE В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Сидоров А.В., к.э.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70

Наранова В.В., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ

Кузнецов М.И., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ

В статье рассмотрена возможность использования отечественного программного обеспечения SCADA Trace Mode при проектировании систем АСКУЭ. ПО АСКУЭ должно распределяться в общем случае по трем уровням: СИ (электронные счетчики) измерительного компонента АС (нижний уровень АСКУЭ), средства учета электроэнергии УСПД компонента АС сбора и обработки данных (средний уровень

АСКУЭ), компьютеры и компьютерные сети компонента АС сбора и обработки данных (верхний уровень АСКУЭ). В SCADA Trace Mode реализована возможность работы с требуемым набором оборудования и обеспечен дружественный графический интерфейс, как для визуализации процессов, цифровых двойников устройств. Имеется понятная и гибкая система разработки, позволяющая строить на базе системы программные комплексы, соответствующие заданным требованиям заказчика.

Ключевые слова: SCADA, TRACE MODE, проектирование.

21 век является веком информационных технологий. Стремительное развитие технической базы дает широкие возможности для цифровой трансформации в различных сферах деятельности. Во многом этому способствует разработанное сложное программное обеспечение, которое как раз и опирается на современную аппаратную платформу.

Современные цифровые технологии шагнули далеко вперед, что в значительной степени позволяет увеличить эффективность всех промышленных процессов. Во всём мире эксперты прогнозируют окончательное пришествие цифровой эпохи уже в ближайшем будущем [5].

Одной из актуальных сегодня сфер для цифровой трансформации является электроэнергетика.

Если говорить о цифровой трансформации электроэнергетике с глобальной точки зрения – то нельзя не упомянуть такую технологию, как умные энергетические сети Smart Grid. Умная электросеть с цифровыми двойниками — это интеллектуальная цифровая подстанция и технологии семейства Smart Grid. Такие электросети — главные компоненты энергетических комплексов будущего. Они надежнее и безопаснее обычных электросетей, более устойчивы к стрессам, реже отказывают. Неотъемлемой составляющей таких сетей являются цифровые двойники.

Цифровой двойник – компьютерное представление конкретного физического изделия, группы изделий, механического или технологического процесса, которое полностью повторяет все то, что делает его физический прообраз, начиная от движений и кинематики, и заканчивая представлением его физической среды и текущих условий эксплуатации, включая движение жидкости и газа. Цифровой двойник выступает посредником между физическим изделием и важной информацией о нем, например, трехмерную геометрию, технические характеристики и текущие параметры работы, но и другую важную информацию – окружающую среду и условия эксплуатации, техническое состояние и наработку, взаимодействие с другими объектами, данные предиктивной аналитики, в том числе, по прогнозированию отказов и сбоев.

Сам цифровой двойник является технологией нового и перспективного технологического направления Индустрия 4.0.

Фактически он тесно связывает цифровой мир и физическую реальность [1].

Основой для развития такой технологии, как цифровой двойник является интернет вещей. Именно в нем, где общение идет непосредственно между умными устройствами и появилось понятия цифрового двойника.

В данной статье мы сконцентрируем свое внимание лишь на одном из процессов в области электроэнергетики – учета электроэнергии.

Электричество сама по себе является точно таким же товаром, как и любой материальный аналог. Но, в отличие от последнего, ее учет должен производиться в реальном времени, т.к. перебои в подаче электроэнергии не допустимы.

Также необходимо организовать максимально точный ее учет, во избежание лишних денежных затрат или наоборот недополучения оплаты за поставленную электроэнергию поставщиком потребителю.

С этой целью созданы специальные программно-аппаратные комплексы АСКУЭ (Автоматизированная Система Контроля и Учета Электроэнергии) [2].

Аппаратная часть системы АСКУЭ состоит из таких устройств, как умные счетчики, устройства передачи информации по сети и т.д.

Программная часть, которая является логической основой системы, выполняется на базе программно-аппаратного комплекса, предназначенного для контроля со стороны диспетчера и сбора данных – SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

Во всем мире есть множество SCADA-систем, которые успешно эксплуатируются, решая собственные задачи [3]:

1. OpenSCADA.
2. Rapid SCADA.
3. FreeSCADA.
4. IAI (Inductive Automation Ignition).
5. MasterSCADA.
6. IGSS.
7. Каскад.
8. Vijeo Citect.
9. Simp Light Free.
10. IntraScada
11. Trace Mode.

У каждой есть свои сильные и слабые стороны. Подробное рассмотрение характеристик каждой из систем выходит за рамки данной статьи. Мы же остановимся на продукте отечественного разработчика – компании ООО «АдАстрА» – SCADA Trace Mode.

SCADA TRACE MODE – это высокотехнологичная российская программная система для автоматизации технологических процессов, диспетчеризации, телемеханики, учета ресурсов (АСКУЭ, АСКУГ) и автоматизации зданий.

Несмотря на такой широкий круг охватываемых ею задач, нас интересует именно возможность построения системы АСКУЭ.

Широкие возможности Trace Mode делают эту SCADA хорошим инструментом для разработки систем учета электроэнергии в промышленности, на транспорте, в ЖКХ и в энергопоставляющих организациях. В SCADA Trace Mode входит набор бесплатных драйверов для наиболее популярных счетчиков электроэнергии: CE301, CE303, CE304, ЦЭ 6827 М, ЦЭ 6827 М1 и ЦЭ 6822 производства ОАО Концерн Энергомера, Меркурий 230, СЭТ-4ТМ, Логика, Algodue, Circutor и т.д. Также поддерживаются счетчики с импульсным выходом. Поэтому покупать дорогостоящие OPC-серверы не требуется.

Подключение к счетчикам возможно прямо из инструментальной системы Trace Mode, которая распространяется также бесплатно.

При помощи средств Trace Mode имеется возможность создавать АСКУЭ самого разного масштаба. Это могут быть простейшие системы, когда несколько счетчиков электроэнергии подключаются непосредственно к персональному компьютеру через интерфейс RS 232/485, до многоузловых, территориально распределенных систем с УСПД.

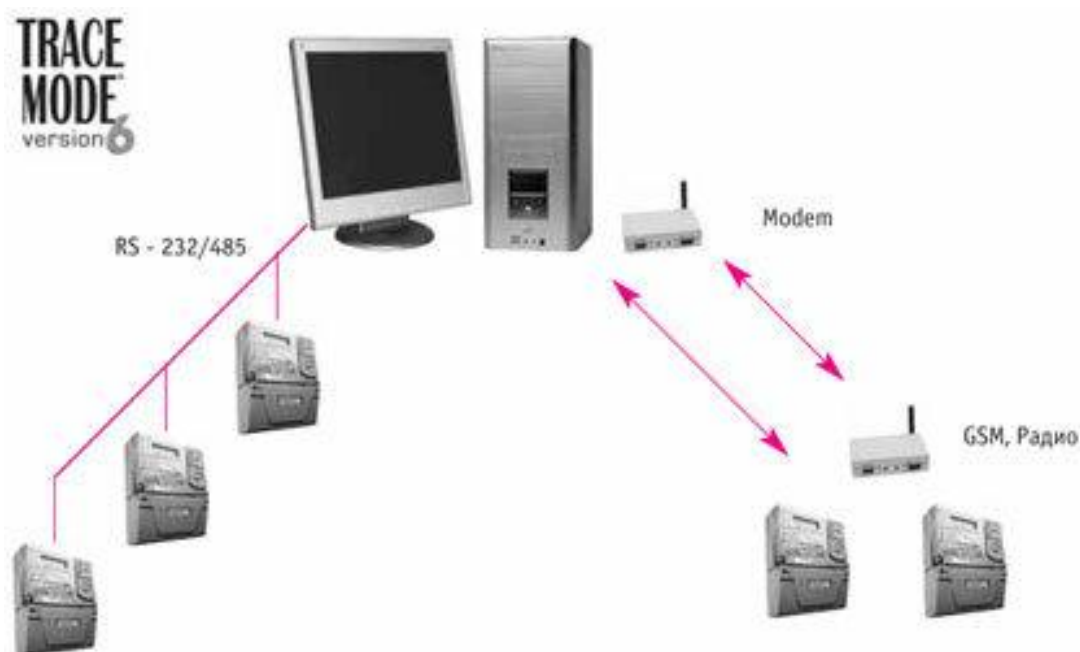


Рис. 1. Простейшая АСКУЭ на базе Trace Mode 6

Если брать простейшую АСКУЭ, то к персональному компьютеру на со SCADA Trace Mode можно подключить до 32 счетчиков электроэнергии через интерфейс RS-232 или до 1024 счетчиков через интерфейс RS-485 (рис. 1). Благодаря возможности использовать модемную связь число подключаемых счетчиков может расширяться до десятков тысяч. С каждого счетчика SCADA Trace Mode способна считывать необходимое

число параметров, а если потребуется и профили значений.

В более сложных распределенных системах в SCADA Trace Mode имеется возможность использовать конфигурации с центральным сервером на базе ДокМРВ+ Trace Mode 6 и УСПД на базе МРВ+ или Micro Trace Mode (рис.2). Стоит заметить - если МРВ+ устанавливается на персональный компьютер, хотя такое решение ведет к существенному повышению стоимости проекта и также повышению требований к микроклимату помещения, есть вариант создания УСПД на базе Micro Trace Mode на базе надежного промышленного контроллера с расширенными системными ресурсами – РАС-контроллера (Programmable Application Controller). Стоимость такого решения ниже, чем при использовании ПК, надежность выше, а функциональность для многих конфигураций практически одинакова.

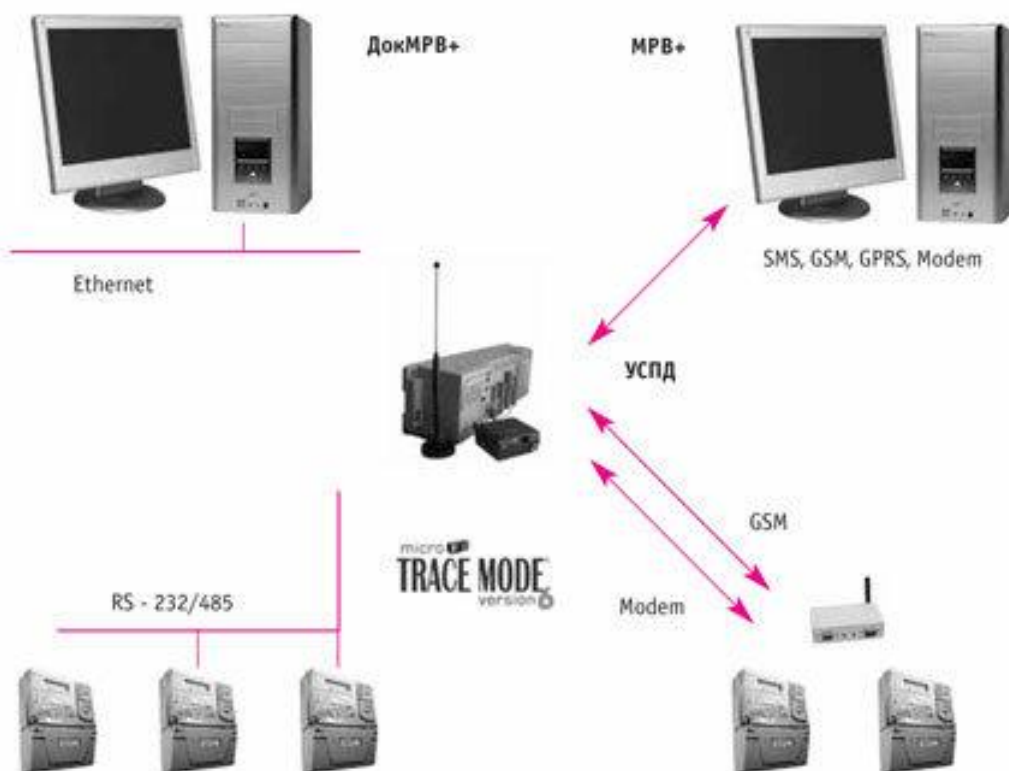


Рис. 2. Распределенная АСКУЭ/АСТУЭ на базе Trace Mode 6

В состав SCADA Trace Mode входит собственная высокоэффективная промышленная СУБД РВ SIAD/SQL 6. В связи с этим не требуется покупать стороннюю СУБД, как отдельное решение, что существенно снижает расходы на проектирование АСКУЭ.

Тем не менее, в SCADA Trace Mode не возбраняется использование более популярных промышленных СУБД, какими сегодня являются MS SQL Server, ORACLE, MySQL, MS Access или Firebird.

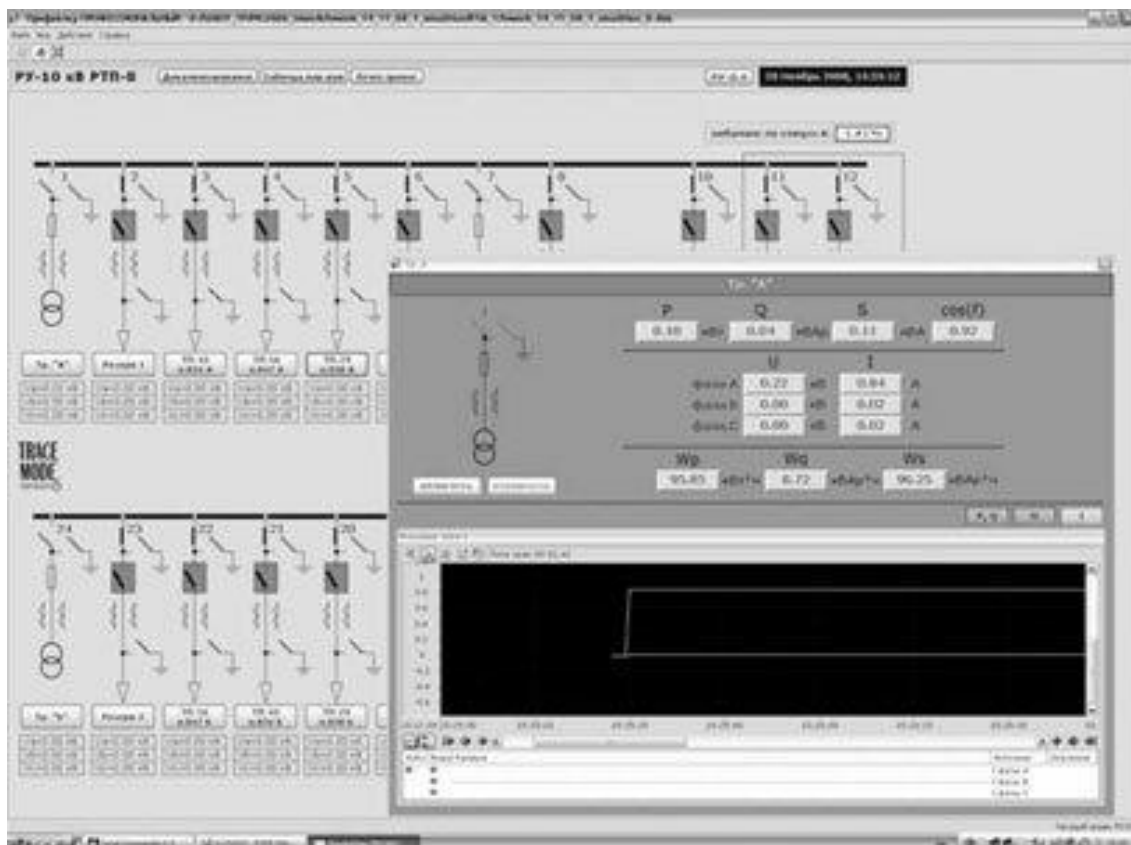


Рис. 3. Визуализация информации на экране ПК в реальном времени

Trace Mode позволяет визуализировать информацию на экране персонального компьютера в реальном времени (рис. 3). При этом доступна информация по любому абоненту или по группе абонентов. Это дает возможность энергодиспетчеру принимать оперативные решения о снижении или перераспределении нагрузки. При необходимости диспетчер может отключать абонентов щелчком мыши. Данные могут быть представлены в виде анимированных мнемосхем, трендов или в таблицах с учетом произвольных тарифных интервалов. На них можно выводить любые параметры, измеряемые счетчиками: активную и реактивную мощности, параметры качества электрической энергии, перетоки, средние мощности на любых интервалах усреднения, профили параметров.

