

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

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ**  
**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ**  
**ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ**  
**ТРАНСФОРМАЦИИ**

***МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ***  
***КОНФЕРЕНЦИИ***

*19 мая 2022 года*

**Балашиха 2022**

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

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ  
ТРАНСФОРМАЦИИ

*МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ*

*19 мая 2022 года*

Балашиха 2022

УДК 631.3: 004 (06)

Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции / Российский государственный аграрный заочный университет. – Балашиха: Изд-во ФГБОУ ВО РГАЗУ, 2022. – 172 с.

В сборник включены материалы международной научно-практической конференции преподавателей вузов, аспирантов и студентов, проходившей 19 мая 2022 года на факультете электроэнергетики и технического сервиса Российского государственного аграрного заочного университета.

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

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

Рецензенты: Тихомиров Д.А., член-корреспондент РАН, д.т.н., главный научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; 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

### **ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРЕДПОСАДОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

Исмаилов И.И. ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВРЕМЕНИ СМЕНЫ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ	5
Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Гаджиев И.П. ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕПАРИРУЮЩЕГО ЭЛЕВАТОРА НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ПОЧВАХ	11
Рамазанова Г.Г., Кулаков К.В., Корешкова Т.В. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ	16
Вихарев М.Н., Капитонова В.А., Кожевников В.И. ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ В СФЕРЕ АПК	20
Абдулхаев Х.Г., Исамутдинов М.М. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ РАЗРАБОТАННОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ГРЕБНЕЙ	24
Кузьмин А.М., Сивцов В.Н., Корешкова Т.В. МОДИФИКАЦИЯ НАПОЛНЕННЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ	28
Прибыльнов И.Л., Сивцов В.Н., Зимин В.К. ХАРАКТЕРНЫЕ ИЗНОСЫ И ДЕФЕКТЫ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	32
Сивцов А.В., Домников Г.С., Сивцов В.Н. СПОСОБЫ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ	37
Махмутов М.М., Хисматуллина Ю.Р., Гаджиев И.П. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ АГРЕГАТОВ НА ПОЧВАХ С НИЗКОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ	40
Махмутов М.М., Хисматуллина Ю.Р., Унанян В.И. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АГРЕГАТОВ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПОЧВЫ В ООО «КРАСНЫЙ ОКТЯБРЬ» СТАРОДУБСКОГО РАЙОНА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	49
Сметнев А.С., Юдин Ю.Б., Костин С.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗБРАСЫВАТЕЛЕЙ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ	53

### **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ**

Шичков Л.П., Мохова О.П., Шичков Д.И. УСТАНОВКА ДЛЯ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ	60
Надиров Н.А., Байрамова А.С., Алиев Дж.Дж. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОФОТОВОЛЬТАИКИ В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА	64
Бакаев И.С., Лашкул В.Ф., Липа Д.А. КОНТРОЛЬ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ В КОНТЕКСТЕ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА	69
Липа О.А., Липа Д.А., Владимирцев Д.Е. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	73
Сухорада В.А., Липа О.А., Краснослободцева Е.В. ПРЕДПОСЫЛКИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ» НА СЕЛЕ	76
Мелков Е.В., Попова М.В. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ НА БАЗЕ РОССИЙСКОГО ПРОТОКОЛА BUS77 КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДМИНИСТРАТИВНО-ОФИСНОГО ЗДАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ АПК	78
Кандрин Е.Н. ВНЕДРЕНИЕ УСТРОЙСТВ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	84
Терехин А.А., Манаенков А.М., Литвин В.И. КОГЕНЕРАЦИЯ И ТРИГЕНЕРАЦИЯ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК	89
Овчинников А.А., Шахов С.А., Божедомов А.К. ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ РОЛЬ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	94

Бороденков Е.В., Слисаренко С.Ю., Литвин В.И. ПРИМЕНЕНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С АККУМУЛИРОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	99
Расторгуев В.М., Николаев В.Д. «ЗЕЛЕНАЯ» ЭВОЛЮЦИЯ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ	104
Аксенов И.И., Афоничев Д.Н., Зобов С.Ю. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ВИБРОДИАГНОСТИКИ	108
Шичков Л.П., Струков А.Н., Сидоров А.В. СИСТЕМА ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦЫ НА ОСНОВЕ ОДНОФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ С КОАКСИАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕКТРОДОВ	113
Калинин Ц.И., Куницын Р.А. ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КОЖУХОТРУБНОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ С ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ	117
Переверзев А.А., Белоха С.И., Семенихин А.В. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	121
Назаров А.В., Бычков С.А., Закабунин А.В. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ	125
Коренеев В.А., Мелков Е.В., Закабунин А.В. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»	129
Буш Г.А., Кочетышкин А.Е., Кирюхина А.О. ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	135
Войнова Н.Ф., Мамедкурбанов Т.А. ЭТАЛОННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА	139
Людин В.Б., Гаджикеримова Х.И., Шагин Р.Е. УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ	145
Людин В.Б., Абушайхов А.А., Савельев В.С. ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДА РЕВЕРСИВНОГО ТОКА ЗАРЯДА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКУЮ ЕМКОСТЬ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ	150
<b><i>РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</i></b>	
Тетдоев В.В., Романова Н.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРУДОВ НА ЗЕМЛЯХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ	154
Заикина И.В., Назаров А.А., Худайбердиев Р.Н. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДЫ И СООРУЖЕНИЯ	158
Колодей Е.А. БЛАГОУТРОЙСТВО ВОДОЕМА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ГОРОЖАН И СОХРАНЕНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА ОТ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА "БОРИСОГЛЕБСКОЕ" г. РАМЕНСКОЕ	161
Ильинкова И.Ю. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ПОДМОСКОВЬЕ	166

# **ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРЕДПОСАДОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

УДК 631.173

## **ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВРЕМЕНИ СМЕНЫ МАШИННО- ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ**

**Исмаилов И.И.**, д.т.н., профессор, Министерство сельского хозяйства Азербайджанской Республики, ОАО «Агросервис», советник председателя, e-mail: i.israfil20@mail.ru; i.israfil@aqroservis.gov.az; тел: (+994)50 352-57-25

*В практике при выборе и использовании создается необходимость оценки технико-технологических, эксплуатационных и экономических показателей сельскохозяйственной техники. В литературе, по эксплуатации машинно-тракторного парка при оценке работы машинно-тракторного агрегата, как единицы времени, обычно используют время смены. Коэффициент использования времени смены по утверждению многих ученых, определяется из отношения чистой времени работы агрегата к общему времени смены, но не оговаривается ее оптимальное значение. Поэтому целью этой статьи является обоснование оптимальных значений коэффициента использования времени смены. Обосновано, что минимальное значение коэффициента использования времени смены составляет  $\tau_{\min} = 0,618$ , при этом оптимальные значения коэффициента использования времени смены составляют  $\tau_{\text{опт}} = 0,62 - 0,9$ . Определено, что при длине гона ниже 300 м использование МТА невыгодно с точки зрения экономической эффективности. Установлено, что минимальная длина гона с точки зрения эффективности работы МТА составляет 600 м. Рекомендовано, что оптимальная длина гона на участках фермерских хозяйств должна быть 600-1600 м, при этом коэффициент использования времени смены составит 0,75-0,9, который приемлем по техническим и экономическим соображениям.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** время смены, длина гона, междурядья, коэффициент использования времени смены.

На практике при выборе и использовании сельскохозяйственной техники создается необходимость оценки его технико-технологических, эксплуатационных и экономических показателей. В литературе по эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП) при оценке работы машинно-тракторного агрегата (МТА) принимается его производительность ( $W$ ). Как известно, производительность МТА прямо пропорциональна с шириной захвата ( $B_i$ ), со скоростью ( $v_i$ ), с мощностью двигателя ( $N_\epsilon$ ), с коэффициентом использования времени смены ( $\tau$ ), и обратно пропорциональна с его удельным сопротивлением ( $k_a$ ):

$$W = f(B_i, v_i, N_{\epsilon}, \tau, k_a^{-1}), \quad (1)$$

Увеличение ширины захвата, скорости движения и мощности способствует повышению производительности агрегата, но носят конструктивный характер. Коэффициент использования времени смены (КИВС) является основным эксплуатационным параметром производительности агрегата и оказывает на нее весомое влияние. При этом как единицу времени обычно используют время смены [1,2,3,4,5]. КИВС по физическому смыслу характеризует время производительной работы техники.

Коэффициент, характеризующий эффективное использование МТА, иначе, время полезной работы от общего баланса времени можно определить по следующей формуле:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{см}} = \frac{T_p}{T_p + \sum_{i=1}^n t_i}$$

где  $T_p$  – время чистой работы, ч;

$\sum_{i=1}^n t_i$  – непроизводительные составляющие баланса общей времени, ч;

$i = 1, 2, \dots, n$  – виды составляющих времени.

С учетом составляющих времени обслуживания МТА коэффициент использования времени обслуживания может быть выражен по следующему:

$$\tau = \frac{T_p}{T_p + T_x + T_{техн} + T_{тнар} + T_{ТО} + T_{пер} + T_{неис} + T_{орг} + T_M + T_{\phi}}, \quad (2)$$

где  $T_p$  – время чистой работы;

$T_x$  – время поворотов и холостых ходов;

$T_{техн}$  – время технологических остановок;

$T_{тнар}$  – время технологических нарушений;

$T_{ТО}$  – время технического обслуживания;

$T_{пер}$  – время межхозяйственных переходов;

$T_{неис}$  – время устранения технических неисправностей;

$T_{орг}$  – время организационных работ;

$T_M$  – время остановок по метеорологическим условиям;

$T_{\phi}$  – время остановок по физиологическим нуждам операторов;

$\tau$  – определяется в зависимости от типа агрегата, размера и конфигурации полей, удельного сопротивления почвы, характерных особенностей выполняемой работы, организации работы,

профессиональности оператора и др. факторов.

С точки зрения эксплуатации и машиноиспользования, коэффициент использования времени смены является основным фактором, наиболее влияющим на значение производительности МТА. Этот коэффициент характеризует не только время чистой работы МТА за смену, а также время технического и технологического обслуживания МТА, поворотов, на переезды между участками и фермерских хозяйств, также потери неучтенных и не нормированных времен в течение смены.

Периодически неповторяемые простои агрегата зависят от организации технологического процесса, технического обслуживания МТА и определяется путем хронометража, и носят случайный характер.

Время производительной работы МТА характеризуется чистым временем, затраченным непосредственно на выполнение работы, которое определяется по коэффициенту использования времени смены. Коэффициент использования времени смены по утверждению ученых [1,2,3,4,5], определяется из отношения чистой времени работы МТА к общему времени смены (формулы 1 и 2), но не оговаривается ее оптимальное значение. Поэтому целью этой статьи является обоснование оптимального значения коэффициента использования времени смены.

В общем виде выражение (1) можно представить по следующему:

$$\tau = \left( 1 + \frac{\sum T_{\text{неп}}}{T_p} \right)^{-1}, \quad (3)$$

где  $\sum T_{\text{неп}}$  – суммарное время бесполезной части времени смены.

Автор впервые в 2005 году дал практическое применение метода золотого сечения Леонардо да Винчи в области технических наук и обосновывал оптимизацию коэффициента использования времени смены [6]. Как известно, в конце XV в. знаменитый Леонардо да Винчи ввел термин "золотое сечение", означающий пропорциональное деление отрезка на неравные части, который считается одним из способов оптимизации. Сущность метода заключается в том, что отношение длины отрезка к длине ее большей части равно отношению большей части к меньшей части. Другими словами, меньший отрезок так относится к большему, как больший ко всему [7]: Часто под золотым сечением понимают иррациональное число  $\tau = 1,618033988\dots$ , равное отношению большей и меньшей частей отрезка.

$a : b = b : c$  или  $c : b = b : a$ .