Имеется возможность автоматического расчета балансов электрической энергии, контроль максимальных значения средней мощности и выдача предупреждения диспетчеру при превышении лимитов, а также запись аварийных и предупредительных сообщений в отчет тревог.

Сообщения о событиях или записи диспетчеров могут передаваться на портативные устройства мобильных бригад по технологии GSM.

Благодаря встроенному генератору отчетов, входящего в состав ДокМРВ+ Trace Mode, можно формировать отчеты об энергопотреблении, качестве электричества, небалансах, внутрисистемных перетоках и т.д.

Отчеты могут выводиться на печать или публиковаться на Web-

сервере предприятия, где с ними могут ознакомиться уполномоченные сотрудники (отчеты имеют парольную защиту) [4].

Отдельно стоит упомянуть и инструментальную среду, бесплатно поставляемую в комплекте со SCADA Trace Mode. Используя данную систему, которая к тому же очень дружелюбна к пользователям и хорошо документирована, разработчик имеет возможность доработки системы, добавления в нее новых элементов, их программирования.

В системе имеются языки стандарта IEC 61131–3, каковыми являются ST (язык структурного текста), FBD (язык функциональных блоков), SFC (язык функциональных последовательностей) и LD (язык релейной логики).

Благодаря этому система имеет возможность развития, чтобы всегда соответствовать предъявляемым требованиям.

Литература:

1. <https://habr.com/ru/post/573152/?ysclid=laglxzmjzj641058231> – Энергетические комплексы будущего: внедрение возможно в ближайшие 3 года
2. <https://www.ixbt.com/live/chome/sistema-askue-zachem-ona-nuzhna-gde-primenyaetsya-i-obschiy-princip-ee-raboty.html?ysclid=laglkoa3gl606581991> - Система АСКУЭ. Зачем она нужна, где применяется и общий принцип её работы.
3. <https://future2day.ru/chto-takoe-skada-sistema-i-chto-soboj-predstavlyaet/?ysclid=lagnarupa> - Что такое Скада система и что собой представляет.
4. <https://isup.ru/articles/2/544/> - Использование SCADA Trace Mode для разработки систем учета электроэнергии (АСКУЭ/АСТУЭ).
5. Шичков, Л.П. Электродный водонагреватель дозированной мощности для установок нагрева и обогрева / Л.П. Шичков, А.Н. Струков // *Агроинженерия*. 2021. – № 4(104). – С.72-75. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-4-72-75.
6. Особенности выбора АСКУЭ в зависимости от технологий построения сети / А.В. Закабунин, В.В. Влезков, Л. Кленовая, Д.А. Абрамов // *Вестник Российского государственного аграрного заочного университета*. – 2019. – № 31(36). – С. 24-30.
7. Копылов, С.И. Алгоритм обнаружения источника коммерческих потерь электроэнергии на основе данных АИИС КУЭ / С.И. Копылов, Г.А. Пермяков // *Техника и оборудование для села*. – 2015. – № 8. – С. 42-44.
8. Попова, М.В. Использование цифровых технологий в электроэнергетике России / М.В. Попова, А.Н. Струков, Е.А. Козлов // *Вестник Российского государственного аграрного заочного университета*. – 2019. – № 31(36). – С. 38-42.

К ВОПРОСУ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В АПК

Вешкин А.А., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-24-70, VeshkinAA@uneco.ru

Лантрат Ю.В., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ

Гришин Д.С., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ

Рассмотрены преимущества и недостатки применения возобновляемых источников энергии в АПК.

***Ключевые слова:** энергосбережение, децентрализованные источники энергии, возобновляемые источники энергии.*

Одним из направлений энергосбережения в аграрном секторе является внедрение децентрализованных источников энергии, использующих потенциал местных и возобновляемых источников энергии.

В последние годы имеется повышенный интерес к созданию на предприятиях АПК собственных генерирующих мощностей и организации энергоснабжения, позволяющего использовать оптимальные для данных условий источники энергии.

Внедрение децентрализованных источников энергии в АПК предполагает установку энергоустановок, расположенных вблизи потребителя, находящихся на его балансовой принадлежности и предназначенных для обеспечения прежде всего, собственных потребностей предприятий в энергии, не имеющих электрическую связь с централизованной системой энергоснабжения. В том случае, когда вид применяемого энергоресурса и установленная мощность децентрализованных источников энергии приводит к возникновению ее излишков (например, электроэнергии), они могут направляться в общую сеть, имея в виду управление объемами генерации [1,2,5].

Результаты исследования показывают, что в мировой энергетике тенденция децентрализация производства энергии имеет особую актуальность во всех отраслях экономики, в том числе в АПК и воспринимается как наиболее реальная альтернатива традиционным централизованным системам энергоснабжения [1, 3, 4, 6].

Внедрение альтернативных технологий генерации энергии может быть реализовано как в рамках национальной энергосистемы, так и на уровне субъектов хозяйствования, то есть передачу части функций по организации энергоснабжения на уровень субъектов хозяйствования.

Особенности функционирования децентрализованных источников энергии представлены в таблице 1[1].

Таблица 1

Основные особенности	Характеристика
Ключевые предпосылки	Возникновение и развитие генерации энергии, установление нового оборудования, рост конкуренции за энергоресурсы, участвующих в мире аварий и отключения техногенного происхождения, нарастающая нагрузка на окружающую среду, экономические и социальные угрозы.
Основные мотивы и концепция развития	Поиск путей снижения зависимости энергетических систем государства от ископаемых источников энергии, необходимость создания безопасных источников генерации энергии, потребность перехода к низкоуглеродной энергетике в связи с истощением мировых запасов традиционных ТЭР, поиск и освоение новых видов энергоресурсов, энергоснабжение потребителей, удаленных от источников централизованной системы энергоснабжения, уменьшение социальной напряженности. Концепции энергосбережения и энергозамещения в настоящее время являются ведущими.
Преобладающий тип генерации	Применяется два типа систем: на базе возобновляемых источников энергии (являются доминирующими); с использованием углеводородного топлива (преимущественно природного газа).
Государственные меры по обеспечению развития	Государственная поддержка безуглеродной генерации современных энергетических технологий путем разработки и реализации соответствующих технологических платформ, программ государственной поддержки, создания благоприятных условий для производителей и потребителей оборудования, использующих возобновляемые источники энергии; государственная поддержка научных исследований как и конструкторских работ в региональных и международных проектах с соблюдением стандартов по инженерным вопросам, безопасности, сертификации.
Экономические рычаги и стимулы	Надбавки к тарифам на энергию, вырабатываемую на возобновляемых источниках энергии, льготное налогообложение прибыли, инвестируемой в развитие нетрадиционной энергии при ускоренной амортизации оборудования
Перспективные направления развития	Развитие гибридных систем генерации энергии, энергетика на базе возобновляемых источников энергии, топливных элементов, умных систем управления и т.д.

Изучение мировой практики функционирования и развития децентрализованных источников энергии позволяет заключить, что данная форма организации энергообеспечения является широко распространенной.

По материалам исследований [1-4] выявлены основные преимущества и недостатки систем генерации на основе возобновляемых источников энергии (табл. 2.)

Таблица 2

Преимущества	Недостатки
Экологичность: меньшее негативное влияние на окружающую природную среду; отсутствие выбросов загрязняющих веществ, теплового загрязнения.	Энергетические установки на основе возобновляемых источников энергии во многих случаях не обладают достаточной надежностью энергоснабжения.
Возобновляемость, широкая распространенность и доступность.	Более высокая стоимость приобретения оборудования и обслуживания ввиду значительной единичности строительства таких объектов.
Автономность: возможность снабжать энергией потребителей, не присоединенных к распределительным сетям централизованных источников энергии.	Низкая плотность потока и нерегулярность поступления первичных энергоресурсов приводят к колебаниям выходной мощности и неравномерность вырабатываемой электроэнергии.
Приближение объектов генерации к объектам потребления, что позволяет сократить потери энергии, связанные с ее транспортировкой и распределением.	В большинстве случаев энергия альтернативных источников носит рассеянный характер и отличаются небольшой плотностью энергетических потоков, что ведет к необходимости установки более габаритных энергоустановок.
Применение возобновляемых источников энергии позволяет использовать углеводородное сырье на других отраслях экономики (нефте- и газохимии).	На начальной стадии эксплуатации альтернативных источников энергии экономические показатели несколько ниже традиционных.
В большинстве случаев электростанции, работающие на основе возобновляемых источников энергии, легко автоматизируются и могут функционировать без прямого участия человека.	Необходимость резервировать мощности традиционной энергетики.

Внедрение децентрализованных источников энергии зависит от: технических (наличие в отечественном АПК коммерческого производства необходимого оборудования, обеспечивающего эффективное энергоснабжение), экономических (относительно высокая стоимость оборудования для возобновляемых источников энергии, низкий платежеспособный спрос), правовых (недостатки законодательных и нормативных актов, регулирующих поставку и продажу энергии от возобновляемых источников), общественно-психологических (убежденность в более эффективном функционировании крупных электростанций) [1].

Литература:

1. Рудченко, Г.А. Организация энергосбережения АПК с применением децентрализованных источников энергии / Г.А. Рудченко // Экономика и банки. – 2021. – №2, – С. 97-104.

2. Дьяков, А.Ф. Состояние и перспективы развития нетрадиционной энергетики в России / А.Ф. Дьяков // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2002. – № 4. – С. 13–29.

3. Киушкина, В.Р. Тенденции децентрализации энергетики и пути совершенствования малой энергетики / В.Р. Киушкина, А.Р. Шарипова // Промышленная энергетика. – № 5. – 2014. – С. 2–8.

4. Безруких, П.П. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии / П.П. Безруких, Д. С. Стребков. – М.: ГНУ ВИ-ЭСХ, 2005. 264 с.

5. Расторгуев В.М. О проблемах и путях развития сельских электрических сетей. // Вестник РГАЗУ, 2018. – №29(34). – С. 28-32.

6. Расторгуев В.М., Николаев В.Д. «Зеленая» эволюция сельских электросетей. 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. – 172 с.

7. Пермяков, Г.А. Анализ потерь электроэнергии в схемах электроснабжения / Г.А. Пермяков // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – № 2(15). – С. 68-74.

8. Пермяков, Г.А. Исследование систем защиты асинхронных электроприводов / Г.А. Пермяков, К.А. Донец, А.И. Устенко // 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. 124-132.

УДК 628: 621.316.31.019.3

О ПРОБЛЕМАХ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА

Прошкин В.Б., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ

Плац Д.М., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: plazz@mail.ru

Котов М.А., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ

Рассмотрены основные проблемы сельского электросетевого комплекса.

Ключевые слова: автоматизация процессов производства, проблемы кадров, проблемы технологического развития, модернизации, импортозамещения.

Значение электроэнергетики в жизни общества и экономики переоценить невозможно. Это одна из основ всей современной жизни, основа государственности. От уровня развития электроэнергетики зависит все народное хозяйство страны. В России, да и в любой другой стране эта отрасль является точкой отсчета цен на товарную продукцию

и услуги. Постоянно возрастающая потребность в электроэнергии касается производственной и социальной сфер, от ее развития зависит эволюция всех отраслей экономики, преодоление экономических кризисов, решение социальных проблем. Вокруг электроэнергетики формируются промышленные комплексы и районы, она формирует территориальную организацию народного хозяйства [1].

Современное развитие сельского хозяйства в обязательном порядке требует внедрения автоматизации процессов производства, позволяющей существенно повышать эффективность предприятий. В основе автоматизации процессов в сельском хозяйстве лежит не только комплексная механизация, но и что очень важно – бесперебойное электроснабжение технологических операций.

Продовольственная безопасность Российской Федерации является одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности страны в среднесрочной перспективе, фактором сохранения ее государственности и суверенитета, важнейшей составляющей демографической политики, необходимым условием реализации стратегического национального приоритета - повышение качества жизни российских граждан путем гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения. Но как её обеспечить, не решая проблемы электроснабжения сельхозпредприятий? Выстраивается простая логическая цепочка: электроэнергетика – сельское хозяйство – национальная безопасность.

На рис. 1 представлена структура потребления электроэнергии РФ в 2017 году.

В этой структуре традиционно преобладает «промышленное» электропотребление, второй по значимости сектор – бытовое потребление, которое неуклонно растет все постперестроечные годы. На первый взгляд доля потребления в сельском хозяйстве невысока, но следует отметить очень высокие темпы прироста потребления электроэнергии в 2017 году на волне импортозамещения – 10,9 %, в 2016 г. прирост был тоже высок и составил 6,6 % [2].

В наше нестабильное время, с учётом внешнеполитических реалий, с трудом, но можно представить современное общество, лишённое таких благ, как: связь, интернет, телевидение, транспорт, отопление, и даже снабжение продовольствием, но невозможно представить отсутствие электроснабжения. Ведь от него зависит всё вышеперечисленное.

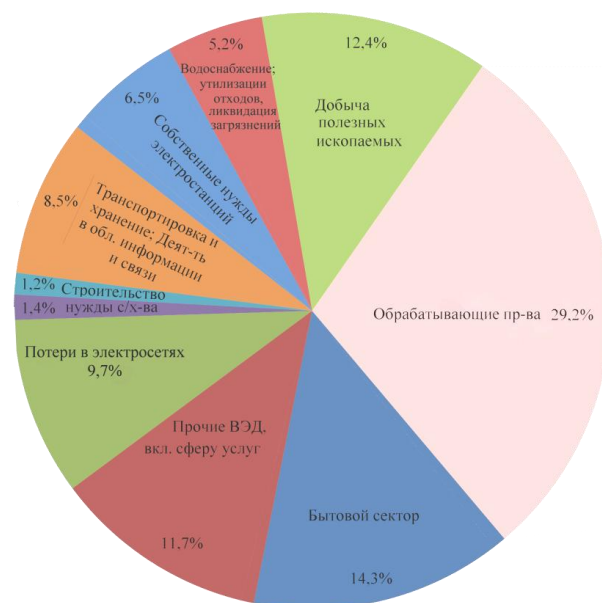


Рис. 1. Структура потребления электроэнергии РФ в 2017 году

В настоящее время в агропромышленном комплексе остаются открытыми наиболее важные вопросы, такие как:

- проблемы кадров, повышения престижа профессии и привлечения молодежи;
- проблемы технологического развития, модернизации и импортозамещения;
- как причина и следствие – формирование тарифной политики.