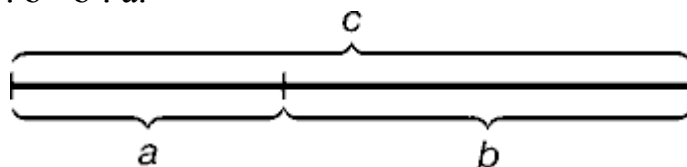


Рис.1. Геометрическое изображение золотой пропорции



Золотое сечение нашло применение в живописи, математике, архитектуре, искусстве [8]. Весьма большие значения имеет применение метода золотого сечения в области технических наук. Итак, рассмотрим время смены машинно-тракторного агрегата и ее составляющие в линейном изображении, представленной на рис. 2. По методу золотого сечения можно найти такую точку (точка С, рис. 2.), которая разделила бы длину линии  $T_{см}$  (АВ) так, чтобы отношение большей части линии ( $T_p$ , АС) к ее общей длине ( $T_{см}$ , АВ), было равно отношению меньшей ее части ( $T_{непр}$ , СВ) к большей ( $T_p$ , АС,  $T_p > T_{непр}$ ) [6,7], т.е.:

$$\frac{AC}{AB} = \frac{CB}{AC},$$

тогда

$$\frac{T_p}{T_{см}} = \frac{\sum T_{непр}}{T_p} \quad (4)$$

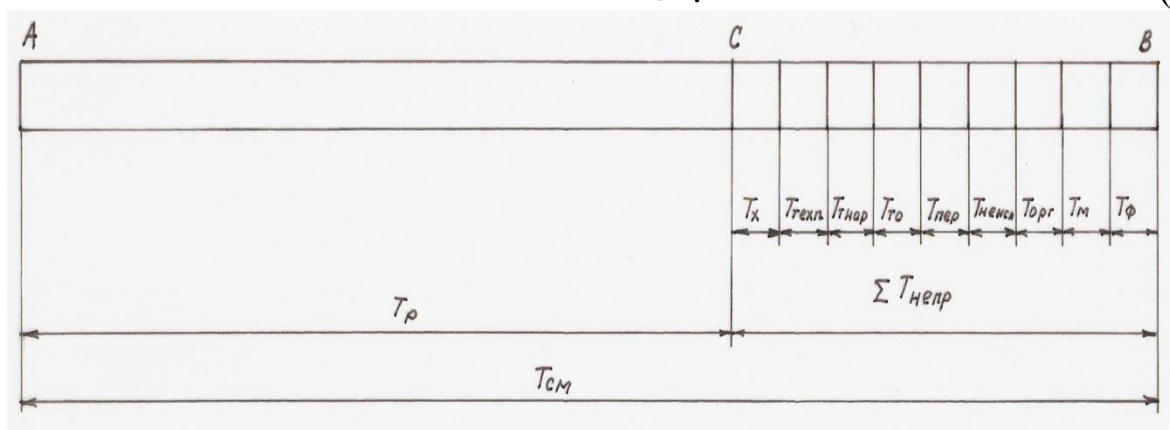


Рис. 2. Элементы времени смены

Как видно из рисунка, чистое рабочее время МТА ( $T_p$ ) соответствует большей части отрезка, непроизводительные составляющие время смены ( $\sum T_{непр}$ ) соответствуют меньшей части отрезка. С учетом того, что формулы (1) и формулы (4) носят одинаковый физический смысл, по соображениям того, что левая часть формулы (4) характеризует коэффициент использования времени смены машинно-тракторного агрегата, имеем:

$$\tau = \frac{\sum T_{непр}}{T_p} \quad (5)$$

Подставляя (5) в (3), получим:

$$\tau^2 + \tau - 1 = 0 \quad (6)$$

Решение уравнения (6) по тау ( $\tau$ ) дает иррациональное число:  $\tau = 0,618033988$ .

Для практики принимают  $\tau = 0,618$ , которое можно принять как оптимальное решение.

Это значение показывает, что время, затраченное на производительную работу, достигается только при значении коэффициента использования времени смены больше 0,618. С другой стороны,

соотношение производительной и непроизводительной части баланса времени оптимально только при значении больше 0,618. Отсюда вытекает вывод о том, что минимально допустимое значение коэффициента использования времени смены составляет:  $\tau_{min} = 0,618$ .

При этом минимально допустимое значение производительной части времени 8-часовой смены составляет 4,944 часа. Организация выполнения технологических операций, исходя из минимально допустимого значения времени производительной работы МТА, обеспечивает эффективное использование техники.

В существующих научных работах [1,2,3,4,5,9], где не было указано минимальное допустимое и оптимальные значения коэффициента использования времени смены, лишь указываются пределы ее изменения. По математическому смыслу пределы изменения коэффициента использования времени смены находятся в промежутке 0-1. Но по физическому смыслу и практически коэффициент не может быть равен 0 и 1. При первом случае получается, что агрегат во время смены не работал ни одной минуты, а это невозможно. Во втором случае, можно думать о том, что агрегат все время смены выполнял агротехническую операцию, не останавливаясь, даже для физиологической нужды механизатора и не выполнял повороты и переходы. Это практически тоже невозможно. Тогда рождается гипотеза о том, что, а где, в каком промежутке находятся допустимые значения коэффициента использования времени смены. По мнению авторов работ [3,9,10], минимальное значение коэффициента использования времени смены не зависит от изменения составляющих ее непроизводительной части, в отдельности. Но зависит только от изменения в целом непроизводительной части времени смены. Поэтому, при значениях непроизводительной части времени смены больше максимально допустимой, в данном случае, 3,056 ч, в зависимости от организационных и подготовительных работ, использование МТА будет неэффективным. Для практического обоснования теоретических предпосылок об установлении оптимальных значений коэффициента использования времени смены были использованы экспериментальные данные [9,10].

На рис. 3 предоставлен график изменения коэффициента использования времени смены в функции длины гона при выполнении основных агротехнических операций.

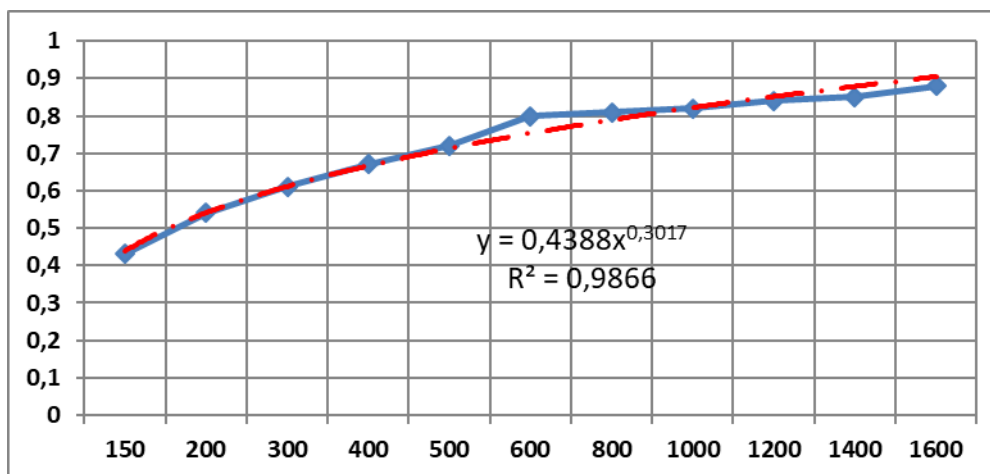


Рис. 3. Изменения коэффициента использования времени смены в функции длины гона на основных агротехнических операциях

Эксперименты проводились на пахоте, бороновании, культивации, посеве зерновых, внесении удобрений, посеве пропашных, кошени трав, уборке зерновых, с разными сельскохозяйственными машинами, агрегатированных с колесными и гусеничными тракторами. На основе полученных данных установлена линия тренда, функция, аппроксимирующая изменения коэффициента использования времени смены от длины гона. Как видно из графика, функция аппроксимации соответствует степенному закону  $\tau = 0,4388L^{0,3017}$  с коэффициентом корреляции  $R^2 = 0,9866$ .

Как видно из рис. 3, при длине гона ниже 300 м коэффициент использования времени смены оказывается меньше минимально допустимого значения. Что является неэффективным, с точки зрения технических и экономических соображений. В промежутке длине гона 150–600 м скорость повышения коэффициента выше по сравнению на участке с длиной гона 600–1200 м. Причем, на последнем участке с увеличением длины гона  $\tau$  повышается медленно, и составляет для основных агротехнических операций 0,80–0,85. Как видно, после увеличения длины гона от 1200 м значение  $\tau$  достигает до 0,88. Отсюда можно сделать вывод о том, экономически целесообразная минимальная длина гона соответствует 600 м, и оптимальные значения коэффициента использования времени смены должны находиться в пределах 0,62–0,9.

Из рис. 3 по графику изменения коэффициента  $\tau$  в зависимости от длины гона видно, что теоретически обоснованные оптимальные значения коэффициента  $\tau_{\text{опт}} = 0,62 - 0,9$  подтверждаются в результате эксперимента.

#### Выводы:

1. Минимальное значение коэффициента использования времени смены составляет  $\tau_{\text{min}} = 0,618$  при этом оптимальное значение коэффициента использования времени смены составляет  $\tau_{\text{опт}} = 0,62 - 0,9$ ;

2. При длине гона ниже 300 метров невыгодна обработка участка МТА-ом с точки зрения экономической эффективности, т.к. при этом значение коэффициента использования времени смены составляет ниже ее минимального значения;

3. Минимальная длина гона с точки зрения эффективности составляет 600 м;

4. Оптимальная длина гона на участках фермерских хозяйств должна быть 600-1600 м, при этом коэффициент использования времени смены составит 0,8-0,9, который приемлем по техническим и экономическим соображениям.

#### **Литература:**

1. Иофинов С.А., Лышко Г.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 1984, 351 с.

2. Веденяпин Г. В., Киртбая Ю. К., Сергеев М. П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 1968, 343 с.

3. Завалишин Ф. С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве. М.: Колос, 1973, 319 с.

4. Киртбая Ю. К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка, М.: Колос, 1982, 319 с.

5. Свиршевский Б.С. Эксплуатация машинно-тракторного парка, М.: Гос. Издат. Сельхоз. Лит., 1958, 660 с.

6. [Электронный ресурс]: – URL: [http://vinci.ru/mk\\_03.html](http://vinci.ru/mk_03.html)

7.[Электронный ресурс]: – URL: [http://www.abc-people.com/data/leonardov/zolot\\_sech-txt.htm#ixzz5t9nqMqKe](http://www.abc-people.com/data/leonardov/zolot_sech-txt.htm#ixzz5t9nqMqKe)

8. Исмаилов И.И. Оптимизация производительной работы техники // Вестник Львовского Государственного Аграрного Университета, Агроинженерные достижения, 2005, № 9, с. 496-505.

9. Фортуна В.И. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 1979. 375 с.

10. Эксплуатация машинно-тракторного агрегата в ресурсосберегающих технологиях растениеводства, [Электронный ресурс]: – URL: <https://kubsau.ru › upload › iblock>

УДК 631.356.44:631.432

## **ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕПАРИРУЮЩЕГО ЭЛЕВАТОРА НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ПОЧВАХ**

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

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

**Гаджиев И.П.**, соискатель ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет» им. П.А. Костычева, e-mail:

imgadjiev@mail.ru, тел.: (495) 521-38-85

В статье рассмотрены основные направления методики экспериментальных исследований для проверки эффективности работы, модернизированного картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 при уборке картофеля по показателям: качество работы комбайна, полнота сепарации, уменьшение повреждений клубней и потери урожая.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картофелеводство, клубни картофеля, урожайность, повреждения и потеря клубней.

Современный уровень механизации, возделывания и уборки картофеля недостаточен для успешного решения задач, поставленных Правительством РФ на увеличение производства картофеля. Имеющиеся сепарирующие элеваторы современных картофелеуборочных комбайнов не способны эффективно работать на переувлажненных почвах.

Теоретические исследования позволили установить, что использование модернизированного сепарирующего элеватора с лопастным транспортером для очищения просвета между прутками способствует увеличению его сепарирующей способности на переувлажненных почвах.

Сепарирующий элеватор с лопастным транспортером (рис.1.), имеет конструктивно-технологические различия с имеющимися рабочими органами сепарирующего элеватора.