Электроэнергетическая отрасль столкнулась с дефицитом специалистов – она в них остро нуждается. Основными причинами нехватки кадров в компаниях электроэнергетической отрасли, являются низкий уровень зарплат и как следствие высокая текучесть кадров, особенно высококвалифицированных специалистов. Это результаты исследования Общероссийского отраслевого объединения работодателей электроэнергетики "ЭРА России", Российского энергетического агентства (РЭА) Минэнерго РФ и Аналитического центра НАФИ [3, 4].

Проблема обострилась после реформы, разделившей отрасль на генерацию, межрайонные сетевые компании, внутригородские и поселковые сети и сектор энергосбыта. Изменился принцип ценообразования, из экономики отрасли была изъята значительная часть средств. После реформы ответственность за внутридомовые сети была переложена на управляющие организации, а тарифы на электроэнергию остались прежними.

В связи с этим энергосбытовые организации собрали специалистов, начисляющих населению плату за электричество, а службы, непосредственно обслуживающие электросети, потеряли часть средств. Теперь там низкие зарплаты. Как следствие в электроэнергетику идёт

молодёжь, не решившаяся покорять наиболее конкурсные профессии. Затруднительно представить, как будущие выпускники будут работать в электроэнергетике, где нужны заинтересованность и постоянное стремление к новым знаниям.

Также подготовке кадров мешает разрыв между теоретическими знаниями и практическими навыками. ВУЗы и колледжи в большинстве своём не имеют актуальных лабораторных комплексов и выпускают энергетиков, слабо подготовленных к реальным потребностям работодателей. Как правило, приходящих на производство молодых специалистов приходится доучивать в течение нескольких лет. И далеко не факт, что работник со стажем останется на этом производстве [5].

По данным 2017-2018 годов, на вид экономической деятельности "Обеспечение электрической энергией, газом и паром" приходится 3,3% в ВВП страны и 2,3% от общей численности занятых. Но в совокупном приеме студентов в вузы страны на долю специальностей "Тепло- и электроэнергетика" приходится только 1,56%.

Проблема физического износа электросетевого комплекса России стоит очень остро. Со времен СССР в обновление практически не вкладывались. Ситуация особенно тревожит, так как она грозит возможными техногенными последствиями. Старение инфраструктуры электроснабжения может привести к катастрофическим последствиям. Показатели износа сетевой и генерирующей инфраструктуры в 90-х годах 30-40%, в 2000-х — 50–60%. Сегодня цифры износа в некоторых регионах достигают 90% [6].

Износ влияет на надежность, количество и масштаб аварий, приводит к значительному увеличению потерь. В большинстве регионов по причине массовости аварийных ситуаций выполнение планово-предупредительных ремонтов носит символический характер.

Помимо непосредственно электроэнергетики необходимо развивать и смежные отрасли производства. Стимулировать энергетические компании к приобретению комплектующих у отечественного производителя. Приборы учёта, терминалы защиты, средства связи, телеметрии и автоматики построены на микроконтроллерах иностранного производства. Импортозамещение компонентов вышеперечисленных устройств должно быть реализовано в приоритетном порядке.

Проблемы, которые стоят перед электроэнергетикой, понятны и известны, их непросто решить [7]. Нет рецепта и простого способа обойти все проблемы. Но нужно выбрать такой сценарий, который позволит найти приемлемый баланс между достижением целей устойчивого развития и соблюдением экономических интересов страны. Необходимо менять схему финансирования энергетической отрасли, вкладывать средства в ее модернизацию. В этой отрасли должны

работать квалифицированные специалисты с достойной оплатой труда.

Выводы

Развитие сельского хозяйства Российской Федерации возможно только с параллельным развитием электроэнергетики. Для устойчивого развития данной отрасли необходимо:

- повысить престиж профессии работников электроэнергетики;
- повысить качество образования будущих специалистов;
- обеспечить достойный уровень заработной платы;
- произвести модернизацию и восстановление изношенной инфраструктуры;
- решить проблему импортозамещения критически уязвимых элементов энергосистемы.

Литература:

1. Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации (Минэнерго России) Статья «Состояние отрасли» <https://minenergo.gov.ru/node/539>
2. Российское информационное агентство, специализирующееся на теме экономики - «ПРАЙМ-ТАСС». Статья «Производство и потребление электроэнергии в Российской Федерации в 2017 году» <https://1prime.ru/science/20181115/829538943.html>
3. Общероссийское отраслевое объединение работодателей электроэнергетики «Энергетическая работодателская ассоциация России» (Ассоциация «ЭРА России») <http://www.era-rossii.ru/>
4. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российское энергетическое агентство» (РЭА) Минэнерго России <http://rosenergo.gov.ru/>
5. ФГБУ «Российская газета» – российская газета на русском языке, официальный печатный орган Правительства Российской Федерации. Статья «Электроэнергетическая отрасль столкнулась с дефицитом специалистов» <https://rg.ru/2022/01/18/reg-szfo/elektroenergeticheskaja-otrasl-stolknulas-s-deficitom-specialistov.html>
6. Российское информационное агентство - Regnum Статья «Износ электросетевой инфраструктуры в России. Масштабыперспективы» <https://regnum.ru/news/it/2348996.html>
7. Расторгуев, В.М. О проблемах и путях развития сельских электрических сетей. // Вестник РГАЗУ. – 2018. – №29(34). – С.28-32.
8. Пермяков, Г.А. Анализ потерь электроэнергии в схемах электроснабжения / Г.А. Пермяков // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – № 2(15). – С. 68-74.

УДК 628: 621.316.31.019.3

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

АПК СРЕДСТВАМИ АВТОМАТИЗАЦИИ

Умаров А.М., аспирант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: anzor220@mail.ru

Ахмедова А.П., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ

Расторгуев В.М., к.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ

В статье рассмотрены способы повышения надежности электроснабжения в АПК. Предложено актуальное направление исследования и внедрения цифровизации электроэнергетики с применением автономных датчиков мониторинга параметров сети.

***Ключевые слова:** надежность электроснабжения, автоматизация, цифровая электроэнергетика, секционирование.*

Одной из важнейшей задач в электроэнергетике является изучение проблемы повышения надежности электроснабжения. Надежное (бесперебойное) электроснабжение является важнейшим элементом жизнеобеспечения современной среды обитания людей, функционирования промышленных предприятий и сельского хозяйства [2,5]. Кратковременные перерывы (аварийные отключения) электроснабжения являются одной из основных причин нарушения нормального функционирования технологических процессов:

- сельскохозяйственного производства;
- отраслей осуществляющих производство средств производства для сельского хозяйства, его материально-техническое обеспечение и производственное обслуживание;
- отраслей и производств, обеспечивающих переработку и движение продукции сельского хозяйства к конечному потребителю (пищевая, соответствующие отрасли легкой промышленности, предприятия по транспортировке, хранению, реализации).

Для эффективного решения проблемы повышения надежности электроснабжения комплекс мер должен производиться как со стороны потребителя, так и со стороны сетевой компании (рис. 1). Это может быть достигнуто [1-5]:

- повышением надежности отдельных элементов электрических сетей путем своевременного и поэтапного вывода из эксплуатации устаревших конструкций (к которым относятся опоры линии электропередач, изоляторы, траверсы, здания трансформаторных подстанций, провода (переход от неизолированных к изолированным)) и оборудования.

- автоматизацией сельских электрических сетей, которая призвана обеспечивать защиту оборудования и исключать аварийные режимы его работы, осуществлять постоянный контроль за параметрами сети и

оборудования, переключать питание при необходимости с одной линии на другую. Благодаря автоматизации повышается надежность работы электрических установок, сокращается количество персонала, что уменьшает эксплуатационные расходы и способствует сокращению числа аварий по вине персонала.

Одной из основных задач автоматизации является внедрение механизма и технологии контроля нарушений электроснабжения без участия человека;

- поддержанием качества электроэнергии, которое влияет на работу релейной защиты и автоматики. Показатели качества электрической энергии не должны выходить за пределы допустимых значений, установленных ГОСТ 32144-2013;

- резервированием, которое предполагает дублирование отдельных элементов и систем электроснабжения;

- секционированием, которое в свою очередь делится на: местное, дистанционное и автоматическое. Местное секционирование является наиболее распространенным видом и применяется в основном в воздушных линиях электропередачи. Для обеспечения возможности секционирования используются линейные разъединители и комплектные распределительные устройства наружного исполнения. Суть местного секционирования заключается в том, что при срабатывании коммутационного аппарата на определенном участке линии для локализации повреждения на участок направляется ОВБ и с помощью оперативных переключений выделяет поврежденный участок.

Дистанционное секционирование отличается от вышеуказанного процесса тем, что все переключения выполняются дистанционно, тем самым сокращается и время локализации повреждения [2,5]. Автоматическое секционирование, при котором обеспечивается полная независимость работы пунктов секционирования от внешнего управления. Каждый отдельный аппарат анализирует режимы работы электрической сети и автоматически производит ее диагностику. При обнаружении места повреждения производит локализацию поврежденного участка путем переключения потребителей неповрежденных участков. Преимущество автоматического секционирования заключается в том, что процесс восстановления электроснабжения происходит без участия человека и сокращается время до секунд.

- применение подземных кабельных линий. Кабельные линии имеют преимущества перед воздушными линиями электропередач тем, что их можно прокладывать по кратчайшему маршруту, они не создают помехи сельскохозяйственному производству, исключается возможность повреждения линии порывами ветра, гололедом, атмосферных перенапряжений.

- сокращением радиуса действия распределительных электрических

сетей, что позволит уменьшить количество повреждений, так как уменьшение длины сетей имеет пропорциональную зависимость с количеством повреждений.

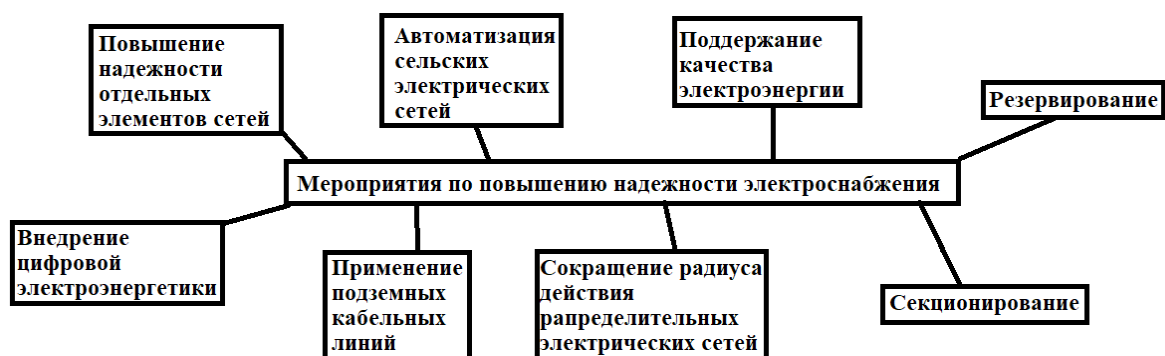


Рис. 1. Мероприятия по повышению надежности электроснабжения

В особую группу мер по повышению надежности электроснабжения хотелось бы выделить цифровизацию электроэнергетики, где применяются информационные технологии [1]. Цифровизация включает в себя обновление устаревшего оборудования на более эффективное «Интеллектуальное» позволяющее автоматически управлять, накапливать данные, регистрировать аварийные события, получать актуальные данные о текущем состоянии электроустановки. Это может быть достигнуто за счет мониторинга технического состояния воздушных линий электропередач 0,4-10 кВ, рис. 2, которые распространены в АПК, в связи с этим предлагается внедрение автономных датчиков с беспроводной передачей данных [1]. Сбор данных происходит непосредственно с провода каждой фазы, что позволяет определить точное место и причину аварии. Полученные данные непрерывно передаются в центральный диспетчерский пункт. Использование датчиков с цифровым форматом наблюдения за воздушными линиями поможет сократить время устранения аварии, исключить отключение электроснабжения для обслуживания датчиков, так как их установка возможна под напряжением, предусмотреть аварийные ситуации, получать данные о пропускной способности и измерения основных текущих параметров сети. На рисунке 2 показана система мониторинга воздушной линии электропередач.

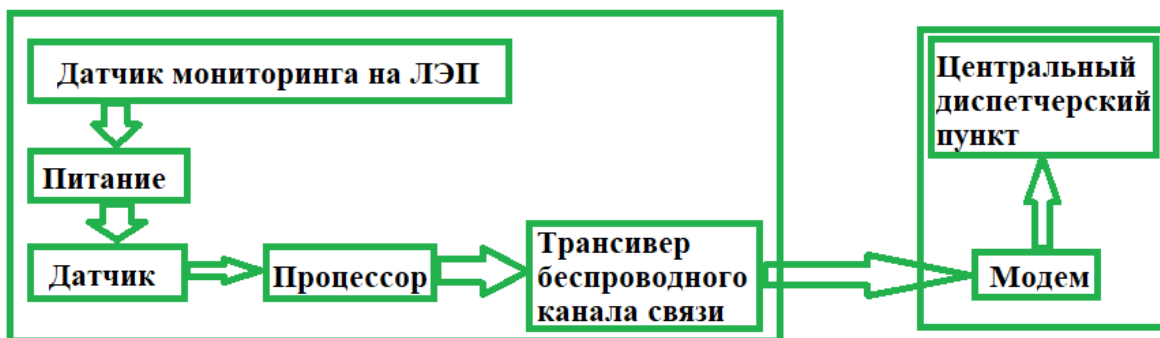


Рис. 2. Система мониторинга воздушной линии электропередачи

Использование перспективных систем мониторинга воздушных линий электропередач на основе информационных технологий в последнее время стало особенно актуальным в электросетевом комплексе АПК, поскольку:

1. Возросла стоимость ущерба при крупных авариях;
2. Увеличились расходы на обслуживание воздушных линий электропередач;
3. Возникла необходимость обновления электрооборудования.

Литература:

1. Воротницкий, В.Э. Цифровая трансформация энергетики России – системная задача четвертой промышленной революции / В.Э. Воротницкий // Энергия Единой сети, 2018.
2. Воропай, Н.И. [и др.] Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике / Н.И. Воропай. – М.: ООО Изд. «Энергия», 2013.
3. Воротницкий В.Э. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электрических сетях / В.Э. Воротницкий. – М.: Интехэнерго-Издат, 2016.
4. Гуревич, Ю.Е. Особенности электроснабжения, ориентированного на бесперебойную работу промышленного потребителя / Ю.Э. Гуревич. – М.: Торус Пресс, 2015.
5. Расторгуев, В.М. Принятие решений по повышению надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей / В.М. Расторгуев, А.В. Андреичев, С.Н. Любутин, В.Г. Мальцев // Вестник РГАЗУ. – 2020. – №34(39). – с.94-101.
6. Пермяков, Г.А. Анализ потерь электроэнергии в схемах электроснабжения / Г.А. Пермяков // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – № 2(15). – С. 68-74.
7. Попова, М. В. Использование цифровых технологий в электроэнергетике России / М.В. Попова, А.Н. Струков, Е.А. Козлов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2019. – № 31(36). – С. 38-42.
8. К вопросу выбора терминалов релейной защиты и автоматики в контексте цифровизации электроподстанции / О.А. Липа, А.В. Закабунин, Д.А. Липа, А.А. Болгов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2021. – № 39(44). – С. 32-36.

АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ АПК

Карасев М.Ю., магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: gorgan07@mail.ru.

Попова М.В., к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: A-040506@yandex.ru;

Сельское хозяйство – это на мой взгляд одна из ведущих отраслей хозяйства, производящая пищевые продукты растительного и животного происхождения. А обеспечение населения свежими и качественными продуктами питания одна из основных задач стоящая перед каждым современным государством. С каждым годом потребность в качественной сельхоз продукции увеличивается и для удовлетворения потребностей населения в ней необходимо проводить комплексную модернизацию всего агропромышленного сектора. Все более остро начинает ощущаться нехватка модернизированных овощехранилищ, которые будут способны в течении длительного времени, поддерживать свежесть складуемой в них продукции. В нынешней ситуации большая часть существующих овощехранилищ морально устарела и не соответствует современным технологическим требованиям. В некоторых случаях из-за не правильного хранения овощей производители могут потерять до 60% собранного урожая. А также необходимо отметить сильно снижающийся срок хранения продукции за-за технологически не оборудованных овощехранилищ. Несмотря на то, что картина складывается достаточно нелицеприятная, существует постепенная тенденция роста в лучшую сторону. В первую очередь это связано с модернизацией старых овощехранилищ.

Ключевые слова: модернизация овощехранилища, интеллектуальный счетчик, хранение продукции, энергоэффективность.

Один из способов модернизации овощехранилищ установка интеллектуальных счётчиков и интеллектуальных датчиков. В данный момент на Российском рынке присутствуют несколько производителей интеллектуальных счётчиков и интеллектуальных датчиков. Вот некоторые из них:

СТРИЖ – первый производитель беспроводных решений на базе энергоэффективных датчиков и устройств класса LPWAN для Интернета вещей в России и СНГ. С 2014 г. разрабатывает системы телеметрии для ЖКХ, безопасности, умных городов и сельского хозяйства. Компания присутствует в 45 регионах РФ и пяти странах СНГ, в сети работают свыше 200 тыс. устройств. "СТРИЖ" использует свой протокол XNB – энергоэффективный LPWAN-протокол дальнего радиуса действия 174 дБм (максимальный бюджет канала связи). Работает на частоте 868,8 МГц, не требует лицензирования, 5 тыс. доступных каналов в России. "СТРИЖ" выпускает электросчетчики, счетчики воды, газа и тепла [1].

ВАВИОТ: производитель беспроводных систем для учета в сферах ЖКХ, в сельском хозяйстве, городской инфраструктуре. Компания работает с 2016 г. и присутствует в 30 регионах России. "ВАВИОТ" выпускает электросчетчики, счетчики воды и тепла, произведено более 100 тыс. IoT-устройств. "ВАВИОТ" использует собственный протокол NB-Fi, основными преимуществами которого является до 10 лет работы датчиков и счетчиков на батарейке, а дальность передачи сигнала составляет до 10 км [1]. Для уменьшения объема потерь урожая овощехранилища необходимо оснастить и модернизировать имеющиеся оборудование. Оборудование необходимое для нормального функционирования овощехранилища

Вентканалы. Этот вид оборудования позволяет вентилировать всю насыпь продукции от самых нижних слоев до верхних. Такой подход помогает сократить потери от порчи продукта в 10 раз. Овощи наваливаются сверху, образуя бурты до 4-5 м высотой.

Вентиляторы. Осевые вентиляторы, суть работы которых состоит в том, чтобы гонять воздух, создавать мощнейшие потоки, выравнивать температуру в овощехранилище, удалять лишнюю влагу, — это буквально главное оборудование в ангаре. На нем держится все активная вентиляция помещения.

Увлажнители и осушители. Чтобы поддерживать высокую влажность (80-95%) на постоянном уровне, что необходимо для хранения многих видов овощей, в овощехранилищах используют ультразвуковые или адиабатические увлажнители. Их также применяют для распыления дезинфицирующих жидкостей.

Клапаны. Вентиляционные клапаны предназначены как перекрывать поступление воздуха, так и пропускать его. Клапаны бывают впускными и выпускными, монтаж производится в стену или смесительную камеру. Конструкция обоих клапанов, по сути, одинаковая, однако устанавливаются они в разных местах. Впускной клапан, открываясь, впускает воздух, он заходит в вентсистему, ну, а выпускной клапан, следовательно, выпускает воздух из нее.

По своей сути клапан – это крышка, которая преграждает проход воздуху. Открытие может производиться вручную, с помощью электромотора, или же самостоятельно под давлением воздушного потока. В зависимости от воздуховода, клапан может быть круглым или прямоугольным.

Холодильное оборудование. Без этого оборудования эффективное охлаждение, правильная регулировка температуры просто невозможна, несмотря на то, что вид этого оборудования более дорогой, требует больших затрат энергии. По сути, это большие промышленные кондиционеры или холодильники с компрессорами. Охлаждение способно замедлить процессы жизнедеятельности овощей, они дольше остаются

свежими, сочными.

Осушители в холодильной камере применяются в том случае, если показатели влажности, напротив, необходимо снизить. Промышленные устройства рефрижераторного типа работают по принципу «тепло-холод». Применяются также адсорбционные воздухоосушители, комплексные системы обогрева-осушения и другие виды оборудования.

Очистители воздуха. Обеззаразить воздух, поддержать его чистоту помогут очистители воздуха. Фотокаталитический очиститель представляет собой устройство, в котором применяются УФ-лучи. Под действием УФ-лучей фотокатализатор (диоксид титана) запускает химическую реакцию, в результате которой вещество разлагается на воду, кислород, углекислый газ и другие безопасные составляющие.

Для оптимальной работы и удаленного контроля, за всеми протекающими процессами в овощехранилищах, я предлагаю оснастить их интеллектуальными датчиками:

ПВТ100 датчик влажности и температуры воздуха промышленный. Промышленный датчик влажности и температуры воздуха ПВТ100 (преобразователь) предназначен для непрерывного преобразования относительной влажности и температуры воздуха и неагрессивных газов в два унифицированных выходных сигнала 4-20 мА и передачи измеренных значений по интерфейсу RS485 (Modbus RTU).

Преобразователи – датчики влажности и температуры ПВТ100 применяются для измерения параметров воздуха в каналах приточной вентиляции и системах кондиционирования, камерах сушки древесины, коптильных, расстоечных и холодильных камерах, овощехранилищах и прочих производственных помещениях, в том числе с тяжелыми условиями эксплуатации (высокая температура), в пищевой и медицинской промышленности, метеорологии, жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ), научно-исследовательских институтах и т.д.

Функциональные особенности и преимущества датчика влажности и температуры ПВТ100 промышленного:

- высокая точность измерений: 2,5 %RH / 0,5 °C;
- измеряемая температура: от -40 до +80 °C;
- возможность работы в тяжелых условиях при температуре до +120 °C (исполнение с высокотемпературными кабелем и зондом «Тх»);
- комбинированный выходной сигнал: два канала 4...20 мА + RS-485 (Modbus RTU);
- возможность замены зонда с сенсором и/или фильтра зонда;
- эргономичный корпус, степень защиты IP65;
- высокая повторяемость: $\pm 0,1$ %, $\pm 0,1$ °C, высокая точность измерений;
- высокая стабильность: 0,25 %RH в год, 0,02 °C в год, долгий срок службы [2].

Данный датчик обладает возможностью одновременного измерения температуры и влажности, что значительно уменьшает количество датчиков необходимых для установки в овощехранилище.

Во время хранения урожая в овощехранилище происходит непрерывный процесс дыхания плодов с выделением CO₂. Высокое содержание в камерах овощехранилищ CO₂ способно вызвать процесс брожения плодов, а оптимальное содержание CO₂ наоборот увеличивает срок хранения плодов.

Для контроля уровня CO₂ необходимо установить датчики углекислого газа **SCO2-96V114 датчик углекислого газа (CO₂) каналный**. Датчик углекислого газа CO₂ с аналоговым выходом. Канальное исполнение. Датчик углекислого газа (CO₂) BESKONTA предназначен для измерения концентрации углекислого газа в воздухе. Датчик рекомендован для использования в микроклиматических системах на предприятиях сельского хозяйства: теплицы, грибные фермы, птицефабрики и т.д. А также в системах вентиляции жилых и промышленных зданий.

Функциональное описание

- Датчик преобразует изменение уровня концентрации углекислого газа CO₂ измеряемой среды в унифицированный аналоговый сигнал с пропорциональной зависимостью. Принцип измерения концентрации CO₂ в воздухе основан на оптической технологии NDIR (англ. nondispersive infrared sensor).

- Система индикация датчика сообщает о самодиагностике и режимах работы.

- Высокая стабильность показаний и надёжность достигается благодаря очень качественному сенсору NDIR, изготовленному в Евросоюзе (Швейцария), прецизионному качеству электронных компонентов и технологичности схемы преобразования.

- Чувствительный элемент защищён от попадания пыли и воздействия агрессивных газов (аммиак и т.д.).

- Качество BESKONTA подтверждено множеством отзывов от клиентов, которые мы готовы предоставить по необходимости [3].

Данный датчик имеет широкий диапазон измерения и способен непрерывно анализировать изменения углекислого газа в воздушном пространстве овощехранилища, а также имеет степень защиты по ГОСТу 14254-96 IP-54, что обеспечивает надежное и долгосрочное функционирование.

Для оптимизации и контроля потребления электроэнергии в реальном времени следует установить интеллектуальный прибор учета, например, такой как:

Счетчик: к 522-ФЗ

Соответствуют проекту минимальных требований к 522-ФЗ от 27 декабря 2018 г. Счетчики могут эксплуатироваться как автономно, так и

совместно с другими устройствами в составе интеллектуальных систем учёта электроэнергии.

Счетчики имеют широкие функциональные возможности и позволяют:

- измерять мгновенные (текущие) значения электрической сети;
- фиксировать дифференциальный ток;
- вести учёт активной и реактивной электрической энергии в двух направлениях по 8 тарифам с сохранением энергопотребления по каждому тарифу;
- формировать профили нагрузки;
- регистрировать максимумы мощности;
- вести журналы событий;
- отображать и фиксировать аварийные события;
- фиксировать воздействие сверхнормативного постоянного или переменного магнитного поля;
- осуществлять удаленную коммуникацию со счетчиком;
- управлять электрическим снабжением потребителя внешней командой или при превышении заданных пределов потребления [4]

Данный счетчик имеет возможность подключения, как к однофазной, так и к трехфазной сети, максимальный ток 100А, степень защиты IP-54 и имеет дополнительные выходные сигналы и интерфейсы оптический и RS-485, что является весомым аргументом в его пользу.

Для обеспечения автоматизированного контроля за овощехранилищем необходимо снабдить его системой автоматики, которая позволяет не дежурить постоянно в овощехранилище, чтоб включать/ выключать вентиляторы вручную, снимать показания с приборов. Для поддержания оптимального климата для продукции существует автоматическая система управления (АСУ). Именно она позволяет слажено работать вентиляторам, увлажнителям, обогревателям и клапанов. Автоматика позволяет регулировать и, при необходимости, менять режим работы в зависимости от потребностей овощей. То есть при пересыхании – можно усилить увлажнение, при повышении температуры – подключить продув прохладным воздухом. Существуют даже режимы, позволяющие благоприятно влиять на лечение продукции, подготавливать ее к отгрузке.

Систему можно переводить из ручного режима в автоматический, и обратно. Например, при ремонте или профилактическом осмотре оборудования, аварийном отключении электроэнергии, такое переключение может быть очень кстати. Можно использовать такие системы например, как: AgroVent Multi-Server II MultiServer обладает большим количеством программ, среди них есть сушка, лечение повреждений, охлаждение продукции. Можно контролировать все процессы в хранилище, соединив сервер со своим мобильным устройством [5]. Он обладает простой структурой меню, имеет понятные символы, с его помощью можно без труда выбрать подходящий способ хранения,

MultiServer II будет регистрировать и контролировать полностью весь процесс.

Модернизация и строительство новых современных овощехранилищ способна в значительной степени увеличить количество качественной растительной сельхоз продукции на протяжении всего года, что в свою очередь значительно увеличит прибыль производителей сельхоз продукции.

Рассмотрение данной темы заставляет нас понять, насколько современные технологии действительно актуальны, и востребованы в нынешнее время и в скором времени полностью вытеснят и заменят технологически устаревшие аналоги.

Литература:

1. Технологии "WAVIoT" [Электронный ресурс]. М-сервис. Г. Воронеж. Режим доступа: <https://mstelematika.ru/технологии/>

2. ПВТ100 датчик влажности и температуры воздуха промышленный. [Электронный ресурс] Теплоприбор.рф. Контрольно-измерительные приборы и автоматика. Режим доступа: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/pvt100/>

3. SCO2-96V114 датчик углекислого газа (CO2) канальный [Электронный ресурс]. Beskonta/ Режим доступа: <https://beskonta.ru/product/datchik-uglekislogo-gaza-co2-kanalnyy-sco2-96v114/>

4. Трехфазный счетчик ЭМИС-Электра 976. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://emis-electra.ru/produksiya/schetchiki-trekhfaznye-askue/trekhfaznyy-schetchik-emis-elektra-976/>

5. Автоматика для вентиляции овощехранилищ AgroVent Multi-Server II [Электронный ресурс]. ООО «O2- Стройинжиниринг. Москва. Режим доступа: https://ru.sellbuy.zone/physical_product/629183-avtomatika-dlya-ventilyacii-ovoschehranilisch-agrovent-multi-server-ii.html

6. Особенности выбора АСКУЭ в зависимости от технологий построения сети / А.В. Закабунин, В.В. Влезков, Л. Кленовая, Д.А. Абрамов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2019. – № 31(36). – С. 24-30. – EDN XIADWO.

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

8. Корнеев, В.А. Перспективные направления развития системы «умный дом» / В.А. Корнеев, Е.В. Мелков, А.В. Закабунин // 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. 129-135.

ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Волков Д.А., студент 4 курса кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: radiantbrood@gmail.com;

Попова М.В., к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: A-040506@yandex.ru.

Энерго- и ресурсосбережение сегодня является одним из приоритетных направлений политики и компаний, которые ориентированы на динамичное развитие, как в плане снижения издержек на собственное производство основной продукции, так и в соответствии с общей направленностью правительственных программ, ориентированных на снижение нагрузок на вырабатывающие мощности. В данной статье рассматривается повышение ресурсо- энергосбережения путем использования возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: энергосбережение, возобновляемые источники энергии, биотопливо, солнечные коллекторы, альтернативная энергетика.

Ресурсосберегающие технологии на сегодняшний день дают возможность осуществлять производство продукции при минимальном возможном потреблении топлива или других источников энергии, в том числе возобновляемой энергетике, а также сырья, материалов, воздуха, воды и прочих ресурсов для технологических целей.