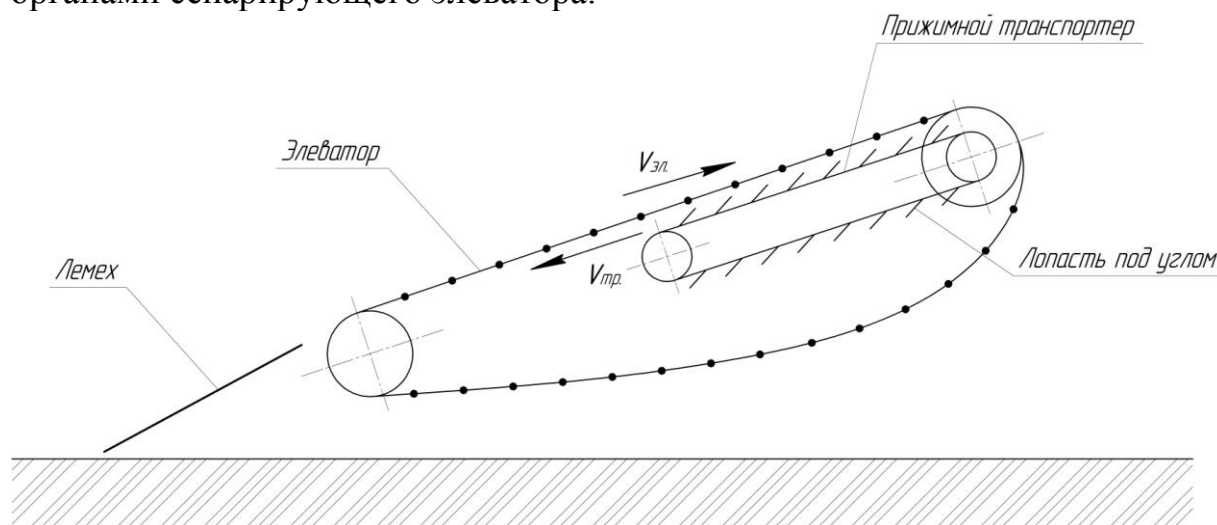


Рис.1. Картофелекопатель для переувлажненных и засоренных растительными стернями почв

Транспортер установлен внутри основного элеватора и вращается в противоположную сторону вращению основного элеватора.

Программа экспериментальных исследований включает в себя следующие основные направления:

- проверка эффективности модернизированного картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 при уборке картофеля по показателям: качество

работы комбайна, полноты сепарации, уменьшение повреждений клубней и потери урожая;

- определение технико-экономической и агротехнической оценки картофелеуборочного комбайна;

- оценка конструкции нового модернизированного картофелеуборочного комбайна.

Объектом исследования является картофелеуборочный комбайн КПК-2-01.

Программа исследований состоит из следующих этапов:

а) технические исследования:

- техническая экспертиза и описание конструкции картофелеуборочного комбайна;

- оценка выполняемого технологического процесса уборки картофеля.

б) агротехнические исследования:

- выбор и характеристика земельного участка;

- оценка качества работы по уборке картофеля.

в) технико-экономические исследования:

- проведение теоретических расчетов по затратам труда и себестоимости;

- проведение хронометража за выполнением отдельных процессов и организации учета затрат;

- технико-экономическая оценка модернизированного картофелеуборочного комбайна.

Полевые исследования картофелеуборочных комбайнов проводятся методом сравнительных полевых испытаний.

В основу методики проведения полевых исследований машин положены ГОСТ 28713-2018 «Машины для уборки картофеля. Методы испытаний». На основании ГОСТ выбираются средства измерений и оборудование, применяемые при определении показателей агротехнической оценки картофелеуборочного комбайна.

Техническая оценка машин производится по эксплуатационно-экономическим показателям работы в хозяйственных условиях: производительности, надежности в работе, удобству обслуживания в соответствии требованиями выполняемого технологического процесса.

Агротехническим показателям исследования комбайновой уборки картофеля относятся создание высокого агрономического фона для работы картофелеуборочных машин, которая достигается применением передовых приемов возделывания картофеля. Наиболее важные из этих приемов следующие: глубокая вспашка, внесение удобрений, своевременные посадки в агротехнические сроки, культивация и окучивание с подкормками.

Условия испытаний:

- метрологические показатели за период уборки картофеля

(температура, осадки).

- тип и механический состав почвы, сорт и агротехника возделывания картофеля записывается по данным фермерского хозяйства.

- размерно-весовая характеристика клубней и ботвы, состояние ботвы, глубина залегания и биологическая урожайность клубней определяются по 50-ти кустам, расположенным по диагонали участка.

- биологическая урожайность клубней и ботвы определяется на основании данных, полученных от взвешивания клубней и ботвы с отдельных кустов по следующей формуле

$$C = \frac{100p}{ab} \text{ ц/га}, \quad (1)$$

где  $C$  – урожайность клубней или ботвы, ц/га;

$p$  – средний вес клубней или ботвы от одного гнезда или куста, кг;

$a$  – средняя величина междурядий, м;

$b$  – средняя величина расстояний между кустами в рядах, м.

Для определения размерно-массовой характеристики клубней, выкопанные с каждой учетной площадки клубни, перемешивают и отбирают среднюю пробу в количестве 200 шт., у каждого клубня измеряют длину, ширину, толщину и массу. По результатам вычисляется среднее арифметическое значение клубней.

Коэффициент формы клубня  $K_{\phi}$  вычисляют по формуле:

$$K_{\phi} = \frac{l_k^2}{b_k c_k}, \quad (2)$$

где  $l_k$  – средняя длина клубня, мм;

$b_k$  – средняя ширина клубня, мм;

$c_k$  – средняя толщина клубня, мм.

Урожайность клубней определяют по массе клубней, отобранных в тару, при отборе проб на качество работы комбайна в соответствии с учетом потерь.

Перед определением показателей качества выполнения технологического процесса для машины определяют оптимальный регулировочный режим работы применительно к условиям испытаний и агротехническим требованиям, обеспечивающий максимальную производительность при допустимых показателях качества.

Среднюю скорость движения машины, км/ч, вычисляют по формуле:

$$v_{cp} = \frac{3,6}{n} \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{t_i}, \quad (3)$$

где  $L_i$  – длина учетной площадки в  $i$ -повторности, м;

$t_i$  – время прохождения площадки  $i$ -повторности, с;

$n$  – число повторности, шт.

Для определения пути и времени прохождения площадки на учетных проходах отмечают вешками площадки в соответствии с данными, приведенными в таблице. Время прохождения площадки измеряют



секундомером, погрешность измерения –  $\pm 1$  с. В конце учетной площадки машину останавливают и выключают все приводы рабочих органов и технологических линий.

Полноту уборки и потери клубней определяют на учетных площадках после прохода машины.

При этом учитывают клубни:

- убранные в тару (для комбайнов и подборщиков);
- свободные на поверхности почвы;
- на поверхности почвы, но не оторванные от ботвы;
- оставленные в почве (засыпанные и неподкопанные).

Клубни массой менее 20 г (толщиной не более 28 мм) к потерям не относят.

Для определения чистоты вороха клубней пробу, отобранную с учетной площадки при испытаниях комбайнов, разбирают на фракции: чистые клубни, почва, растительные остатки, камни, прочие примеси.

Каждую фракцию взвешивают с погрешностью  $\pm 50$  г. Результаты записывают в таблицу.

Для определения повреждения в каждой повторности от фракции "чистые клубни" отбирают клубни массой более 50 г для анализа на повреждение. Масса средней пробы должна быть не менее 15 кг. При анализе клубни делят на две группы: целые и поврежденные.

На поврежденных клубнях в день отбора проб учитывают следующие виды повреждений (по числу случаев):

- содрана кожура от 1/4 до 1/2 поверхности клубня;
- содрана кожура более 1/2 поверхности клубня;
- вырывы мякоти глубиной более 5 мм;
- трещины длиной более 20 мм;
- разрезы и надрезы;
- раздавлен клубень.

Если на клубне имеется несколько однотипных повреждений, то учитывают каждое из них.

Для получения сопоставимых показателей степени повреждения клубней число случаев различных повреждений, обнаруженных на клубнях данной пробы  $\Pi_n$ , шт., пересчитывают на условные 100 клубней по формуле

$$\Pi_n = \frac{n_i}{n_k} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где  $n_i$  – число случаев - го вида повреждения по анализу пробы, шт.;

$n_k$  – число клубней в пробе, шт.

Высоту валка в каждой из 20 точек определяют измерением расстояния от поверхности почвы до нижней плоскости рейки, уложенной поперек валка. Измерения проводят в точках соприкосновения клубней с рейкой. Число точек измерения - от двух до трех в зависимости от числа



точек соприкосновения.

### **Заключение**

В данной работе составлена программа и определены основные направления экспериментальных исследований, с целью проверки показателей качества выполнения технологического процесса, усовершенствованным картофелеуборочным комбайном КПК-2-01.

### **Литература:**

1. Исследование крошения почвы при её предпосадочной подготовке к последующей комбайновой уборке картофеля / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, М.С. Шикалов, А.И. Алексеев // Техника и оборудование для села. 2019. №4. С.20–23.
2. 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.
3. ГОСТ 28713-2018 «Машины для уборки картофеля. Методы испытаний»
4. СТО АИСТ 4.2-2010. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей. М., 2012. 40 с.
5. ГОСТ 20915–2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. М.: Изд-во стандартов, 2013. 28 с.

УДК 004:631.3

## **ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

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

**Кулаков К.В.**, к.т.н., доцент кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, e-mail: kost2608@yandex.ru, тел. 8(495) 521-52-22

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

*В статье рассматриваются возможности цифровой трансформации при техническом сервисе. Авторы проанализировали применение 3D-сканирования и аддитивных технологий в техническом сервисе сельскохозяйственной техники.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цифровая экономика, энерговооруженность, цифровые технологии, 3D-сканирование, аддитивные технологии.*

Согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации [1], обеспечение продовольственной безопасности сопряжено с рисками и угрозами, которые могут существенно ее снизить. Наличие рисков и угроз продовольственной безопасности может приводить к не достижению показателей продовольственной безопасности и требует

реализации мер государственного регулирования для преодоления: недостаточного количества сельскохозяйственной техники (энерговооруженности).

Недостаточные темпы обновления увеличивают долю техники, с года выпуска которой прошло 10 и более лет. По прогнозу Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Минсельхоза России, в 2020 г. необходимо было приобрести 9950 тракторов, 4695 зерноуборочных и 590 кормоуборочных комбайнов [2]. Поддерживать работоспособность машин возможно только лишь ремонтно-восстановительными воздействиями.

Одним из национальных проектов в России на период с 2019 по 2024 годы является «Цифровая экономика», где важную роль играют передовые цифровые, интеллектуальные, производственные технологии, роботизированные системы, а также применение новых материалов и способов конструирования.

В национальном проекте выделены девять «сквозных» цифровых технологий: большие данные, квантовые технологии, робототехника и сенсорика, нейротехнологии и искусственный интеллект, новые производственные технологии, промышленный Интернет, технологии беспроводной связи, системы распределенного реестра, технологии виртуальной и дополненной реальностей. Данные технологии названы «сквозными» за счет того, что их внедрение происходит во все сферы жизни общества и отрасли экономики, качественно изменяя традиционные формы организации их деятельности [3].

Способствовать внедрению цифровых решений в производственные процессы АПК будет реализация ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» [4,5].

В техническом сервисе сельскохозяйственной техники уже используют такие цифровые решения, как «умный склад запасных частей», «умный нефтесклад» и др. Производственная компания «Норматив» спроектировала и изготовила интеллектуальную систему организации склада автомобильных запасных частей [6]. Система осуществляет мониторинг управления всей транспортной линией, позволяет оценивать состояние всех датчиков и основных узлов в текущем времени. Интегрированный интеллект сам принимает решения на основе полученной информации из анализа данных от датчиков и внешней среды.

В последние годы при ремонте машин и сельскохозяйственной техники применяются 3D технологии. При дефектации деталей после разборки ремонтируемых агрегатов машины с помощью 3D-сканера определяют износ, а также качество изготовления деталей, а 3D-принтера – восстанавливают изношенную поверхность с учетом неравномерности износа. К преимуществам такой технологии ремонта следует отнести повышение точности измерения, уменьшение номенклатуры используемых

средств измерения, возможность восстановления деталей сложной геометрической формы. Точечное нанесение слоя присадочного материала на место износа снижает расход материала от 20 до 90%. Современным трендом в машиностроении является 3D-сканирование в технологиях конвергентного моделирования и в аддитивном производстве [7]. В России группа компаний «Лазеры и Аппаратура» разработала установку для лазерной наплавки порошка МЛ7-1 [8]. Она может быть использована для ремонта деталей сложной формы (рис. 1).

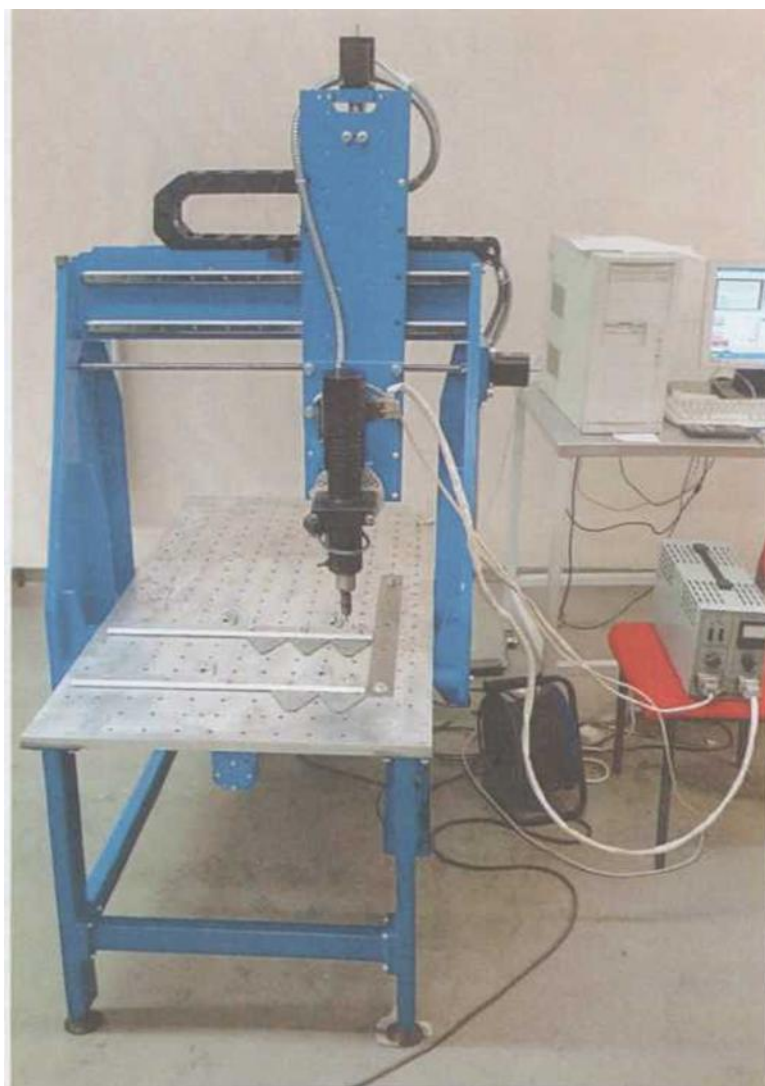


*Рис. 1. Установка (принтер) для лазерной наплавки*

Аддитивные технологии представляют собой класс перспективных технологий производства и восстановления деталей по трехмерной компьютерной модели путем последовательного нанесения материала. Детали изготавливаются непосредственно по компьютерному файлу, содержащему 3D-модель, виртуально нарезанную на тонкие слои, который передается в АТ-систему для послойного формирования конечного изделия.

В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработали автоматическую 3D -установку для восстановления и упрочнения деталей (рис.2.). Она предназначена для восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники. Применяется при наплавке, виброударном упрочнении, электроискровом легировании деталей в трех плоскостях. На пульте управления выбирается программа под конкретную деталь и способ обработки, далее установка все сделает сама. Может применяться для упрочнения лап культиваторов, дисковых пил, для легирования режущих кромок лезвий инструмента, а также для восстановления изношенных посадочных поверхностей,

шлицевых соединений, для восстановления втулок и т.д.



*Рис. 2. 3D установка для восстановления и упрочнения деталей*

Таким образом, применение 3D-сканирования и аддитивных технологий позволит значительно повысить эффективность технологических процессов производства и технического сервиса сельскохозяйственной техники.

#### **Литература:**

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс] / URL: <https://mcs.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77fdcfed2014f82ecf37f.pdf> (дата обращения: 10.04.2022).
2. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642).
3. Гаджиев П.И. Перспективы цифровой трансформации образования в вузе / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова // Общество. 2022. № 1-2(24). С. 38-40.
4. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития. / В.Ф.

Федоренко, Н.П. Мишуров, Д.С. Буклагин, В.Я. Гольяпин, И.Г. Голубев. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 316 с.

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

6. Автоматический умный склад автозапчастей: мониторинг, прогнозирование и формирование решений поведения системы [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.spb.ru/projects/avtomaticheskij-umnyj-skladavtozapchastej/> (дата обращения: 09.04.2022).

7. Голубев И.Г., Быков В.В., Голубев М.И., Спицын И.А. Анализ аддитивного оборудования для 3D-печати деталей // Технический сервис машин, 2019. №1 (134). С. 194-200

8. Послойное лазерное сплавление. Серия МЛ7. // Проспект компании «Лазеры и аппаратура», 2018. Зеленоград. 18с.

УДК 004: 63

## ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ В СФЕРЕ АПК

**Вихарев М.Н.**, старший преподаватель кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, e-mail: mail\_for\_mi@mail.ru, тел. 8(495) 521-52-22

**Капитонова В.А.**, старший преподаватель кафедры природообустройства и водопользования, e-mail: valia5894440@yandex.ru, тел. 8(495) 521-52-22

**Кожевников В.И.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: 79167595953@ya.ru, тел.: 8(916) 759-59-53

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

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

В последнее время во всем мире происходит изменения в системе экономических взаимоотношений. Все эти изменения связаны с четвертой технологической революцией, которая кардинальным образом изменяет роль человека и его присутствие в экономических взаимоотношениях.

Одним из наиболее эффективных инструментов в достижении нового уровня цифровизации может стать интернет вещей (Internet of Things, IoT). Существует несколько определений сущности интернет вещей.

В Указе Президента России от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-

2030 годы» содержится следующее определение: «Интернет вещей – концепция вычислительной сети, соединяющей вещи (физические предметы), оснащенные встроенными информационными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой без участия человека» [1].

Появление интернет вещей – это очень важный аспект, который полностью перестраивает систему взаимодействий экономических субъектов.

Области применения технологии IoT в сельском хозяйстве: точное земледелие, «умные фермы», «умные теплицы», управление сырьем сельхоз транспортом, хранение сельскохозяйственной продукции, «большие данные». Применение цифровых инструментов в сельском хозяйстве представлено на рис. 1 [2].

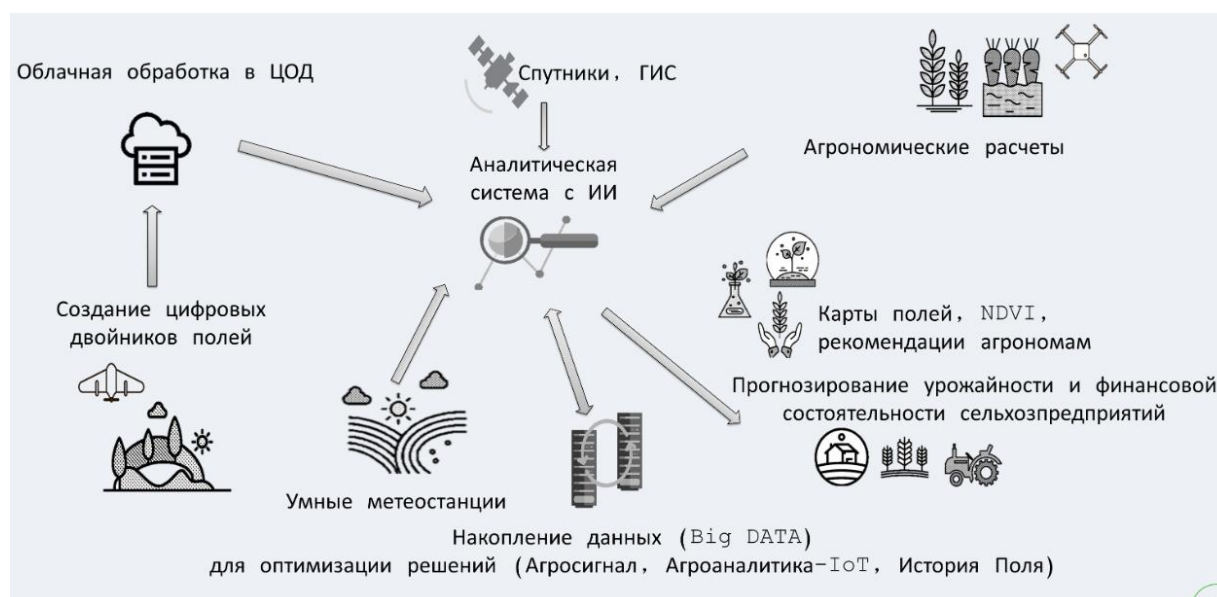


Рис. 1. Цифровые инструменты в сельском хозяйстве

**Точное земледелие** (GPS, датчики, дроны) – широкий спектр технологий от планирования посева и подготовки почвы, мониторинга состояния и управления посевом, контроля уровня влажности, минерализации почвы и температурного режима до сбора урожая. Точное земледелие призвано оптимизировать операционные расходы и повысить урожайность (в среднем на 15–20%) путем сокращения объемов используемых семян, агрохимикатов, удобрений и воды; более эффективного использования земли: с учетом особенностей того или иного участка определяются агрокультура с наибольшей урожайностью, а также оптимальная методика выращивания и ухода для максимизации урожайности.

При использовании в «умных теплицах» датчиков, устройств и ПО для удаленного управления теплицами экономия достигается путем более

эффективного расхода удобрений, химикатов, воды. Технология позволяет оптимизировать количество персонала для ухода за культурами и снизить потери, возникающие из-за «человеческого фактора».

**«Умные фермы»** позволяют повысить продуктивность животных и качество продукции. По оценке экспертов рынка, автоматизированные системы откорма, дойки и мониторинга здоровья скота могут повысить надои на 30-40%.

**Мониторинг транспорта** с помощью GPS и датчиков позволяет в первую очередь снизить до 20% расход топлива, оптимизировать маршруты и загрузку персонала. Актуальным остается вопрос сохранности сырья в процессе его сбора и перемещения – соответствующие датчики позволяют полностью отслеживать местонахождение и массу перемещаемого сырья, предупреждая возможные потери груза.

**Управление сырьем** призвано сократить потери (до 25%) из-за неоптимальных условий хранения сельхозпродукции. Специально заданные алгоритмы в режиме реального времени осуществляют мониторинг состояния продукции (в частности, температурный режим хранилищ, уровень влажности, содержание углекислого газа) и помогают принять решение о необходимости изменения режима хранения или продажи продукции / дальнейшей переработки [3].

Цифровые датчики, являясь, интернет вещами позволяют собирать информацию о процессе. Например, датчики управления топливом позволяют определить, сколько идет расход топлива на каждый агрегат на каждый вид сельхозтехники при посевной уборочной компании. С помощью датчиков также можно зафиксировать, сколько зерна помещается в машину, в бункер и сколько выгружается в автомобиль при переносе, какие осуществляются потери. Если раньше до появления интернет вещей вся эта информация определялась на глаз агрономами, агрохимиками, то теперь актуальная информация сразу поступает в сервер компании, таким образом, на выходе имеем полную картину с точки зрения технологических процессов.

Появление облачных вычислений позволяют обрабатывать громоздкие вычисления, связанные с передачей информации и за короткий промежуток времени принять управленческое решение и передать часть функций автоматизированным системам, которые используют искусственный интеллект. Вместо того, чтобы загружать технику или человеческий мозг специалистов применяются облачные вычисления, которые за короткое время позволяют получать достоверную информацию, а самое главное возможность прогнозировать те или иные технологические события.

Использование инструментов дополненной и виртуальной реальности позволяет представить себе, как будет работать сельхозтехника при различных условиях. Цифровые технологии позволяют не только



использовать цифровые модели, а также принять участие и отслеживать пошагово процессы с точки зрения изменения различных факторов.

Использование робототехники в процессе приемки и складирования продукции, аддитивного производства, в частности 3D-принтеров, для изготовления необходимых запасных частей сельхозтехники в рамках инженерно-технической лаборатории позволяют за кратчайшие сроки быстрого ремонта техники, а во время посевно-уборочных работ каждая потеря трудодней очень важна [4].

Применение «умных» устройств, передающих и обрабатывающих по определенным программам сигналы, поступающие с каждого объекта и его окружения (датчики, измеряющие параметры почвы, растений, микроклимата, характеристик животных, состояния оборудования и др.) превратят сельское хозяйство в высокотехнологическую отрасль с широкими возможностями контроля и оптимизации производства продукции в растениеводстве и животноводстве [5].

Полученные данные от различных устройств, собранные в одном центре, позволяют получать информацию нового качества, находить закономерности, применяя современные методы обработки больших данных, на основе которых принимаются решения, минимизирующие риски, улучшающие структуру производства и реализацию продукции.

Появление цифрового моделирования позволяет проанализировать технологические процессы и прогнозировать работу сельхоз техники не опытным путем, а с помощью инструментов цифрового моделирования. При помощи определенной математической зависимости, полученной теоретическим путем, делается 3D-модель, которая позволяет на экране компьютера увидеть то, что потом будет реализовываться на практике.