В мире с каждым годом альтернативная энергетика все больше развивается и находит свое место в общей энергосистеме. Ее рост составляет примерно 20-30% в год. Дания является мировым лидером по использованию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, чья доля составляет около 1/3 в энергетике страны. Наряду с Данией, такие страны, как Финляндия и Швеция, к 2020-му году производили от 38 до 48% энергии за счет использования возобновляемых источников энергии (энергии солнца и ветра, биотоплива, океанских волн, морских приливов, тепла Земли и т.д.). В большинстве промышленно развитых странах мира существуют национальные программы развития нетрадиционной энергетике, предусматривающие значительное расширение доли использования ВИЭ в суммарном энергобалансе. Так, например, в Германии была осуществлена Правительственная программа под названием «1000 крыш» с использованием фотоэлектрических установок (ФЭУ) для частного сектора, непосредственно преобразующих солнечную радиацию в электроэнергию. Позже она была расширена до 2500 крыш при

помощи субсидировании правительством 70% стоимости на установку фотоэлектрических систем мощностью по 1-5 кВт. Каждая установка была рассчитана на 1-2 семьи. Германия считается одним из мировых лидеров политики энергосбережения и энергоэффективности. Средний темп снижения энергоёмкости ВВП составляет 1,5% в год, а в перспективе стоит задача повышать ежегодно энергоэффективность экономики на 3%.

Рассмотрим возможность применения некоторых источников альтернативной энергетики для условий России.

Потенциал энерго- и ресурсосбережения в России огромен. Мировой опыт показывает, что имеется реальная возможность сокращения энергопотребления в 2 раза за счет использования нетрадиционных источников энергии [3]. В последнее время все больше внимание стало уделяться использованию энергии биомасс. Преимущество данного альтернативного вида источника заключается в сокращении выброса метана в атмосферу, что позволяет уменьшить затраты на утилизацию отходов. В результате переработки биомассы, в конечном итоге, получаем биогаз и удобрение для полей с дальнейшим использованием в растениеводстве. Использование энергии биомасс позволяет добиться положительных результатов в различных областях их применения.

Экологическая – при устройстве подобных установок вблизи предприятий, являющихся поставщиками сырья, уменьшается защитная санитарная зона вокруг них, снижаются выбросы вредных веществ в атмосферу.

Энергетическая – имея доступное сырье по минимальным ценам, а иногда и без таковой (бесплатно), в результате потребитель получает различные виды энергии и топлива с низкой себестоимостью.

Экономическая – монтаж биогазовых установок позволяет избежать строительства очистных сооружений и заградительных устройств (растекание навоза на животноводческих комплексах), и затрат на утилизацию отходов [4].



Рис. 1. Производство биогаза

Получение биогаза с помощью специальных установок является безотходным производством. В результате брожения биомассы остается сухой и жидкий продукт, который не имеет запаха, но при этом содержит целый комплекс минеральных веществ, применяемых в качестве удобрений на растениеводческих фермах [3].

Другим источником энергии является гидроэнергетическая система России, которая обладает огромнейшим энергетическим потенциалом. В России около 18% электроэнергии производится на гидроэлектрических станциях. Важнейшая особенность гидроэнергетических ресурсов по сравнению с топливно-энергетическими ресурсами – их непрерывная возобновляемость. Отсутствие потребности в топливе для ГЭС определяет низкую себестоимость вырабатываемой на ГЭС электроэнергии. Поэтому сооружению ГЭС, несмотря на значительные капиталовложения и продолжительные сроки строительства, придавалось и придаётся большое значение [5].

Еще одним перспективным получением альтернативной энергии является использование солнечных коллекторов. Их достоинство заключается в простоте устройства и его надёжности. При надлежащем уходе качественный коллектор может прослужить 10-20 лет, а управление им весьма несложно. При этом в случае низких температур окружающего воздуха не требуется теплообменник.

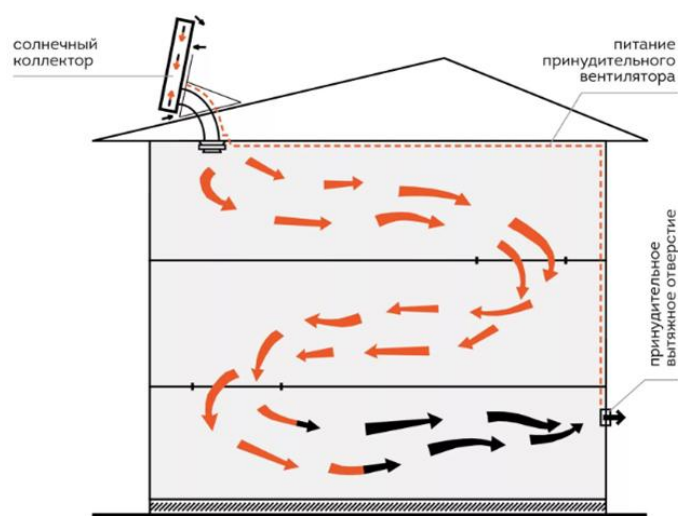


Рис. 2. Пример устройства и принципа работы солнечного воздушного коллектора

Одним из способов снижения стоимости коллекторов является их интеграция в стены или крыши зданий, а также создание коллекторов, которые можно будет собирать из готовых сборных компонентов.

Коллекторы предназначены для обогрева помещений в условиях достаточной солнечной освещенности и при отсутствии других источников энергии, таких как газ, электричество, жидкое или твердое топливо. Коллекторы не могут являться основной системой отопления, так как они

не обеспечивают постоянных температурных характеристик как в течение суток, так и при смене сезонов года. Но данная система сможет быть интегрирована в любую существующую систему отопления и вентиляции [6].

Хозяйственная деятельность человека сопряжена с расходом громадного количества органического топлива, накопленного природой за миллионы лет эволюции. Сжигание органического топлива приводит к опасным экологическим последствиям: загрязнению атмосферы диоксидом серы, оксидами азота, несгоревшими углеводородами, золой и сажей. Выбросы углекислоты или диоксида углерода CO_2 приводят к парниковому эффекту, потеплению климата планеты и повышению уровня Мирового океана с затоплением прибрежных участков суши. Проблема усугубляется вырубкой леса – основного переработчика углекислого газа в атмосфере Земли. В связи с сокращением природных запасов традиционных энергоносителей (нефти и природного газа), ростом цен на них, возникновением экологических проблем мировая экономика все больше уделяет внимание поиску и освоению нетрадиционных и возобновляемых источников энергии [5].

Литература:

1. Энергосбережение. Эффективность использования энергоресурсов. [Электронный ресурс] Современные технологии производства. Режим доступа: <https://extxe.com/16499/jenergoberezhnie-jeffektivnost-ispolzovaniya-jenergoresursov/>
2. Энергосбережение на основе возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс] Студопедия. 2014 г. Режим доступа: https://studopedia.ru/2_63064_energoberezhnie-na-osnove-vozbnoovlyaemih-istochnikov-energii.html
3. Производство биогаза. Технологии получения биогаза в России [Электронный ресурс] Трансутилизация. Режим доступа: <https://transut.ru/biogas/pererabotka-v-biogaz>
4. Как сделать биореактор своими руками. [Электронный ресурс] Геостарт. Режим доступа: <https://geostart.ru/post/88254>
5. Городов, Р.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Р.В. Городов, В.Е. Губин, А.С. Матвеев. – 1-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 294 с.
6. Волков, Д.А. Возможность применения солнечной энергии в городах и регионах России. / Д.А. Волков, М.В. Попова. Мат-лы XX МНПК «Энерго- и ресурсосбережение XXI век» г. Орел. 2022.
7. Закабунин, А.В. Оценка возможности применения альтернативной энергетики для получения водорода в условиях центральной России / А.В. Закабунин, М.В. Попова. Материалы МНПК «Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности». Казань, 2021. – С.40-425.
8. Использование водорода в силовых агрегатах в АПК / Н.Г. Гамзатов, Т.К. Рамазанов, О.А. Липа, Г.Г. Рамазанова // 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.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХПРОВОДНИКОВОГО ИНДУКТИВНОГО НАКОПИТЕЛЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Ильин Д.О., студент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: denik042004@gmail.com

Буш Г.А., студент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: bush01@internet.ru

Пушкарев Е.А., аспирант кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: ep13@mail.ru

В настоящее время технологии энергоаккумулирования являются одним из основных направлений развития электроэнергетики, а разработка накопителей электрической энергии является актуальной научно-технической проблемой. В данной статье рассмотрены основные проблемы современной электроэнергетики. Произведен анализ использующихся на данный момент накопителей энергии. Особое внимание обращается на принципиально новый вид накопителя энергии и преимущества его использования.

Ключевые слова: электроэнергетика, накопители энергии, СПИН, надежность работы энергосистемы, бесперебойность.

Актуальные проблемы современной электроэнергетики

Необходимость использования в электроэнергетике мощных накопителей энергии в качестве промежуточного устройства между производством энергии и потребителем позволяет освободиться от жёсткого соответствия генерации и потребления электрической энергии. Известно, что выработка электроэнергии на электростанциях, не учитывая потери, практически повсеместно равно ее потреблению. Таким образом, производство электроэнергии всегда должно подстраиваться под саму нагрузку и ее пики. Не все сегодняшние системы электрогенерации могут работать в таких условиях.

АЭС не регулируют свою нагрузку по соображениям безопасности, ГЭС для работы с неравномерным графиком нагрузки подходят, но для этого необходимы ГЭС достаточной мощности, что есть не во всех энергосистемах. Таким образом, основная нагрузка по покрытию неравномерности суточного потребления приходится на ТЭС. Это приводит к работе в неэкономичном режиме с повышенным износом. Увеличивается расход топлива и стоимость электроэнергии.

Электростанции на возобновляемых источниках: ветряные, солнечные, термальные – имеют нестабильный характер и не могут на регулярном уровне обеспечивать потребности в требуемом объеме.

Потенциальные возможности применения накопителей электроэнергии:

- Управление режимами нагрузки – накопители создают энергетический

резерв без избыточной работы генерирующих мощностей, обеспечивая спокойное прохождение ночного минимума и дневного максимума нагрузок (разряд накопителя во время пика нагрузки и заряд – в ночное время);

- Использование накопителей позволит оптимизировать график нагрузки на наиболее дорогое генерирующее оборудование, что приведет к сокращению расхода углеводородного топлива, увеличит надежность электроснабжения.

- Вращающийся резерв – возможность быстрого замещения вышедшего из работы крупнейшего генератора в энергосистеме (создается резерв на случай аварий);

- Выравнивание графика нагрузки в сетях со значительной долей распределенных источников электроснабжения. Появляется возможность накапливания излишек, особенно – возобновляемых источников энергии [3];

- Повышение возможности передачи энергии – участие в управлении устойчивостью, регулировании напряжения, частоты реактивной мощности, повышающая стабильность работы сетей;

- Повышение качества электроэнергии – поддержание стабильности напряжения установкой накопителей, как на питающих фидерах, так и непосредственно у потребителей, особенно при резко переменном характере нагрузки, источники мощности для непрерывного электроснабжения.

В настоящее время среди широкого спектра технологий аккумулирования энергии, для энергетики интерес представляют следующие технологии:

- Гидроаккумулирование. ГАЭС сегодня являются лидерами по возможному масштабу аккумулируемой энергии и мощности.

- Аккумулирование с помощью сжатия воздуха. В процессе заряда электроэнергия используется для закачки сжатого до высоких давлений воздуха в подземные герметичные полости. При разряде сжатый воздух подается в традиционные газовые турбины.

- Электрохимические аккумуляторные батареи.

В этом секторе аккумулируемых устройств известно несколько вариантов технических решений. Наиболее широкое практическое применение сегодня нашли свинцово-кислотные и никель-кадмиевые электрохимические аккумуляторы. В последнее время наиболее интенсивно развиваются литий-ионные аккумуляторы, находя все большее применение на транспорте, в космической и авиационной технике. Сейчас литий-ионные технологии активно внедряются в энергетику (ФСК ЕЭС).

Из недостатков ГАЭС необходимо отметить, что строительство таких станций требует больших финансовых вложений, а также предъявляет повышенные требования к выбору места для строительства.

Известно, что вышеперечисленные накопители энергии осуществляют регулирование мощности в течение времени от нескольких минут до

нескольких часов, что является относительно длительным периодом. В то время как объекты традиционной или альтернативной энергетики нуждаются в «быстродействующих» аккумуляторах, которые обеспечивают сглаживание высокочастотных колебаний продолжительностью от долей секунды до нескольких минут. Для таких целей применяют маховиковые аккумуляторы или суперконденсаторы.

Одним из перспективных и быстродействующих накопителей электрической энергии является сверхпроводниковый индуктивный накопитель (СПИН), принцип которого основан на использовании явления сверхпроводимости, суть которого заключается в следующем: при охлаждении проводника с током ниже определенного значения (критической температуры) его электрическое сопротивление становится практически нулевым. Это также сводит к нулю и потери энергии. Сверхпроводниковый индуктивный накопитель способен хранить энергию долгое время как энергию магнитного поля, создаваемое сверхпроводящим соленоидом. Так как потребители используют переменный ток, следует во время заряда данного накопителя выпрямить переменный ток, а во время разряда преобразовать постоянный ток в переменный.

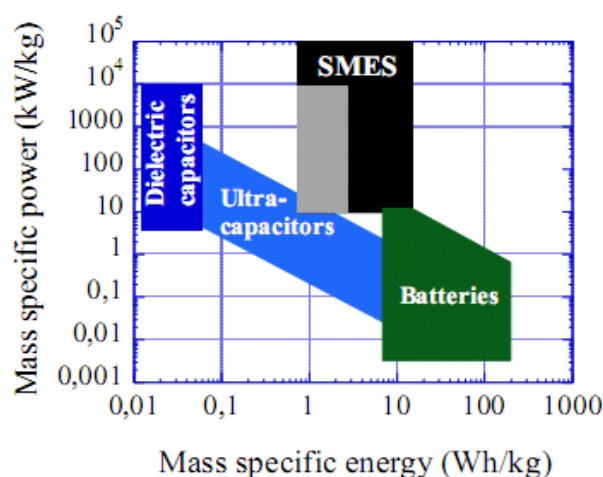


Рис. 1. Диаграмма Рагоне (Ragone plot) для СПИН, аккумуляторных батарей и конденсаторов

Надписи на этом рисунке, слева направо сверху вниз:

- Ось ординат – удельная мощность (кВт/кг)
- Ось абсцисс – удельная запасаемая энергия (Вт-ч/кг)

На графике:

- СПИН
- Обычные (диэлектрические) конденсаторы
- Ультраконденсаторы (суперконденсаторы или ионисторы)
- Аккумуляторные батареи

Использование СПИН имеет ряд преимуществ, например, увеличение надежности и живучести энергосистемы, что благоприятно сказывается на транспортировке и распределении и потреблении электрической энергии.

На рис. 1 показаны мощность и энергия на единицу массы для СПИН и двух более ранних технических решений: конденсаторов и аккумуляторных батарей. Для СПИН серый участок указывает на величины, достигнутые в настоящее время. Черная зона на рисунке – это теоретически возможные величины, для достижения которых требуются большие объемы работ по исследованиям и разработкам [5]. На рис. 2 сравниваются диапазоны мощности и времени разряда для различных устройств запасаения энергии. Особенностью СПИН является высокая мощность до 100 МВт, и короткое время разряда, менее секунды [6].

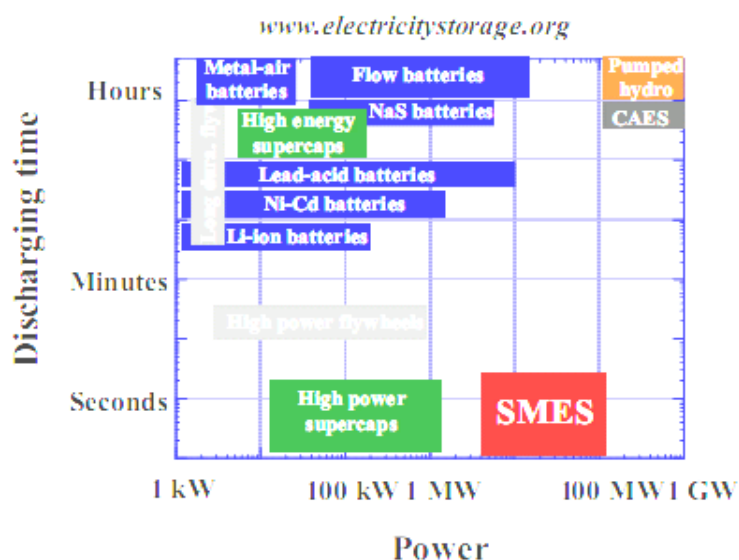


Рис. 2. Время разряда в зависимости от мощности для различных систем запасаения энергии [5]

Надписи на этом рисунке, слева направо сверху вниз:

- Ось ординат – Время разряда (часы, минуты, секунды - сверху вниз)
- Ось абсцисс – Мощность (кВт, МВт, ГВт - слева направо)

На графике:

- Воздушно-металлические батареи – синий фон
- Проточные аккумуляторы - синий фон
- ГАЭС - оранжевый фон
- Маховики длительного действия – серый фон
- Суперконденсаторы с высокой запасаемой энергией – зеленый фон
- Аккумуляторы на основе сульфида натрия NaS - синий фон
- Пневматические системы запасаения энергии (CAES) - - серый фон
- Свинцовые кислотные аккумуляторы - синий фон
- Никель-кадмиевые аккумуляторы - синий фон
- Литий-ионные аккумуляторы - синий фон
- Высокомощные маховики – серый фон
- Высокомощные суперконденсаторы – зеленый фон
- СПИН – красный фон

Основные преимущества СПИН перед другими системами:

- Энергия в СПИН запасается в том же виде, в каком и используется - электромагнитном. Таким образом, необходимость в преобразовании

одного вида энергии в другой отсутствует, тем самым обеспечивая высокий КПД (97-98 %) и быстродействие устройства.

- Компактность, связанная с высокой плотностью запасаемой энергии (до 108 Дж/м³). Удельная энергоёмкость увеличивается с ростом абсолютного значения запасаемой энергии, что определяет снижение удельных затрат при увеличении масштаба системы.

- Отсутствие физических ограничений на значение мощности СПИН, поскольку энергия запасается в них в электромагнитной форме.

- СПИН может хранить энергию сколь угодно долго в виде энергии магнитного поля. Это позволяет создавать системы с высоким уровнем готовности (время от подачи команды до выдачи энергии в нагрузку ~ 1 мс). Важной в практическом отношении особенностью СПИН является возможность его зарядки от источника с малой электрической мощностью. Очевидно, что при длительном использовании такого накопителя понадобятся дополнительные расходы на охлаждение, однако выгода от использования в итоге существенно покрывает эти расходы. Для участия в суточном регулировании энергопотока в системе необходимо аккумулировать энергию порядка 10 кДж и выдавать мощность в сотни мегаватт.

- Широкий диапазон изменения времени рабочего цикла (от 10⁻³ до 10³ с) и высокое быстродействие [переключение режимов заряда — разряда энергии может быть осуществлено за 0,01 с (1/2 периода тока промышленной частоты)]. Исключительно «тонкое» реагирование на изменение графика нагрузки.

- Накопления электроэнергии с помощью СПИНЭ отличается экологической чистотой. Отходы производства отсутствуют. Не используются вредные материалы, никаких химических реакций не происходит.

- Отсутствие движущихся частей — малые объёмы работ по техническому обслуживанию.

- Число циклов заряда-разряда очень велико (не ограничено).

- Экологическое влияние, упрощающее проблему выбора места расположения.

Перечисленные выше преимущества СПИН позволяют рассматривать его не только в качестве перспективного источника покрытия пиковых суточных нагрузок (с функциями, аналогичными ГАЭС, которые используются в настоящее время), но и как регулирующий элемент, обеспечивающий динамическую и статическую устойчивость электроэнергетической системе, постоянство частоты, увеличение пропускной способности ЛЭП и т. д. Крупные СПИН кроме перечисленных обладают следующими преимуществами:

- Могут быть объектами стратегического резервирования электроэнергии благодаря использованию сверхпроводимости.

- Могут выполнять функции крупных подземных хранилищ жидкого и газообразного гелия [1].

Перспективы СПИН

СПИН найдет широкое применение у различных потребителей. Например, на предприятиях нефтехимической промышленности на производственных линиях, которые не должны прерывать энергоснабжение даже на очень короткие сроки. Можно отметить еще одну из потенциальных областей применения СПИН – поддержание питания без перебоев медицинских учреждений, проводящих сложные операции с использованием современных специализированных аппаратов. Использование СПИН позволит снять пиковую нагрузку с АЭС. Это станет возможным, если осуществлять зарядку СПИН от атомных электростанций во время малого энергопотребления в системе и выдавать энергию, разряжая их в часы пиковой нагрузки потребителей. Это позволит в свою очередь снизить график нагрузки такого базового производителя электроэнергии как АЭС, тем самым создавая условия для повышения надежности и безопасности их работы.

Уникальным свойством сверхпроводникового индуктивного накопителя энергии является возможность практически мгновенного перехода из режима накопления энергии в режим ее выдачи и большая скорость отбора мощности. Это свойство СПИНЭ в первую очередь востребовано в физике высоких энергий и мощной импульсной энергетике. Быстродействие, достигающее единиц миллисекунд, позволяет реагировать на самые внезапные аварии в энергосистеме.

Эти накопители вполне конкурентоспособны с накопителями других типов. В настоящее время практическое применение нашли передвижные СПИНЭ сравнительно небольшой энергоемкости. Источники бесперебойного питания на основе СПИНЭ были разработаны в некоторых развитых странах и показали себя как надежные и эффективные устройства для предотвращения провалов и скачков напряжения [2].

На сегодняшний день продолжаются испытания сверхпроводникового индуктивного накопителя электроэнергии в существующей энергосистеме города Москва. Например, в инновационном центре Росатома (центр «Атом-инновации») совместно с разработчиками технологии ведется активная работа над созданием компактного сверхпроводящего индуктивного накопителя на 24 МДж, состоящего из четырех модулей по 6 МДж. В последствии из таких модулей возможно будет собирать накопители большей емкости [4]. Создание материалов, обладающих сверхпроводимостью при комнатной температуре, означает прорыв в сферах энергетике, транспорта, космонавтики, мощной импульсной энергетике, оборонной техники.

Сверхпроводниковый индуктивный накопитель энергии является новым и эффективным источником пиковой мощности и привлекает

перспективой все больше внимания, поскольку подходит для комплексного использования в электроэнергетической системе. Но их повсеместному применению в мировой энергетике препятствует их высокая стоимость, поскольку сверхпроводниковые материалы являются достаточно дорогими и сам процесс изготовления накопителя весьма сложен. На сегодняшний день СПИН нашел применение лишь в маломощных системах от 100 до 1000 кВт, способные обеспечить высокую стабильность и качество электроэнергии ответственных потребителей. Также хотелось бы отметить, что данный сверхпроводниковый индуктивный накопитель вполне перспективен для замены всех существующих накопителей энергии. Он имеет внушительные преимущества наряду с незначительными недостатками, связанными с проблемами его производства. При дальнейшем развитии и освоении высокотемпературных сверхпроводниковых технологий, можно ожидать, что проблемы производства СПИН будут решены и начнется его полномасштабное внедрение в энергетику.

Литература:

1. Сверхпроводниковые индуктивные накопители [Электронный ресурс] Энергетика. Режим доступа: <https://forca.ru/knigi/arhiv/napopiteli-energii-v-elektricheskikh-sistemah-13.html>
2. Сверхпроводниковые индуктивные накопители энергии [Электронный ресурс] studme.org. Режим доступа: https://studme.org/138530/tehnika/sverhprovodnikovye_induktivnye_
3. Хренков, Н.Н. Технологии накопления электроэнергии [Электронный ресурс] Специальные системы и технологии По материалам статьи Д. Шапошникова и А. Багракова «Как технологии накопления энергии изменят мир» РБК № 8 (2505), 19.01.2017 и по материалам из интернета о сверхпроводящих накопителях. Режим доступа: <https://sst.ru/press/expert-articles/the-technology-of-electric-power-accumulation/>
4. Третьякова, О.П. Киловатты про запас. [Электронный ресурс] Независимое военное обозрение / О.П. Третьякова, А.Е. Ламин. – 2009 г. Режим доступа: https://nvo.ng.ru/ng_energiya/2009-06-09/11
5. Пзпова, М.В. Разработка и обоснование параметров токоограничивающего устройства для систем сельского электроснабжения / М.В. Попова. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: – 2012 г. – 179 С.
6. Попова, М.В. Использование накопителей энергии в активно – адаптивных сетях (Smart Grid) / М.В. Попова // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2010. – №8(13). – С.105-107.
7. Пермяков, Г.А. Использование суперконденсаторов в электроснабжении сельского хозяйства / Г.А. Пермяков // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2011. – № 11(16). – С. 124-127.
8. Ввод в эксплуатацию управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора мощностью 180 МВ.А, 500 кВ / А.М. Брянцев, А.Г. Долгополов, А.И. Лурье [и др.] // Электротехника. – 2006. – № 5. – С. 47-55.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Баталина П.И., студентка кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: pollinka2000@mail.ru

Попова М.В., к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: A-040506@yandex.ru

Длительная эксплуатация оборудования промышленных производств может привести к повреждениям или потере работоспособности его элементов. Это может возникать как при отсутствии видимых дефектов изготовления, так и при соблюдении правил эксплуатации. Особенно такая ситуация возможна в промышленных производствах с высокой коррозионной активностью технологических сред, высокими температурами, давлением и скоростью технологических потоков, наличием переменных температурных деформаций и сложных напряженных состояний металла, из которого это оборудование изготавливается. Воздействие указанных факторов на оборудование в течение длительного времени может вызывать повреждение металла. Развитие микродефектов на поверхностях элементов оборудования, находящегося под нагрузкой, или отложение на них осадков может препятствовать протеканию технологического процесса. В процессе функционирования оборудования также возможно возникновение сочетания таких параметров, которые могут привести к нарушению его работоспособность, т.е. вызвать его отказы.

Ключевые слова: отказ, повреждения, мониторинг и диагностика электрооборудования, телевизионное исследование, нагрев.

Причины отказов промышленного оборудования можно разделить на три вида: механические, технологические (при изготовлении или разработке оборудования) и обусловленные ошибками (нарушениями) при эксплуатации. Большая часть отказов при механических и технологических нарушениях проявляется постепенно. При этом происходит изменение одного или нескольких выходных параметров, в связи с этим их называют параметрическими. Контролируемыми параметрами могут быть как непосредственно измеряемые повреждения (глубина коррозии стенок, износ детали), так и выходные параметры оборудования (производительность, коэффициент полезного действия, степень разделения, осветления, очистки). Также существуют количественные показатели качества оборудования, такие как уровень вибрации, шума, величина утечки среды через уплотнения и т.д. Основным принципом диагностики состояния технических систем является последовательное и систематическое измерение определенных параметров и их изменений, сравнение со штатными величинами и дальнейшее прогнозирование

работы оборудования. Контроль параметров, которые позволяют прогнозировать моменты наступления отказов оборудования, являются параметрами технического состояния, или сокращенно ПТС.

Одним из нарушений работоспособного состояния электрооборудования является отказ работы. В случае если оборудование не подлежит восстановлению после отказа или технического освидетельствования, то такое состояние называют предельным состоянием (ПС) оборудования. Нецелесообразность восстановления оборудования, имеющего повреждения, может быть обусловлена как технико-экономическими показателями, так и нарушениями установленных требований безопасности.

Признаки предельного состояния оборудования, установленные в нормативно-технической документации, называются критериями предельного состояния (КПС). Остаточным ресурсом называют запас возможной наработки оборудования после момента контроля его технического состояния (или ремонта), в течение которого обеспечивается соответствие, требованиям всех его основных технико-эксплуатационных показателей и показателей безопасности [1].

Для электроэнергетики России, в целом, и для сельских электрических сетей все большее применение находит система мониторинга и диагностики электрооборудования. В настоящее время практически 50 % эксплуатируемого электроэнергетического оборудования выработали свой ресурс, а дальнейшая их эксплуатация без риска для системы практически невозможна. Для оценки состояния электрооборудования проводится мониторинг, на основании которого дальнейшее прогнозирование его безотказной работы. Для этого внедряются современные методы и средства диагностики. За последние годы нашли применение такие методы и средства мониторинга, например, как тепловизионный контроль и хроматографический анализ маслonaполненного оборудования, а также системы мониторинга оборудования с непрерывным контролем параметров [2]. Контроль состояния оборудования, который проводится с помощью телевизоров, достаточно широко внедряется в электроэнергетику и дает возможность выявлять дефекты на ранних стадиях их развития. При этом оборудование не выводится из эксплуатации. Эта процедура проводится при относительно небольших затратах времени и средств. В таблице представлены термограммы с профилями температур, которые были получены при обследовании электрооборудования, и приведены комментарии к ним. Дефекты, которые могут быть обнаружены в результате обследования электрооборудования, можно классифицировать по стадиям развития [2]:

- ранняя стадия развития – требуется контроль и устранение во время планового ремонта;
- стадия с развившимися дефектами – требуется устранение дефектов

при ближайшем выводе оборудования из работы;

- стадия аварийного состояния – требуется срочное устранение дефектов.

Тепловизионный мониторинг оборудования рекомендуется проводить 1-2 раза в год, соблюдая при этом рекомендации.

На основании результатов обследования электрооборудования проводится оценка его состояния, и даются рекомендации. Для контактных соединений нормативные документы содержат конкретные указания с количественными значениями контролируемых параметров, при оценке состояния электрических машин, трансформаторов, выключателей рекомендации имеют более общий характер.