По экспертной оценке, в течение сезона фермеру приходится принимать более 40 различных решений: какие семена сажать и когда, как вести обработку, чем лечить заболевшее растение и другие в ограниченные промежутки времени. Многие из этих решений являются объектами цифровизации.

Таким образом, «умное сельское хозяйство» позволяет максимально автоматизировать сельскохозяйственную деятельность, повысить урожайность и качество продукции. По предварительной оценке, общий минимальный экономический эффект от внедрения технологии IoT в сельском хозяйстве за период до 2025 г. может составить около 469 млрд. руб. благодаря оптимизации затрат на персонал, сокращению потерь урожая (зерна) и горюче-смазочных материалов.

Цифровизация сельского хозяйства в корне изменяет традиционную экономическую парадигму, открывает новые возможности для повышения производительности труда, более устойчивого ведения сельского хозяйства, обеспечивающие конкурентоспособность и эффективность аграрного сектора настоящего и будущего.



### Литература:

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642).
2. «Интернет вещей» (IoT) в России. Технология будущего, доступная уже сейчас [Электронный ресурс]. – URL: IoT-inRussia-research\_rus.pdf-документ с сайта www.pwc.ru (дата обращения: 12.05.2022).
3. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития. / В.Ф. Федоренко, Н.П. Мишуров, Д.С. Буклагин, В.Я. Гольяпин, И.Г. Голубев. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 316 с.
4. Гаджиев П.И. Перспективы цифровой трансформации образования в вузе / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова // Общество. 2022. № 1-2(24). С. 38-40.
5. Сальников С.Г. Актуальные направления цифровой трансформации АПК России [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.viapi.ru/> (дата обращения: 14.05.2022).

УДК 631.319.06

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ РАЗРАБОТАННОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ГРЕБНЕЙ

**Абдулхаев Х.Г.**, к.т.н., доцент кафедры технологические машины и оборудование НамИСИ, г.Наманган, Республика Узбекистан, e-mail: ax\_stajyor@mail.ru

**Исамутдинов М.М.**, инженер, г. Ташбулак, Наманганский район, Республика Узбекистан

*Приведены результаты полевых испытаний разработанной машины для предпосевной обработки гребней, позволяющая качественно обработать гребни по их всему профилю.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: машина, стрелчатая лапа, ротационный рыхлитель, планчатый каток, предпосевная обработка, борозды, откосы и вершины гребней*

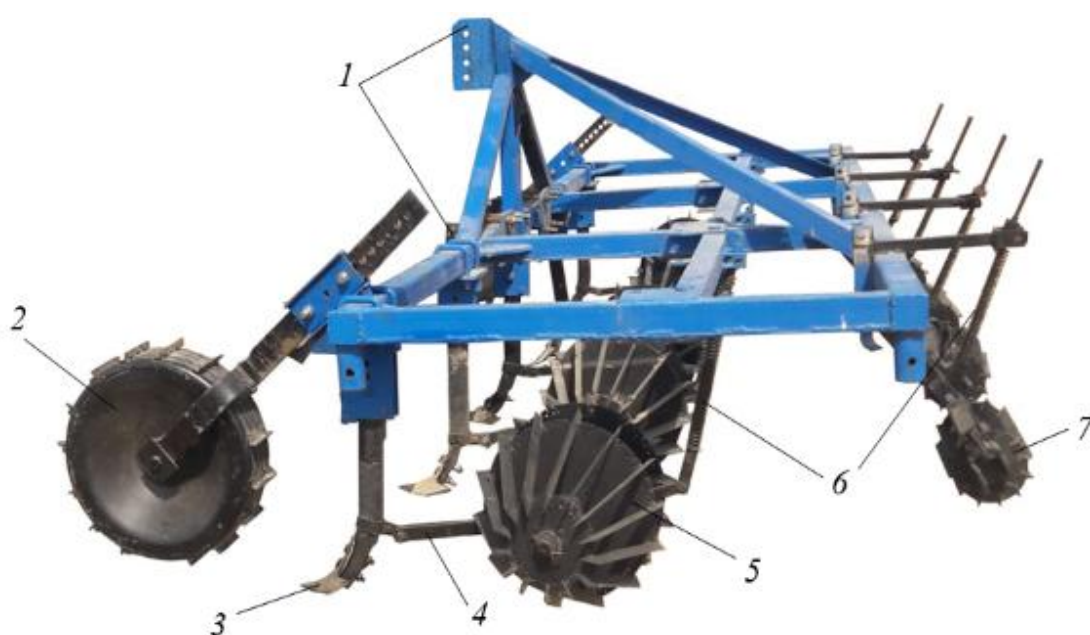
Согласно данным Минсельхоза Республики Узбекистан в последние годы в стране широкое распространение получает возделывание сельскохозяйственных культур на гребнях. Повышенная температура почвы на гребнях, лучшая аэрация, а также оптимальная плотность почвы создают благоприятные условия для получения ранних и дружных всходов, а также роста и развития растений.

Как правило, гребни для возделывания сельхозкультур формируют осенью, а весной сначала производится предпосевная обработка, а затем осуществляется сев семян на их вершину [1].

В настоящее время предпосевная обработка гребней производится в основном навесными боронами в агрегате с пропашными тракторами. Но они не обеспечивают обработку гребней по всему их профилю. Вследствие

этого на откосах и в бороздах гребней не создается влагосберегающий мульчирующий слой и не полностью уничтожаются сорные растения. Это приводит к засорению сорняками гребней и потере влаги. Кроме того, применение зубовых борон приводит к разрушению профиля гребней и, особенно, к уменьшению их высоты. Это отрицательно влияет на равномерность всходов семян, развитие и урожайность сельхоз культур.

Исходя из вышеизложенного нами разработана машина для предпосевной обработки гребней [2-5], состоящая из рамы с опорными колесами и установленных на ней стрельчатых лап, обрабатывающих дно борозды гребней на глубину 8-12 см, ротационных рыхлителей и планчатых катков, обрабатывающих соответственно откосы и вершины гребней на глубину 4-6 см (рис. 1).



1 - рама с навесным устройством; 2 - опорное колесо; 3 - стрельчатая лапа; 4 - тяга;  
5 - ротационный рыхлитель; 6 - нажимная пружина; 7 - планчатый каток  
Рис. 1. Разработанная машина для предпосевной обработки гребней

Стрельчатые лапы разработанной машины установлены на раме жестко, а ротационные рыхлители и планчатые катки – шарнирно посредством тяг.

В процессе работы стрельчатые лапы разрыхляют дно борозд между гребнями, ротационные рыхлители и планчатые катки обрабатывают соответственно откосы и вершины гребней, копируя их неровности (рис.2.). Благодаря этому обеспечивается обработка гребней по всему профилю без огрехов.

Ниже приведена техническая характеристика разработанной машины.

### Техническая характеристика разработанной машины

Тип .....	навесной
Класс агрегируемого трактора .....	1,4
Ширина захвата, м .....	3,6
Рабочая скорость, км/ч .....	6,0-9,0
Количество гребней обрабатываемых за один проход, шт .....	4
Габаритные размеры, мм:	
- длина .....	1120
- ширина .....	4000
- высота .....	1100
Производительность, га/ч .....	2,6-3,2
Масса, кг .....	525±20



Рис. 2. Схема устройства для предпосевной обработки гребней

Перед проведением испытаний определялись твердость, влажность и плотность почвы гребней по ГОСТ 20915-11 [6]. Эти данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

#### Влажность, твердость и плотность почвы гребней перед полевыми испытаниями машины

Слой почвы, см	Влажность почвы, %		Твердость почвы, МПа		Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	
	на гребнях	в борозде	на гребнях	в борозде	на гребнях	в борозде
0-5	13,13	17,02	0,55	0,71	1,16	1,22
5-10	16,30	18,21	0,84	0,94	1,18	1,40
10-20	18,94	19,10	1,09	1,22	1,29	1,46

Данные табл. 1 показывают, что твердость, влажность и плотность почвы в борозде выше, чем на гребнях.

Средняя высота гребней перед проходом машины составляла 22,05 см, а ее среднее квадратичное отклонение –  $\pm 1,61$  см.

Испытания разработанной машины проводились в период подготовки нарезанных осенью гребней к севу хлопчатника в агрегате с трактором МТЗ-80Х на его 6 и 9 передачах. При этом по O'zDst 3193:2017 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Программа и методы испытаний» [7] были определены скорость движения агрегата, качество крошения почвы, глубина ее обработки и степень уничтожения сорняков.

Результаты, полученные в испытаниях разработанной машины, приведены в таблице 2.

При испытаниях установлено, что разработанная машина надежно выполняет технологический процесс и обеспечивает обработку гребней по всему профилю. Показатели ее работы на обоих испытанных скоростях движения полностью соответствуют предъявляемым требованиям.

Таблица 2

**Результаты проведенных полевых испытаний разработанной машины**

Показатель	Значение показателей		
	по исходным требованиям	по результатам испытаний	
Скорость движения, км/ч	6-9	6,2	8,9
Количество фракции, % размером, мм			
>50	<5	3,76	3,08
25-50	–	13,11	11,18
<25	>80	83,13	85,74
Глубина обработки гребней, см:			
борозды	8-10	9,2	8,6
откосов	4-6	5,4	4,9
вершины	4-6	4,9	4,6
Уничтожение сорняков, %	>95	98,3	99,1

Таким образом, применение разработанной машины для предпосевной обработки гребней позволяет качественно обработать их по всему профилю.

Использование разработанной машины для предпосевной обработки гребней по сравнению существующими позволяет повысить качество работы и производительность, снизить затраты труда и расход топлива до 1,85 раза.

**Литература:**

1. Типовые технологические карты по уходу за сельскохозяйственными культурами и выращиванию продукции на 2016-2021 годы (часть I). МИНСЕЛЬХОЗ РУз. Ташкент, НИИМСХ, 2016. 136 с.

2. Абдулхаев Х.Г. Новое орудие для предпосевной обработки гребней. // Интеллектуал. машин. технологии и техника для реализации гос. прогр. развития сел. хоз-ва / Всерос. Науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва. – Москва, 2015. – ч. 1. – С. 163-166.

3. Abdulkhayev, Xurshed (2021) "Justification of the parameters of the working body for loosening the furrows between the ridges," Scientific-technical journal: Vol.4: Iss. 3, Article 7. <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol4/iss3/7>

4. Abdulkhaev Khurshed Gafurovich. (2022). Results Of Comparative Tests Of The Machine For Pre-sowing Ridges Processing. Thematic Journal of Applied Sciences (ISSN 2277-3037), Volume 6 (Issue 1), 82-86. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6396452>

5. Tukhtakuziev A., Abdulkhaev Kh. G., Barlibaev Sh.N. Determining the Appropriate Values of Compactor Parameters of the Enhanced Harrow Leveller. Civil Engineering and Architecture Vol. 8(3), pp. 218 – 223 doi: 10.13189/cea.2020.080304

6. ГОСТ 20915-11. «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний». – Москва: Стандартинформ, 2013. 23 с.

7. О'zDSt 3412.2019. «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Программа и методы испытаний». Ташкент, 2019. 53 с.

УДК 620.172.2

## **МОДИФИКАЦИЯ НАПОЛНЕННЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ**

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

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

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

*Рассматриваются термопластичные композиты, состоящие из трех основных компонентов: термопластичных полимеров (35...50%), мелкодисперсного растительного наполнителя (40...60%) и комплекса органических и минеральных модификаторов (до 8%).*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *композиты, модификатор, шунгит, таурит, солома, технологические и эксплуатационные свойства*

В последнее время заметный интерес у исследователей вызывают термопластичные композиты, наполненные растительными материалами, ввиду их низкой стоимости, экологичности и высоких эксплуатационных характеристик. Указанные композиты, как известно, состоят из трех основных компонентов: термопластичных полимеров (35...50%),

мелкодисперсного растительного наполнителя (40...60%) и комплекса органических и минеральных модификаторов (до 8%), улучшающих технологические и эксплуатационные свойства композитов [1,2].

В работах [3] исследовано влияние шунгита в качестве углеродосодержащего модификатора термопластов, в результате чего установлено, что их применение способствует заметному повышению упругопрочностных характеристик последних.

В работе [2] исследовано влияние концентрации и дисперсности шунгита марки «Новокарбон» (ТУ 2169-001-57753937-2002) дисперсностью до 10 мкм с содержанием углерода 26%, оксида кремния 56,5%, оксида алюминия 4% и др. на физико-механические и реологические свойства термопластичных композитов, наполненных мелкодисперсной соломой. В результате проведенных исследований установлено, что введение шунгита способствует существенному росту прочности, модуля упругости и водостойкости композитов по отношению к характеристикам двухкомпонентной композиции (50% ПЭНД и 50 % растительного наполнителя).

Кроме мелкодисперсного шунгита, получаемого из углеродосодержащих горных пород Карелии, на рынке представлен также углеродосодержащий наполнитель полимеров «таурит», который производится из шунгитовых пород Коксукского месторождения Казахстана [4,5].

Таурит марки ТС-Д (ТУ 2169-032-5481661-2006) дисперсностью до 20 мкм содержит до 12% углерода, до 40% оксида кремния, до 30% оксида кальция, до 9% оксида алюминия и др.

Главное различие всех видов шунгитовых пород заключается в составе и соотношении минералов-примесей. Согласно публикациям [3,4,7,8] углерод в шунгите не является просто аморфным углеродом, а представляет собой смесь разнообразных углеродных аллотропов, чьи небольшие решетки соединены аморфным углеродом. Характерным свойством шунгита является хорошая совместимость как с полярными, так и неполярными полимерами, что позволяет получать композиции с высокими степенями наполнения.

Целью настоящего исследования было сравнительное изучение влияния шунгита «Новокарбон» (ТУ 2169-001-57753937-2002) и таурита ТС-Д (ТУ 2169-032-5481661-2006) на физико-механические и реологические характеристики термопластичных композитов, наполненных указанными модификаторами.

В качестве полимерного связующего в работе использовался полиэтилен низкого давления марки 273-73 (ПЭНД 273-73) производства ОАО «Казаньоргсинтез» по ТУ 2243-104-00203335-2005, в качестве растительного наполнителя – мелкодисперсная ячменная солома с размером частиц 200...350 мкм, влажностью менее 9 % и насыпной

плотностью 0,14 г/см<sup>3</sup>. Растительный наполнитель производили по разработанной двухстадийной технологии измельчения растительных отходов [6].

Массовое соотношение термопластичного связующего составляло 50%, углеродосодержащие модификаторы варьировались в диапазоне 5...15%, растительный наполнитель из ячменной соломы - остальное.

Компаундирование компонентов проводили на лабораторном двухроторном смесителе *HAAKE PolyLab Pheomix 600 OS* с роторами *Roller*. Температура компаундирования составляла 150 °С, частота вращения роторов – 50 об/мин. Смешение проводилось до постоянных значений крутящего момента и температуры расплава.

Для проведения физико-механических и реологических исследований на гидравлическом прессе *Gibitre* формовались пластины размером 200×200×1,1 мм, из которых вырубались штанцем стандартные образцы (полоски размером 150×15 и диски диаметром 20 мм).

Плотность композитов определяли на плотномере Н-200L со сверхвысоким разрешением 0,001 г/см<sup>3</sup> по ГОСТ 15139-69.

Значения водопоглощения образцов определяли по ГОСТ 4650-80 (метод А, выдержка в воде в течение 24 часов при нормальных условиях).

Физико-механические испытания подготовленных образцов проводили на разрывной машине *UAI-7000 M* при нормальных условиях и скорости движения зажимов 1 мм/мин. Предел прочности и модуль упругости при растяжении вычислены по ГОСТ 11262-2014 и ГОСТ 9550-81.

В табл. 1 представлены значения физико-механических характеристик образцов термопластичных композитов.

Таблица 1

Значения характеристик	Углеродосодержащий модификатор, %						
	Шунгит				Таурит		
	0	5	10	15	5	10	15
Предел прочности, МПа	12,5±1,2	15,1±1,4	16,7±1,1	18,6±0,8	15,4±0,9	15,1±1,2	15,6±1,1
Модуль упругости, МПа	1620±150	1900±170	2200±220	2100±260	1650±200	1800±180	1700±150
Относительная деформация, %	5,4±0,9	2,8±0,2	2,7±0,2	3,2±0,1	3,4±0,3	3,1±0,4	4,2±0,1
Плотность, кг/ см <sup>3</sup>	1070±50	1125±105	1157±65	1202±75	1124±90	1174±80	1220±65
Водопоглощение, %	5,1±0,5	3,84±0,4	2,20±0,3	1,07±0,5	3,18±0,5	2,47±0,3	1,52±0,2

Анализируя результаты, представленные в табл. 1, можно сделать вывод, что с увеличением концентрации шунгита возрастает предел



прочности и модуль упругости при растяжении (на 23% и 15% соответственно); увеличение концентрации таурита незначительно сказывается на упруго-прочностных показателях.

Данный эффект обусловлен, очевидно тем, что шунгит с содержанием углерода более 30% способен образовывать непрерывные сеточные структуры вследствие взаимодействия между полимером и наноразмерными частицами углерода.

Наибольшее значение плотности и меньшее водопоглощение наблюдается у композитов с концентрацией модификатора 15 %. Таким образом, имеет место явная корреляция между плотностью и влагостойкостью композитов, что соответствует результатам описанных в работе [1].

Реологические испытания полученных композитов проводили на реометре *НААКЕ Mars III*. В ходе испытаний определены зависимости комплексной вязкости и динамического модуля сдвига расплавов указанных выше композитов от угловой скорости осциллирующего ротора.

Испытания проводились в динамическом режиме с использованием измерительной системы «плоскость-плоскость» с диаметрами ротора и плоскости 20 мм. Амплитуда осцилляций ротора составляла 0,001 рад., диапазон частот 0...80 Гц, диапазон температур 150...200 °С.

На рис. 1 представлена зависимость комплексной вязкости и динамического модуля сдвига от скорости сдвига.

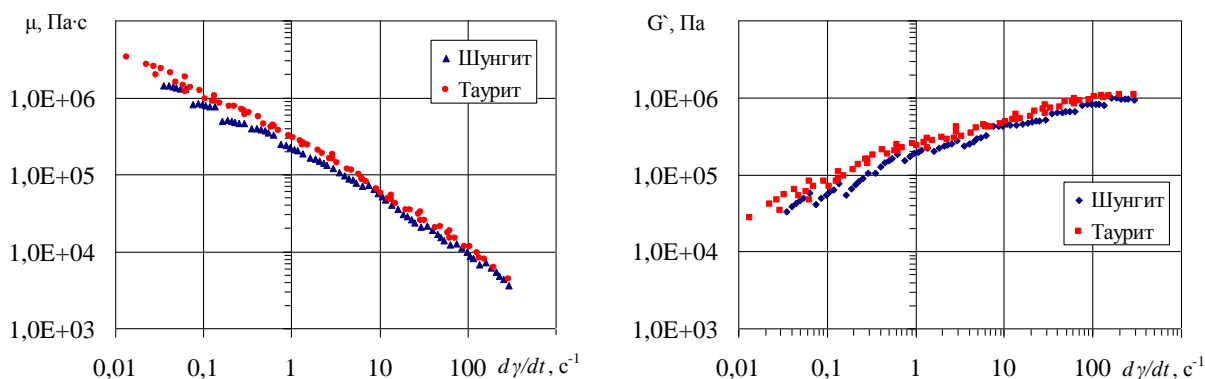


Рис. 1. Зависимость комплексной вязкости и динамического модуля сдвига от скорости сдвига, приведенной к 150°С

### Литература:

1. Клесов А.А. Древесно-полимерные композиты [пер. с англ.] / А.А. Клесов. - СПб.: Изд-во НОТ, 2010. 736 с.
2. Кузьмин А.М., Водяков В.Н., Ошина Т.В. Влияние минеральных наполнителей на эксплуатационные и технологические характеристики термопластичных композиционных материалов на основе АПК // Техника и оборудование для села. 2015. №8 (218). С.6-12.
3. Комова Н.Н. Особенности применения принципа температурно-временной эквивалентности в полиэтилене низкой плотности, наполненном шунгитом / Н.Н.



Комова, Е.Э. Потапов, А.Д. Грусков, Г.Е. Заиков // Вестник МИТХТ. 2013. Т. 8. № 1. С. 24–35.

4. Мусина У.Ш. Углерод-минеральный состав шунгитовых пород Коксуского месторождения Казахстана / У.Ш. Мусина, В.В. Самонин // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института. 2013. №19(45). С. 39–41

5. <http://www.nanomarket.ru/gds/taurit-ts-d>

6. Кузьмин А.М. Получение мелкодисперсного наполнителя из растительных отходов для термопластичных композиционных материалов / А.М. Кузьмин, В.Н. Водяков // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы XI междунар. конф., Саранск: Изд-во Мордов. ун-та. 2016. 360-365 с.

7. Кузьмин А.М., Чалганов Д.К., Славкина В.Э. Выбор полимерных материалов для изготовления деталей сельскохозяйственной техники // Сельский механизатор. 2022. №2 С.30-31.

8. Кузьмин А.М., Водяков В.Н., Шабарин А.А., Радайкина Е.А. Получение и исследование термопластичных композитов с растительным наполнителем // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. №7. С. 40-43.

УДК 631.3.004.67+621.43.192

## **ХАРАКТЕРНЫЕ ИЗНОСЫ И ДЕФЕКТЫ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**Прибыльнов И.Л.**, магистрант кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, e-mail: mak8277@yandex.ru, тел.: 8(926) 064-94-48

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

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

*Рассматриваются характерные износы и дефекты блоков цилиндров двигателей, корпусов коробок передач, задних мостов, раздаточных коробок, трансмиссий, редукторов.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** посадочные отверстия, несоосность отверстий, ресурс, деформация, динамические нагрузки

Надежная работа отремонтированных тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин в значительной мере обусловлена техническим состоянием блоков цилиндров двигателей, корпусов коробок передач, задних мостов, раздаточных коробок, трансмиссий, редукторов и определяется в основном состоянием посадочных отверстий под подшипники валов. Изнашивание отверстий приводит к деформации корпусов и нарушению условий работы машины и, как следствие, к ускоренному изнашиванию сопрягаемых деталей.

При ремонте агрегатов машин зачастую не соблюдаются

установленные технические требования, что, несомненно, сказывается на их долговечности. Так межремонтный ресурс двигателей с невозстановленными параметрами коренных опор и посадочных поясков составляет не более 20...40% от ресурса нового двигателя. К тому же если при этом несоосность коренных опор на длине 100 мм достигает 0.06 мм, то динамическая нагрузка на коленчатый вал увеличивается в 1,8 раза, а интенсивность изнашивания вкладышей коренных подшипников в 4 раза.

На специализированных ремонтных предприятиях необходимость восстановления коренных опор блоков цилиндров двигателей, посадочных отверстий картеров коробок передач определяют по такому параметру как отклонение их диаметров свыше допустимых. При этом исключен такой признак, как нарушение несоосности отверстий, изменение взаиморасположения их осей относительно технологических баз корпусной детали. Обычно ошибочно полагают, что если диаметры опор соответствуют техническим требованиям, то одновременно и пространственно-геометрическое расположение их осей не превышает допустимых величин.

Однако исследованиями установлено, что более чем у 30%-ти блоков цилиндров соосность коренных опор нарушается из-за деформации самой корпусной детали [1]. С увеличением данного параметра растут нагрузки на коренные подшипники и неравномерность их распределения по ним, наблюдаются прогиб, изгиб и колебания коленчатого вала. Об этом свидетельствует повышение мощности механических потерь в двигателях на 1,6...5,9%, температуры нижних коренных вкладышей на 2...6° С, вибрации и шума двигателей. Это в сочетании с недостаточными зазорами в коренных подшипниках, уменьшает до недопустимых значений толщину смазочного слоя и нарушает условие смазывания соединений, что в свою очередь повышает вероятность непосредственного контакта поверхностей трения и приводит к их интенсивному изнашиванию.

В процессе эксплуатации двигателя происходит деформация блока цилиндров в целом, износ и деформация посадочных мест под гильзы цилиндров, образование трещин и пробоин, разрушение резьб, деформация и неравномерный износ коренных опор. В табл. 1 приведены основные дефекты блоков цилиндров, поступивших в капитальный ремонт [2], из которой видно, что дефекты 5,6,7 и 8 оказывают на ресурсный отказ двигателя опосредственное влияние, внешнее проявление которых – проворот и оплавление вкладышей коренных опор, интенсивный износ и задиры зеркал гильз цилиндров, поломка коленчатых валов и др. Схема основных повреждений блока цилиндров показана на рис. 1.