Однако современные технические средства и информационные технологии позволяют осуществлять постоянный мониторинг и оценивать состояние оборудования в режиме реального времени. Примером может служить *система управления мониторинга и диагностики трансформаторного оборудования (СУМТО)* [2, 4]. Система обеспечивает следующие функции:

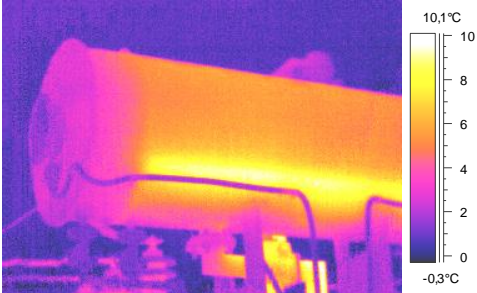
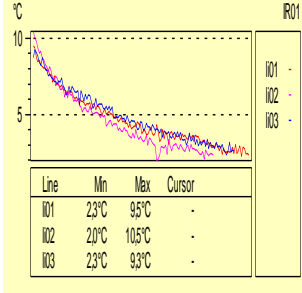

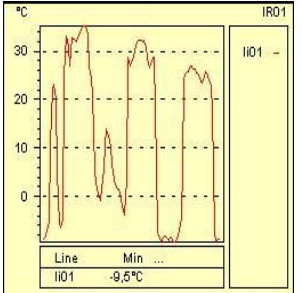
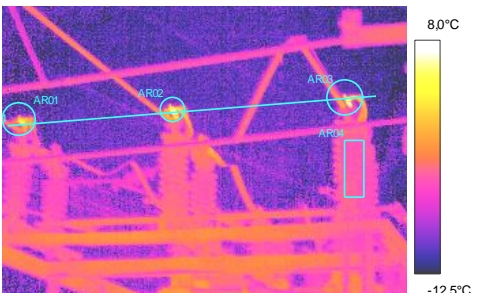
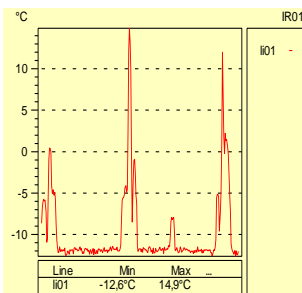

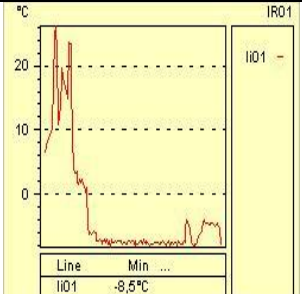
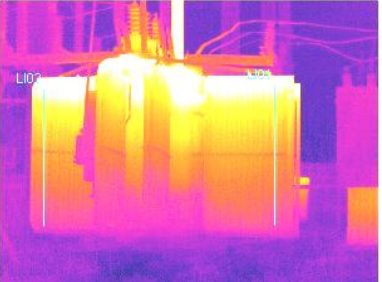

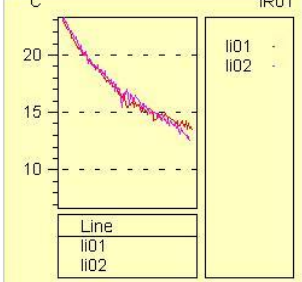
- измерять параметры электрооборудования в нормальном и аварийном режимах;
- отображать параметры состояния оборудования;
- дистанционно управлять системами охлаждения и регулировки напряжения под нагрузкой;
- прогнозировать изменение состояние оборудования по аналитическим моделям;
- передавать информацию в систему автоматического управления подстанции;
- архивировать данные мониторинга за время эксплуатации оборудования.

Данная система является иерархической трехуровневой и включает в себя:

- 1) системы измерения, исполнительные устройства;
- 2) системы первичной обработки сигналов датчиков и команд управления;

автоматизированное рабочее место оператор для визуализации параметров состояния оборудования, сигналов аварийной и предупредительной сигнализации, для работы с архивами [5]. Прогнозирование состояния трансформаторов производится на основе контроля нескольких десятков параметров в соответствии с требованиями ГОСТ-ов, документами МЭК, рекомендациями СИГРЭ и результатами авторитетных исследований. Подобные системы мониторинга трансформаторов имеют и другие компании, поставляющие на российский рынок оборудование и приборы.

Таблица

№	Термограмма	Профиль температур	Примечания
1			РУ-35/6 кВ, расширительный бак трансформатора 35/6 кВ мощностью 6300 кВА. Температура масла в пределах нормы, перегревов не обнаружено.
2			РП 35/6 кВ, ввод 6 кВ. Избыточная температура на болтового контактного соединения фазы «А» 9°C, «В»- 5,2°C, - следует устранить при плановом ремонте.
3			РП 35/6кВ, ШР- 35 кВ блока СМВ- 35кВ Избыточная температура контактов со стороны шинного моста, фаз А, В, С 25,1°C, 22,4°C и 10,2°C - развившиеся дефекты.
4			РП 110/35/6 кВ, разъединитель. Избыточная температура фазы «С» 23,4°C – аварийный дефект.
			

На подстанциях необходимо проводить диагностику оборудования, такого как:

- 1) измерительные приборы собственных нужд и вторичной коммутации;
- 2) высоковольтные выключатели;
- 3) разъединители, отделители и короткозамыкатели;
- 4) контур заземления.

Предоставляет интерес возможность использования микропроцессорных блоков управления выключателями и терминалами релейной защиты и автоматики (РЗА). При этом возможно регистрировать количество коммутаций и их параметры в силовой цепи и в цепях управления. При этом фиксируется время срабатывания механизма. В настоящее время роль современных средств защиты в интеллектуальной энергетике достаточно высока.

Главное преимущество средств и методов контроля и диагностики заключается в возможности обнаружения дефектов электрооборудования на ранней стадии развития, что позволяет вовремя устранить неисправность [2].

Литература:

1. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации [Электронный ресурс] РД 26.260.004-91.Метод.указ. Режим доступа: <https://gosthelp.ru/text/RD2626000491Metodicheskie.html>
2. Попова, М.В. Разработка и обоснование параметров токоограничивающего устройства для систем сельского электроснабжения / М.В. Попова. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: – 2012 г. – 179 С.
3. Беляева Л.В. К вопросу планирования ремонта электротехнического оборудования для сельских распределительных сетей / Л.В. Беляева, Д.А. Калугин, С.И. Копылов, Ф.А. Мамедов. // Вестник РГАЗУ. – (3). – 2008.
4. <http://web1.vei.ru/SUMTO/SUMTO.htm> – Система управления мониторинга и диагностики трансформаторного оборудования (СУМТО).
5. Беляева, Л.В. Применение ИК-контроля теплового состояния электрооборудования и сооружений / Л.В. Беляева, С.И. Копылов, Я.А. Королев, М.В. Попова // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2009. №7. С.144.
6. Источник реактивной мощности на подстанции 35 кВ Ванкорского нефтяного месторождения / Б.И. Базылев, М.А. Брянцев, С.В. Дягилева [и др.] // Электротехника. – 2012. – № 3. – С. 59-62.
7. Впервые в сети 500 кВ введен в эксплуатацию новый управляемый подмагничиванием шунтирующий реактор мощностью 180 МВА / А.М. Брянцев, А.Г. Долгополов, А.И. Лурье [и др.] // Электричество. – 2006. – № 8. – С. 65-68.
8. Особенности выбора АСКУЭ в зависимости от технологий построения сети / А.В. Закабунин, В.В. Влезков, Л. Кленовая, Д.А. Абрамов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2019. – № 31(36). – С.24-30.

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 543.544

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, НЕФТЕПРОДУКТОВ И НЕФТИ

Тетдоев В.В., д.т.н., доцент, профессор кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-38-85, e-mail: mansur.mahmutov@yandex.ru

Хисматуллина Ю.Р., к.ф.н., доцент, доцент кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-38-85

Махмутов М.М., д.т.н., доцент, профессор кафедры эксплуатации и тех сервиса машин ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-38-85, e-mail: mansur.mahmutov@yandex.ru

В статье рассматривается проблема загрязнения водных объектов ионами тяжелых металлов, нефтью и нефтепродуктами. В частности отмечено, что актуальной задачей является поиск новых недорогих материалов на основе вторичных ресурсов, которые будут отличаться высокой степенью очистки водных объектов, а также обладать необходимыми технологическими свойствами, упрощающими применение материала. Особый интерес при этом представляют сточные воды из отходов деревообрабатывающих производств, содержащие в своем составе целлюлозу. Преимущества таких реагентов по сравнению с синтетическими материалами определяются химической природой полимерной матрицы и ее физико-химическими характеристиками, наличием различных функциональных групп. Большие запасы, низкая стоимость, возобновляемая сырьевая база и возможность утилизации определяют экономическую целесообразность использования данных материалов для очистки водных сред.

Ключевые слова: ионы тяжелых металлов (итм) и нефтепродукты (нп), вредное влияние, физиологические и биохимические процессы, биологические объекты, способы очистки, сточные воды (св).

Технологичность применения сорбционных материалов (СМ) обусловлена рядом физикохимических свойств. Помимо высокой сорбционной емкости и селективности, СМ должны быть просты в применении, а также обладать возможностью легкого сбора с объекта загрязнения после сорбции загрязнителей. В отличие от других материалов, магнитные СМ обладают важным технологическим преимуществом, которое заключается в удобстве извлечения отработанного материала из дисперсионной среды под воздействием магнитного поля.

СМ с магнитными свойствами применяются для контактной очистки веществ в фармацевтике, для очистки водных сред от ИТМ, а также сбора нефти и НП с поверхности водоемов [1]. Наиболее широко для получения магнитных СМ используют магнитные оксиды железа – магнетит (Fe_3O_4) и маггемит ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), для которых характерна высокая прочность и сорбционная емкость, а также относительно низкая стоимость [2]. Однако, несмотря на высокую сорбционную емкость, возможность их использования в качестве самостоятельных СМ широко не рассматривается. По причине слишком высокой насыпной плотности, малого размера частиц и способности к агрегированию применение искусственно полученных ферромагнитных частиц для очистки воды от ИТМ, НП и нефти является нетехнологичным. Многими исследователями предлагается использовать магнитные оксиды в качестве добавок к другим материалам, что позволяет получать композиционные СМ, или же для синтеза материалов со структурой ядро-оболочка из различных неорганических и органических соединений. Магнитные материалы со структурой ядро-оболочка, в основном, используются для концентрирования и выделения веществ из различных сред и решения задач аналитической химии [3].

Обзор практических аспектов применения магнитных композитов приведен в работе [4]. Магнитные материалы синтезируются различными способами: совместным осаждением, термическим разложением и сжиганием, гидротермальными и микробиологическими процессами. Агрегация и седиментация магнитных частиц зависят от поверхностного заряда рН, ионной силы и наличия органических стабилизаторов. Магнитные композиты проявляют низкую токсичность для человека и экосистемы и применяются в качестве противомикробных средств для дезинфекции воды и флокулянтов для очистки воды, для адсорбции органических веществ, красителей, масла, мышьяка, фосфатов, молибдатов, фторидов, селена, ИТМ, радионуклидов и редкоземельных элементов.

Так, на основе крупнотоннажных отходов производства неорганических соединений, авторы работы [5] получили композиционный ферромагнитный СМ, обладающий высокой сорбционной способностью, гидрофобностью и плавучестью. Материал предлагается использовать для сбора нефти с водной поверхности. При этом авторами решаются проблемы переработки крупнотоннажных отходов производства неорганических соединений и очистка воды от нефти.

В работе [6] показана возможность получения магнитных СМ из коры сосны, модифицированной различным количеством FeCl_3 . Авторы установили влияние содержания модификатора в коре на характеристики пористой структуры получаемых СМ и на сорбционную емкость по отношению к нефти и моторному маслу. Определено необходимое

количество FeCl_3 , которое соответствует 15 % (масс.), обеспечивающее синтез магнитного СМ с оптимальным сочетанием магнитных свойств и сорбционной емкости.

Авторы работы [7] предложили устройство для сбора нефти с поверхности воды с применением композиционного СМ, состоящего из магнитного наполнителя и адсорбирующих компонентов. В качестве магнитного наполнителя использовали железорудный концентрат и искусственный порошок Fe_3O_4 , который получали соосаждением солей железа избытком щелочи. Адсорбирующими компонентами являлись сталеплавильный шлак и отходы обогащения руды. Нефтеемкость исследуемого СМ составила 0,6-1 кг/кг.

Так, методом механохимического синтеза получали композиционный СМ на основе гуминовых веществ и ультрадисперсных частиц Fe_3O_4 (размер частиц менее 100 нм) [8]. Удельная площадь поверхности материала составила 62 м²/г. Полученный композит проявляет магнитоуправляемые свойства во внешнем магнитном поле, что позволяет применять его для извлечения и сепарации ИТМ из водных сред.

В работе [8] описаны магнитные СМ на основе ферритизированного гальванического шлама, которые имеют высокую адсорбционную способность по отношению к ионам железа (98%), меди (95%), керосину (90%), индустриальному маслу и нефти (99%). Авторы установили: поглотительная способность СМ растет с увеличением толщины пленки НП и достигает максимальной величины при толщине пленки 3 мм; поглощение НП с пленки наиболее интенсивно протекает в первые 15 мин процесса; после сорбции СМ с нефтью полностью удаляется с поверхности воды с помощью магнита.

Иммобилизацией ультрадисперсных частиц Fe_3O_4 в полимерную матрицу авторы работы получали СМ с магнитными свойствами. Частицы Fe_3O_4 осаждали из водной смеси FeCl_2 и FeCl_3 под действием NH_4OH с дальнейшим диспергированием полученного порошка в водном растворе додецилсульфата натрия и олеата калия. Максимальная сорбционная емкость по отношению к нефти, материала полученного таким образом, составила 2 г/г и достигается в течение 4 часов диспергирования. Установлено, что СМ может быть неоднократно подвергнут регенерации промывкой гептаном.

Таким образом, результаты обзора имеющихся в настоящее время литературных источников показали, что ИТМ, нефть и продукты ее переработки входят в число приоритетных токсикантов для ОПС. Существует обширный комплекс методов очистки воды от ИТМ и НП, среди которых на практике наиболее часто применяются реагентный метод, коагуляция, ионный обмен, обратный осмос, сорбция, а также биологические методы.

Одним из наиболее широко применяемых и эффективных методов

очистки воды от ЗВ является сорбционный метод. В настоящее время известно множество СМ, получаемых из различного сырья и обладающих высокой удельной поверхностью, пористостью и ионно-обменными свойствами. Также следует отметить, что среди предлагаемых СМ имеются и те, которые обладают специфическими свойствами, например, способностью к биоразложению, или же магнитными свойствами.

СМ, предназначенные для очистки водных сред от ИТМ, НП и нефти, могут быть получены с использованием различных компонентов, в качестве которых выступают, в том числе, компоненты и отходы древесины, а исследования вопросов улучшения сорбционных свойств таких материалов путем их модификации и придания необходимых физических и химических свойств являются весьма перспективными и актуальными. Особый интерес при этом представляют магнитные СМ, которые обладают рядом преимуществ связанных, например, с возможностью сбора отработанного материала под воздействием внешнего магнитного поля. Для придания магнитных свойств в качестве основного компонента используется Fe_3O_4 , который также обладает сорбционной активностью по отношению ко многим неорганическим и органическим ЗВ. Для СМ, предназначенных для сбора нефти и НП, с целью снижения водопоглощения и увеличения показателя плавучести отмечается необходимость применения гидрофобизирующих составов.

Исходя из вышесказанного, актуальной задачей является поиск новых недорогих материалов на основе вторичных ресурсов, которые будут отличаться высокой степенью очистки водных объектов от различных ЗВ, а также обладать необходимыми технологическими свойствами, упрощающими применение материала. В качестве таких материалов, в рамках представленной работы, предлагается использовать МКСМ, полученные из ОДВ производства МДФ плит.

Литература:

1. Reynel-Avila, E.A. Perspective of the application of magnetic nanocomposites and nanogels as heavy metal sorbents for water purification / E. Reynel-Avila, D. Mendoza-Castillo, A. Bonilla-Petriciolet // *Smart Materials for Waste Water Applications*. – 2016. – P. 257-287.
2. Lubentsova, K.I. Sorption of toxic organic and inorganic compounds by composite materials with nanodispersed iron oxides in polystyrene matrixes / K.I. Lubentsova, A.V. Pastukhov, V.A. Davankov, D.K. Kitaeva, I.V. Karandi, M.M.Ilyin // *Sorption and Chromatographic Processes*. – 2015. – Vol.15. – № 3. – P. 333-344.
3. Толмачева, В.В. Магнитные сорбенты на основе наночастиц оксидов железа для выделения и концентрирования органических соединений / В.В. Толмачева, В.В. Апяри, Е.В. Кочук, С.Г. Дмитриенко // *Журнал аналитической химии*. – 2016. – Т.71. – № 4. – С. 339-356.
4. Su S. Environmental implications and applications of engineered nanoscale magnetite and its hybrid nanocomposites: A review of recent literature / S. Su // *Journal of Hazardous Materials*. – 2017. – Vol. 322. – P. 48-84.

5. Нифталиев, С.И. Ферромагнитный сорбент для сбора нефти с водной поверхности / С.И. Нифталиев, Ю.С. Перегудов, Ю.Г. Подрезова // Экология и промышленность России. – 2012. – № 10. – С. 24-25.

6. Цыганова, С.И. Синтез магнитных нефтесобирателей на основе модифицированных опилок древесины / С.И. Цыганова, Е.В. Веприкова, Е.А. Терещенко, О.Ю. Фетисова // Экология и промышленность России. – 2014. – № 6. – С. 18-21.

7. Рубанов, Ю.К. Удаление разливов нефтепродуктов с поверхности воды комплексными сорбентами на основе оксидов железа / Ю.К. Рубанов, Ю.Е. Токач // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 7. – С. 268-270.

8. Долбня, И.В. Очистка вод от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов магнитными сорбционными материалами / И.В. Долбня, Е.А. Татаринцева, К.В. Козьмич, М.В. Комиссаренко, А.О. Качалина // Экологические проблемы промышленных городов: сборник научных трудов по материалам 8-й Международной научно-практической конференции. - Саратов: Изд-во СГТУ, 2017. – С. 271-275.

УДК 330.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

Тетдоев В.В., д.т.н., доцент, профессор кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, тел.: 8 (495) 521-38-85, e-mail: mansur.mahmutov@yandex.ru

Заикина И.В., к.с.-х.н., доцент кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: zaikina-i78@yandex.ru

Кондаурова Н.В., старший преподаватель кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: nataliya.kondau@yandex.ru

Представлена проблема загрязнения окружающей среды, а именно атмосферного воздуха выбросами парами нефти, что негативно влияет на здоровье человека и экологическую обстановку. Для упрощения экологических расчетов величин выбросов паров нефти из резервуара предлагается математическая модель расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Ключевые слова: максимально-разовый (массовый) выброс паров нефти, окружающая среда, процессы вытеснения паров нефтепродуктов.

Введение

Эксплуатация резервуара с нефтью сопровождается процессами вытеснения паров нефтепродуктов из него или, наоборот, входом в резервуар наружного воздуха. Эти процессы принято называть «дыханием» резервуара. Различают процесс «большого дыхания», который наблюдается

по время заполнения или опорожнения резервуара, и процесс «малого дыхания», происходящий в результате суточных колебаний температуры стенок резервуара и его содержимого (нефти). Пары нефти и нефтепродуктов, поступающие через дыхательную арматуру резервуара в атмосферу, в настоящий момент принято разделять на сумму:

- предельных углеводородов $C_1 - C_{10}$;
- непредельных углеводородов $C_2 - C_5$;
- ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, ксилолы).
- сероводород.

К наиболее распространенным загрязняющим веществам атмосферного воздуха при добыче, подготовке, транспортировке и переработке нефти и газа, а также при их сжигании относятся углеводороды, сероводород, оксиды азота и серы, механические взвеси. Сернистый газ, углеводороды, сероводород - основные загрязняющие вещества при разработке нефтяных месторождений, содержащих сероводород. К выбросам их при добыче нефти приводят следующие случаи: аварийное фонтанирование, опробование и испытание скважин, испарение из мерников и резервуаров, разрывы трубопроводов, очистка технологически емкостей. Кроме того, выделение загрязняющих веществ происходит на установках комплексной подготовки нефти (при обезвоживании, обессоливании, стабилизации, деэмульсации нефти), на очистных сооружениях (с открытых поверхностей песколовок, нефтеловушек, прудов дополнительного отстаивания, фильтров, аэротенков). Значительное количество углеводородов выделяется в атмосферу в результате негерметичности оборудования и арматуры.

Материалы и методы

В соответствии с требованиями законодательства проведение инвентаризации источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу является обязанностью для всех предприятий и организаций, имеющих выбросы в атмосферный воздух.

Основным документом, определяющим необходимость проведения инвентаризации источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, является Федеральный закон от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха». В соответствии со ст. 22, 30 данного документа юридические лица и индивидуальные предприниматели, имеющие источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, обязаны обеспечивать проведение инвентаризации.

В соответствии с п. 18 Порядка, утвержденного Приказом Минприроды России от 19.11.2021 г. № 871, для определения показателей выбросов организованных источников используются преимущественно инструментальные методы.

В случае использования расчетных методов в отчет о результатах

инвентаризации выбросов включается обоснование выбора и применения использованных методов.

Область применения расчетных методов (п. 26-28 Порядка, утвержденного Приказом Минприроды от 19.11.2021 г. № 871):

- отсутствие аттестованных методик измерения загрязняющего вещества;

- отсутствие практической возможности забора проб для определения инструментальными методами в соответствии с требованиями действующих национальных стандартов;

- отсутствие практической возможности проведения инструментальных измерений выбросов (например, высокая температура газовой смеси, высокая скорость потока отходящих газов, сверхнизкое или сверхвысокое давление внутри газохода, отсутствие доступа к источнику);

- неорганизованные и линейные стационарные источники;

- ограниченное количество технологических процессов, с использованием результатов измерения отдельных характеристик источника выброса.

В качестве примера рассмотрим расчет величин выбросов паров нефти из резервуара:

а) массовый (максимально-разовый) выброс, г/с:

$$M_M = 0,163 \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot K_t^{max} \cdot K_p^{max} \cdot K_a \cdot V_q \cdot 10^{-4}$$

б) валовый выброс, т/год:

$$M_B = \frac{0,294 \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot (K_t^{max} \cdot K_a \cdot K_t^{min}) \cdot K_p^{cp} \cdot K_{об} \cdot V}{10^7 \cdot \rho_H}$$

где P_{38} - давление насыщенных паров нефти при температуре 38 °С, мм.рт. ст.;

μ - молярная масса паров нефти, г/моль.

Параметры P_{38} и μ для каждой марки нефти могут быть определены по температуре начала ее кипения.

K_t^{min} , K_t^{max} , K_p^{max} - опытные коэффициенты.

K_p^{cp} - опытный коэффициент, учитывающий особенности эксплуатации резервуара:

$$K_p = \frac{C_\phi}{C_H}$$

где C_ϕ - фактическая концентрация паров в резервуаре, г/м³;

C_H - концентрация насыщенных паров нефти, г/м³.

Коэффициент K_p эксплуатируемого резервуара зависит от следующих его параметров: объема; типа (наземный или заглубленный); конструктивного исполнения (вертикальный или горизонтальный); оснащения техническими средствами сокращения выбросов: понтоном или плавающей крышей.

Значения K_p принимаются в зависимости от резервуара (при этом нефтепродукты подразделяются, в зависимости от разности температур закачиваемой нефти и температуры атмосферного воздуха в наиболее холодный период года, на группы):

группа А - нефть на магистральном трубопроводе при температуре закачиваемой жидкости, близкой к температуре воздуха;

группа Б - нефть после электрообессоливающей установки (ЭЛОУ) в случае, если ее температура превышает температуру воздуха не более чем на 30°C;

K_a - опытный коэффициент, зависящий от давления насыщенных паров P_n хранящейся в резервуаре нефти. Учитывая, что у нефти P_n не превышает 500 мм рт. ст., принимается $K_a = 1,0$;

V_4 - максимальный объемный расход паровоздушной смеси, м³/ч, вытесняемой из резервуара во время его закачки («большое дыхание»), равный скорости перекачивания нефти;

$K_{об}$ - коэффициент принимается в зависимости от кратности оборачиваемости резервуара $n_{об}$:

$$n_{об} = \frac{B}{\rho_n \cdot V_p}$$

где B - количество нефти, закачиваемое в резервуар в течение года, т/год

V_p - объем резервуара, м³;

ρ_n - плотность нефти, т/м³.

Как и для всякой жидкости, плотность нефти зависит от температуры.

Учитывая, что в диапазоне температур, характерных для эксплуатируемых резервуаров, это изменение невелико, в рамках данной задачи плотность нефти считается постоянной величиной, равной 0,875 т/м³.

Таким образом, максимально-разовый (массовый) выброс паров нефти наблюдается во время «большого дыхания» резервуара, эта величина зависит как от максимальной температуры нефти в резервуаре, так и от производительности насоса и других параметров.

Разделение массового и валового выбросов паров нефти на компоненты (выбросы индивидуальных веществ – предельных и непредельных углеводородов, бензола, толуола, этилбензола, ксилола и сероводорода) производится по формуле:

$$M_i = 0,01 \cdot M \cdot C_i$$

где M - величина массового, г/с, или валового, т/год, выброса паров нефти;

C_i - концентрация i -го загрязняющего вещества в выбросе, % масс.

Формула по расчету массового (максимально-разового) выброса будет иметь следующий вид:

$$=0,163 * F_8 * F_9 * F_{10} * F_{11} * F_{12} * F_{14} * 10^{-4}$$

Формула по расчету валового выброса будет иметь следующий вид:

$$=(0,294 * F_{18} * F_{19} * (F_{20} * F_{22} * F_{21}) * F_{24} * F_{25} * F_{26}) / (10^7 * F_{27})$$

№п.п	Наименование величин выбросов паров нефти из резервуара	Обозначение	Ед измерения	Величина
1.	Давление насыщенных паров нефти при температуре 38 °С	P_{38}	мм рт. ст.	472
2.	Молярная масса паров нефти	μ	г/моль	76,2
3.	Опытный коэффициент	K_t^{max}		0,105
4.	Опытный коэффициент	K_{rmax}		0,8
5.	Опытный коэффициент, зависящий от давления насыщенных паров P_n хранящейся в резервуаре нефти	K_a		1
6.	Максимальный объемный расход паровоздушной смеси	V_4	м ³ /ч	34
	Массовый (максимально-разовый) выброс	M_M	г/с	1,67

Рис. 1. Математическая модель расчета массового (максимально-разового) выброса

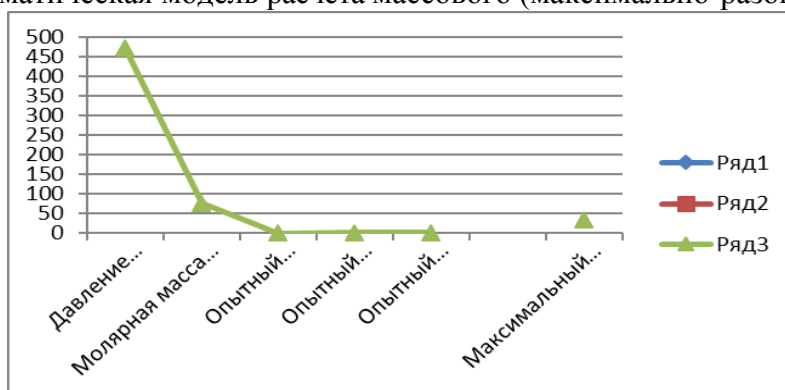


Рис. 2. График показателей расчета массового (максимально-разового) выброса

№п.п	Наименование величин выбросов паров нефти из резервуара	Обозначение	Ед измерения	Величина
1.	Давление насыщенных паров нефти при температуре 38 °С	P_{38}	мм рт. ст.	472
2.	Молярная масса паров нефти	μ	г/моль	76,2
3.	Опытный коэффициент	K_t^{max}		0,105
4.	Опытный коэффициент	K_t^{min}		0,12
5.	Опытный коэффициент, зависящий от давления насыщенных паров P_n хранящейся в резервуаре нефти	K_a		1
6.	Опытный коэффициент, учитывающий особенности эксплуатации резервуара	K_p^{cp}		0,56
7.	Коэффициент, зависящий от кратности оборачиваемости резервуара $n_{об}$	$K_{об}$		2,5
8.	Количество нефти, закачиваемое в резервуар в течение года	B	т/год	18900
9.	Плотность нефти	P_u	кг/м ³	0,875
	Валовый выброс	M_B	т/год	0,4

Рис. 3. Математическая модель валового выброса

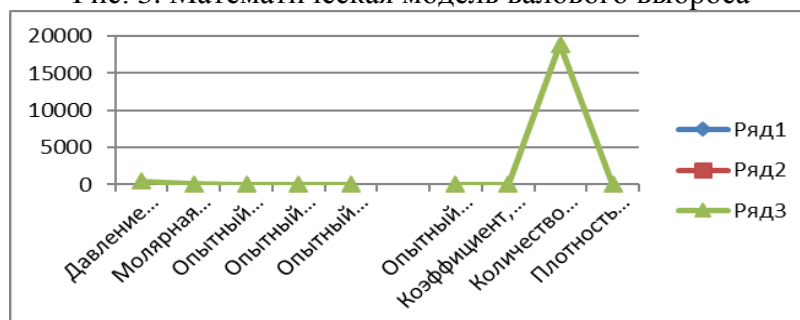


Рис. 4. График показателей расчета валового выброса

На основании расчетов массовый (максимально-разовый) выброс составляет 1,67 г/с и валовый выброс 0,4 т/год.

Заключение

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что многие экологические расчеты можно проводить с использованием простых элементов моделирования.

Литература:

1. Моделирование систем. Практикум: учебник для бакалавров / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. - 4-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2016 – 295 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. Белов, П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. В 3 ч. Часть 3: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П.Г. Белов. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 272 с. – Серия: Бакалавр и Магистр. Академический курс.
3. Кукин П.П., Колесников Е.Ю., Колесникова Т.М. Экологическая экспертиза и экологический аудит: учебник и практикум для среднего профессионального образования. М.: Издательство Юрайт, 2018. – 453 с.
4. Масленникова, И.С. Экологический менеджмент и аудит: учебник и практикум для академического бакалавриата / И.С. Масленникова, Л.М. Кузнецов. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 328 с. - Серия: Бакалавр. Академический курс.
5. Акопов, А.С. Имитационное моделирование: учебник и практикум для академических бакалавров / А.С. Акопов – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 389 с. – Серия: Бакалавриат, Академический курс.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ И
ПРОГРЕСС В АГРОТЕХНИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМАХ**

*МАТЕРИАЛЫ II ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ*

24 ноября 2022 года

Подписано в печать 05.12.2022 г. Формат 60x84 1/16

Отпечатано на ризографе.

Печ. л. 10,25 Уч.-изд. л. 8,23

Тираж 500 экз. Заказ 92

Издательство ФГБОУ ВО РГАЗУ
143907, Московская обл., г. Балашиха, ш. Энтузиастов, д. 50