Таблица 1

Номер дефекта	Наименование дефектов	КамАЗ-740	СМД-62	СМД-14	Д-240	ЯМЗ-238НБ
1	Трещина, пробоина на стенке водяной рубашки блока	2	11	13	2	0,8
2	Трещина на перемычке между цилиндрами, масляной магистрали, поперечных перегородок	1	11	7	5	3
3	Излом шпильки, срыв резьбы шпильки	9,2	55	43	7	-
4	Трещины крышек коренных опор	3	1	2	10	-
5	Проворот вкладышей коренных опор	14	12,5	8	9	3
6	Износ отверстий во втулках распределительного вала	90	90	2,5	14	62
7	Износ и деформация гнезд коренных опор, несоосность более допустимого значения	85	33	58	38	78
8	Износ, деформация посадочных поясков и уменьшение глубины гнезда под бурт гильзы цилиндров на 0,05 мм	18	90	77	25	27

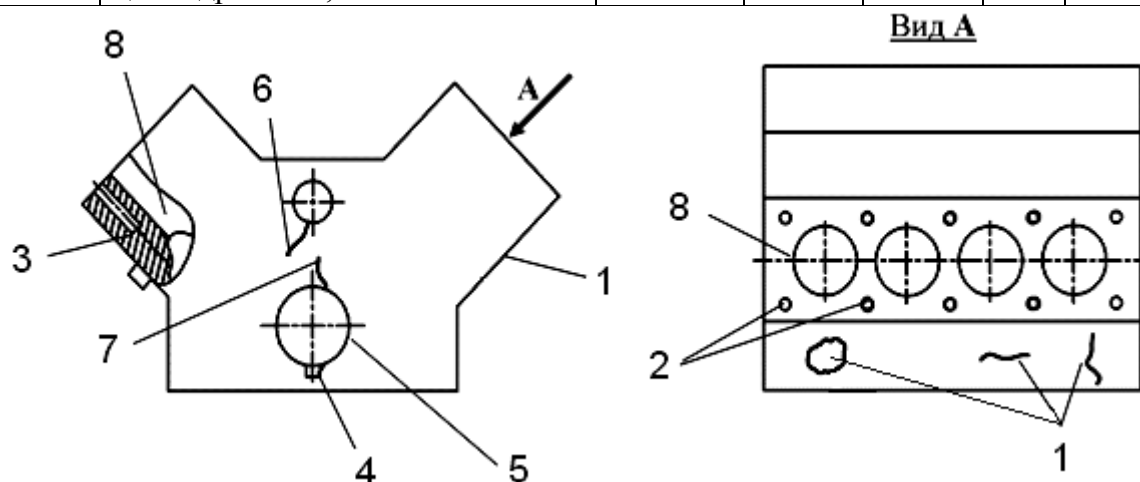


Рис. 1. Схема основных повреждений блока цилиндров (номера повреждений по табл. 1)

Микрометражные исследования коренных опор блоков цилиндров, подготовленных для сборки двигателей [1], показывают, что отклонение по параметру несоосности коренных опор превышает норму в 1,3...3,0 раза, а овальность гнезда под коренные вкладыши – в 4,5 раза.

В работе [3] отмечено, что 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 0,02мм.

Увеличение овальности отверстий коренных опор снижает площадь соприкосновения наружной стенки вкладыша с постелью блока, что приводит к существенному снижению коэффициента теплоотдачи, нагреванию подшипников и заеданию.

Дополнительные тепловые деформации вкладышей способствуют также возникновению интенсивной фреттинг-коррозии пары трения наружная поверхность вкладыша – постель блока, что, в свою очередь, ухудшает условия теплоотвода от вкладыша к постели блока и приводит к повышенному изнашиванию коренной опоры, а, следовательно, к ослаблению монтажного натяга вкладыша.

При отклонении от соосности равной 0,04; 0,08; 0,12; 0,16 мм износ коренных вкладышей соответственно увеличивается в 3; 4; 7,2 и 12 раз.

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.

В работе [3] показано, что у блоков цилиндров, поступающих после восстановления на линию сборки, отклонения от соосности гнезд коренных опор имеют 95...98% блоков, причем данная величина превышает допустимые значения в 6...10 раз.

В процессе эксплуатации тракторов и других мобильных машин изнашиваются также и посадочные места под подшипники в корпусах коробок передач. Это обусловлено абразивным износом, фреттинг-коррозией, пластическими деформациями [4].

Установлено, что износ поверхностей посадочных отверстий находится в пределах от 0,1 до 1,5 мм и его распределение по величине составляет: 0,1...0,2 мм – 44%; от 0,2...0,3 мм – 22%; 0,3...0,5 мм – 15%; 0,5...1,0 мм – 12%; 1,0...1,5 мм – 7%. Таким образом, большая часть корпусов имеет износ до 1 мм.

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».

Увеличение размеров отверстия и уменьшение размеров вала являются причинами неравномерности крутящего момента, возрастания динамических нагрузок, увеличения вибраций и изнашивания, в результате чего снижается долговечность корпусных деталей, подшипников, валов, зубчатых колес и, как правило, всей сборочной единицы. Так, исследования

ученых позволили установить, что непригодными к дальнейшей эксплуатации по причине износа этих элементов ежегодно становятся 5...9 млн. только подшипниковых соединений (данные по России) [5].

На величину отклонения геометрических параметров корпусных деталей влияет и технология ремонта. Так заварка трещины без предварительного подогрева и без последующей термической обработки приводит к появлению внутренних напряжений, деформации детали, короблению привалочных поверхностей. Кроме того, если считать, что сварочно-наплавочный метод является одним из основных при восстановлении отверстий корпусных деталей сельскохозяйственной техники, то изменение геометрических параметров при ремонте проявляется очень часто. Применение методов механической обработки поверхностей деталей, особенно на стадии подготовки их к восстановлению, значительно уменьшает жесткость конструкции, а так же приводит к перераспределению внутренних напряжений в материале детали.

Кроме того, при увеличении размеров посадочных отверстий в корпусных деталях (корпусные детали относятся к группе ответственных дорогостоящих) возникает возможность действия ударных нагрузок, что приводит к разрушению корпуса в целом либо его части. Часто приходится выбраковывать эти детали из-за появления трещин вследствие износа посадочных отверстий, превышающего технологические возможности их восстановления.

Таким образом, обеспечение заданной размерной, геометрической и пространственной точности отверстий корпусных деталей как на стадии их изготовления, так и при ремонте является одним из определяющих моментов в проблеме повышения долговечности работы тракторов, автомобилей и других мобильных машин.

#### **Литература:**

1. Усков В.П. Справочник по ремонту базовых деталей двигателей / В.П. Усков. Брянск, 1998. 214 с.
2. Бурумкулов Ф.Х., Лялякин В.П., Иванов В.И. Определение полного ресурса блоков цилиндров автотракторных двигателей / Ф.Х. Бурумкулов, В.П. Лялякин, В.И. Иванов // Техника в сельском хозяйстве. 2005. №4. С. 30 – 33.
3. Котин А.В. Восстановление размерных цепей сборочных единиц с применением нежестких компенсаторов износа: дис. докт. техн. наук / А.В. Котин. Саранск, 1997. 359 с.
4. Михальченков А.М., Дроздов А.В., Кисилева Л.С. Уплотнение серого чугуна при пластическом деформировании // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Износостойкость машин». Брянск, 1994.
5. Михальченков А.М., Комогорцев В.Ф., Козарез И.В. Продукты фреттинг-коррозии и надежность неподвижных соединений сталь-чугун // Ремонт, восстановление, модернизация. 2005. №5. С. 36–38.

## СПОСОБЫ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**Сивцов А.В.**, магистрант кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, e-mail: siwaa@mail.ru, тел.: 8(495) 521-24-70

**Домников Г.С.**, магистрант кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, e-mail: gleb.dmn@yandex.ru, тел.: 8(495) 521-24-70

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

*Рассматривается весь комплекс работ с подготовкой полей к механизированной уборке картофеля с соблюдением агротехнических требований.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** технологии, способы уборки, агротехнические требования, картофель, урожайность

Современные технологии возделывания картофеля и других корнеклубнеплодов предусматривают весь комплекс работ с подготовкой полей к механизированной уборке. Только подобный подход к технологиям позволяет упростить применяемые уборочные машины и повысить их производительность. Успеху уборочных работ также способствует работа селекционеров по созданию сортов и гибридов, наиболее приспособленных к механизированной уборке [1].

**Способы уборки.** Уборка является самым тяжелым и трудоемким из всех процессов возделывания картофеля. Она включает следующие операции:

- удаление ботвы,
- извлечение клубней из почвы,
- отделение от них земли,
- растительных остатков и камней,
- перевозку клубней,
- сортирование и закладку на хранение.

Техническая сложность проведения комбайновой уборки определяется такими факторами, как

- незначительное содержание клубней в подкапываемом пласте (до 2%) и восприимчивость их к механическим воздействиям;
- неблагоприятные для сепарации физико-механические свойства почвы (комковатость, пластичность, липкость) и изменчивость их в зависимости от влажности;
- наличие в почве камней, корневищ, сорняков и других посторонних примесей и др.

Попытки осуществить машинную уборку картофеля одной мобильной

машиной-комбайном не привели к желаемым результатам. Только лишь расчленив процесс на две фазы (первая – выкопка и первичная очистка, выполняемая мобильной машиной-комбайном, и вторая – доочистка и доработка на стационарной машине или сортировальном пункте), удастся обеспечить отделение клубней от примесей в легких и средних почвенно-климатических условиях [2].

Уборка картофеля может происходить в разных условиях. Условия уборки характеризуются величиной урожая, состоянием и величиной ботвы, наличием и количеством камней и сорняков, рельефом, размерами и конфигурацией участков. Выделяют [3]:

- *легкие и средние условия* уборки картофеля (характеризуются высоким урожаем; почвы супесчаные или легкие суглинки, отсутствие камней, сорняков, ровный рельеф);

- *тяжелые и особо тяжелые условия* (глинистые почвы с малым урожаем, обилие ботвы, камней, сорняков).

В различных технологиях уборки картофеля применяются:

- ботвоуборочные машины;
- картофелекопатели;
- комбайны;
- картофелесортировки;
- погрузочно-разгрузочные машины;
- машины для укладки картофеля на хранение.

В зависимости от условий и наличия в хозяйствах машин могут использоваться различные способы уборки картофеля:

- *уборка картофелекопателями* включает подкоп пласта с клубнями, просеивание почвы, разбрасывание клубней на поле и их ручной подбор. Технология требует больших затрат труда и применяется в сложных почвенно-климатических условиях;

- *комбайновая уборка*, когда процессы извлечения клубней из почвы, отделение от них земли, ботвы, камней, а также сбор клубней в бункер или рядом идущий транспорт происходят одновременно. Применяют на легких и средних почвах влажностью до 23 – 25 %;

- *раздельная уборка*. При данном способе клубни выкапываются картофелекопателем и укладываются в валок; последующий подбор их из валка производят комбайном. Применяется на средних и тяжелых по механическому составу и переувлажненных почвах (влажность 24 – 25 %) в период уборки при урожайности до 200 ц/га;

- *комбинированная уборка*, когда картофелекопатель-валкоукладчик укладывает в междурядья двух неподкопанных гребней клубни с двух или четырех рядков, которые затем убираются картофелеуборочным комбайном. Применяется на легких хорошо сепарируемых почвах при низкой урожайности картофеля (до 150 ц/га). Использование комбинированного способа уборки возможно только при условии

неглубоких борозд между рядками, где образуется валок, иначе неизбежны потери.

С использованием комплекса машин уборку можно организовать поточным или непоточным методом. При поточной уборке все операции выполняются без разрыва во времени, при непоточной имеет место разрыв во времени между отдельными процессами.

При поточной уборке применяют следующий набор машин:

- картофелеуборочные машины (2–3 на одном поле) для сбора картофеля с периодической выгрузкой в транспортные средства;
- транспортные средства (автосамосвалы или тракторные прицепы) для отвозки картофеля к сортировальному пункту;
- сортировальный пункт с использованием контейнеров для сбора и транспортировки отсортированного картофеля;
- средства для погрузки контейнеров в автомобили и отправки по назначению.

Такой набор машин для поточной уборки позволяет уменьшить затраты труда по сравнению с уборкой простейшими машинами в 3,5 раза.

Перед уборкой картофеля должно быть проведено предуборочное удаление ботвы. Его выполняют ротационными косилками измельчителями, цепными ботводробителями. Этот прием:

- ускоряет созревание клубней;
- предупреждает заражение клубней фитофторой;
- устраняет забивание рабочих органов и облегчает работу ботвоудаляющих устройств картофелеуборочных машин;
- сокращает потери и снижает травмирование клубней рабочими органами картофелеуборочных машин;
- при повышенной влажности почвы способствует ее подсыханию.

На полях, намеченных к комбайновой уборке, высота среза ботвы устанавливается 18–20 см, на полях, планируемых к уборке картофелекопателями – 8–10 см. На участках продовольственного картофеля ботва скашивается за 3–5 дней до уборки, на семеноводческих участках – за 10–12 дней. Ботвоуборочные машины агрегируются с тракторами «Беларусь». Цепные ботводробители можно навешивать на малогабаритные трактора.

К началу уборки картофеля необходимо выровнять подъездные дороги к полю, устранить механические препятствия; если невозможен выезд уборочного агрегата за пределы поля – отбить поворотные полосы. Картофель на поворотных полосах выкапывается заблаговременно. Перед уборкой поле по числу комбайнов разбивают на участки, а участки в соответствии с дневной производительностью уборочных машин – на загоны. Для повышения производительности картофелеуборочных комбайнов и уменьшения травмирования клубней на тяжелых по механическому составу и уплотненных почвах, а также в дождливую



погоду перед уборкой целесообразно провести рыхление междурядий.

Для предуборочного рыхления междурядий можно использовать пропашные культиваторы. В качестве рабочих органов культиваторов устанавливаются стрельчатые лапы с раствором до 180 мм и лапы-долота. Рыхление междурядий на глубину 10–12 см проводят через 1–2 дня после удаления ботвы. За счет правильной подготовки поля к уборке производительность комбайнов повышается на 25–30%, потери клубней сокращаются на 8–10%.

На легких и средних по механическому составу почвах при влажности не более 25% и урожайности 150–400 ц/га наиболее эффективно прямое комбайнирование с организацией работы поточно-групповым методом.

**Агротехнические требования.** К качеству уборки картофеля предъявляют следующие агротехнические требования [4].

Уборка картофеля должна быть полной, потери – не превышать 3 %. Машины должны подкапывать клубненосный пласт на полную глубину и ширину залегания клубней. Ширина валка при отдельной уборке не должна превышать 90 см. При уборке картофелеуборочными комбайнами чистота клубней в таре должна быть не менее 95% [5].

При послеуборочной обработке картофеля чистота средней (60–80 г) и крупной (более 80 г) фракций должна быть не менее 99%, а мелкой (30–50 г) – не менее 97%. В отходы идут клубни массой менее 30 г.

В каждой фракции допускается не более 10% (по массе) клубней других фракций.

#### **Литература:**

1. Картофелеводство / Можаяев Е.Е., Горяников Ю.В., Усков А.И. – ИНФРА-М, 2021. –173 с.
2. 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
3. Картофель / Под ред. Арнаутова В.В. М.: Главиздат, 1993, 567 с.
4. Картофель: Технологии возделывания и хранения / И.Н. Гаспарян, Ш.В. Гаспарян. Лань, 2018. 264 с.
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.

УДК 631.354.2.026

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ АГРЕГАТОВ НА ПОЧВАХ С НИЗКОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ**

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

(495) 521-38-85

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

**Гаджиев И.П.**, соискатель ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет» им. П.А. Костычева, imgadjiev@mail.ru, тел.: (495) 521-38-85

*В статье рассматриваются различные конструкции ходовых систем с целью повышения эффективности работы картофелеуборочных агрегатов на почвах с низкой несущей способностью в условиях междурядья. Приведенная классификация дополнительных устройств противоскольжения к колесным движителям тракторов позволяет также наметить тенденции дальнейшего развития функциональных свойств колесных агрегатов.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картофель, повышенная влажность, производительность картофелеуборочных агрегатов, коlea, ходовая система, ширина междурядья, просвет, съемные устройства противоскольжения, сдвоенные колеса, шины, пневматические шины низкого и сверхнизкого давления, тяговая характеристика.*

В Российской Федерации картофель является ценной продовольственной сельскохозяйственной культурой и занимает одно из первых мест в мировом производстве продукции растениеводства наряду с рисом, пшеницей и кукурузой. Его используют на продовольственные, технические и кормовые цели. При уборке картофеля в осенний период почва имеет повышенную влажность, что приводит к снижению производительности картофелеуборочных агрегатов.

При работе на мягких почвах с повышенными нагрузками наблюдается буксование более 30%, поэтому уборка картофеля на переувлажненных почвах требует применения картофелеуборочных агрегатов высокой проходимости, приспособленных для работы в междурядьях [1].

В растениеводстве для выполнения работ общего назначения (вспашка, сплошная культивация, посев, уборка кормовых и зерновых культур) используют тракторы общего назначения. Различают в зависимости от назначения промышленные, сельскохозяйственные, лесопромышленные, лесохозяйственные и мелиоративные тракторы. Сельскохозяйственные, в свою очередь, могут быть общего назначения, универсально-пропашные, специализированные и малогабаритные. Когда образуется большое количество фермерских хозяйств, в условиях рыночной экономики, фермеры не могут покупать отдельно тракторы пропашные и общего назначения, возникает проблема выполнения широкого комплекса работ, не предназначенных для выполнения пахотных работ. Проблема заключается в том, что маломощные тракторы не обеспечивают необходимую касательную силу тяги и не обладают нужными тягово-сцепными свойствами, поэтому тракторы должны быть

адаптированы для фермерских хозяйств, в связи с этим возникает проблема применения маломощных тракторов, которые приспособлены для работы в междурядьях [2].

Колея ходовой части трактора или самоходного шасси должна соответствовать ширине междурядья, а его полевой (дорожный) просвет обеспечивать проход над растениями без их повреждения (рис.1). Стебли, при прохождении агрегата над растениями, могут пригибаться, не повреждаясь.

Для культур низкорослых (сахарная свекла, овощные) просвет должен составлять не менее 30 см; для средних по росту культур (картофель, неполивной хлопчатник) – до 45 см; для высокорослых культур (кукуруза, подсолнечник, поливной хлопчатник, клещевина) – до 70 см.



*Рис. 1. Колея ходовой части трактора и ботвоуборочной машины БМК-4-75 при уборке картофельной ботвы с одновременным измельчением*

Для прохождения по междурядьям, не повреждая растений колеса тракторов должны быть достаточно узкими (рис. 2). При сомкнутых междурядьях ходовую часть пропашных тракторов оборудуют специальными ботвоотводителями или обтекателями, поэтому она должна создавать незначительное удельное давление (не свыше  $0,4 \text{ кг/см}^2$ ), чем предотвращается образование глубокой колеи и повреждение корневой системы культурных растений [3]. Кроме универсально-пропашных тракторов и шасси классов 0,6; 0,9; 1,4 и 2,0 на междурядной обработке могут быть частично использованы и тракторы общего назначения.

Предназначенные для междурядной обработки, колея агрегатов, должна отвечать условиям работы. Ширину захвата агрегата принимают равной или кратной ширине захвата соответствующих машин. Они должны вписываться в междурядья пропашных культур и проходить над

растениями, не повреждая их.



*Рис.2. Применение колес узкой серии при работе агрегата в междурядьях*

Завод колесных систем «Консима» выпускает комплекты сдвоенных шин и колес, широкопрофильные шины низкого давления на почву на разборных колесах для работ в междурядьях 45-75 см для зарубежных тракторов JohnDeere [2], Claas[3], NewHolland [4] и других с мощностью двигателя 200-250 л.с. (рис. 3).

Для работы в междурядьях тракторов МТЗ существуют сдвоенные колеса (рис. 4) и обычно применяют колёса с пневматическими шинами низкого и сверхнизкого давления (иногда, например, для тракторов коммунального хозяйства применяют колёса с шинами среднего давления). Тракторные шины для ведущих колёс, как правило, имеют рисунок протектора типа «разрезанная ёлочка», а на ведомых – продольные канавки противоскольжения [5]. (рис. 5).



*Рис. 3. Сдвоенные шины для работ в узких междурядьях от завода колесных систем «Консима»*





*Рис.4. Трактор МТЗ со сдвоенными колесами для работы при обработке картофеля*



*Рис. 5. Колесо с пневматическими шинами низкого и сверхнизкого давления*



*Рис. 6. Междурядная обработка со сдвоенными колесами узкой серии*

В связи с этим необходимо выбрать и исследовать направления по повышению тягово-сцепных свойств агрегата при работе в междурядьях.

Существующие способы повышения тягово-сцепных свойств колесного движителя можно разделить на три группы: 1) за счет увеличения сцепного веса; 2) за счет увеличения площади контакта шины с почвой; 3) за счет увеличения сцепления колеса с почвой (применения дополнительных устройств противоскольжения).

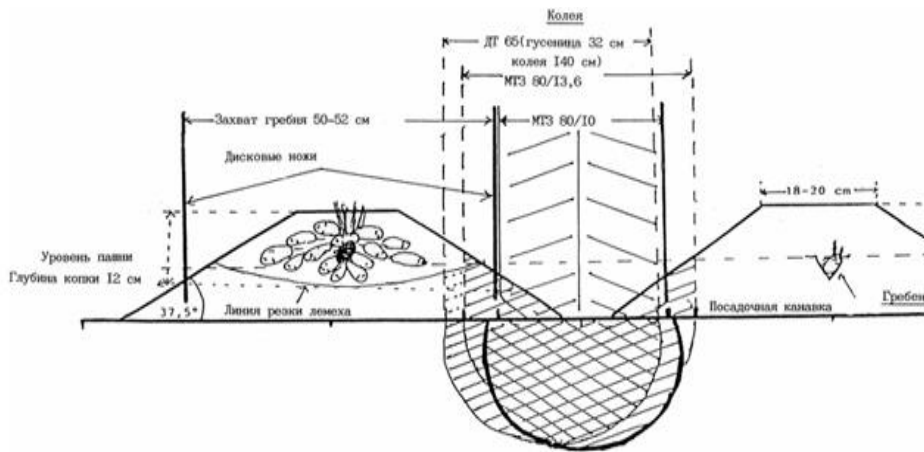


Рис.7. Вписываемость колеи колесных и гусеничных тракторов при уборке картофеля

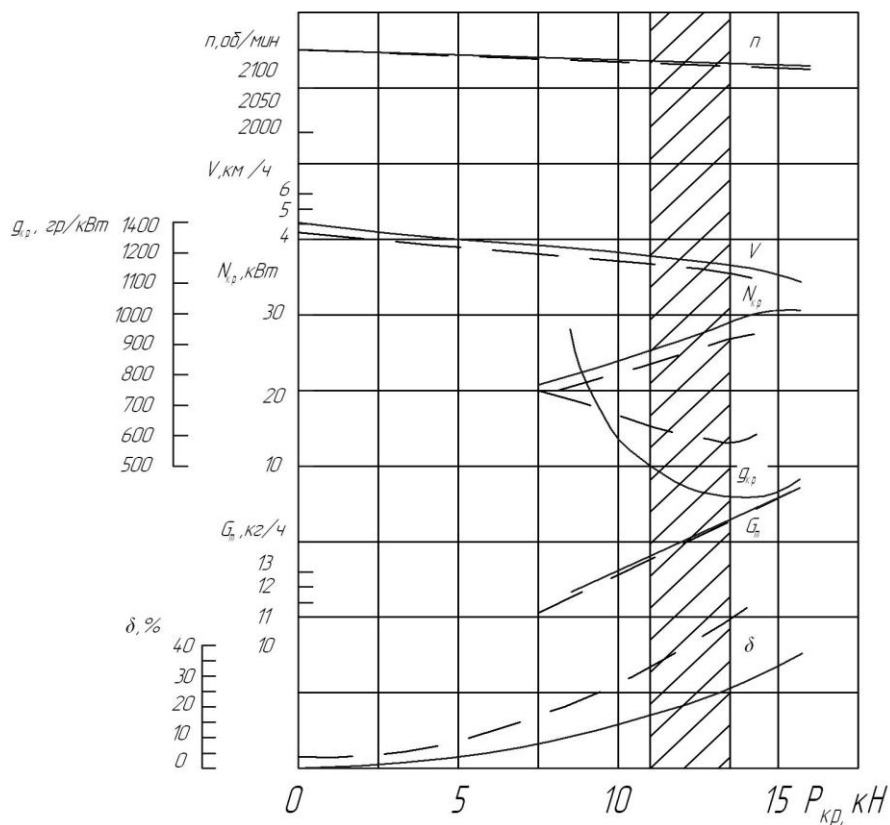



Рис.8. Тяговая характеристика трактора МТЗ-80 на переувлажненных почвах:

— — для шин 9,5-42;    - - - - - для шин 15,5R38;

 — диапазон крюковой нагрузки для комбайна КПК-2-01

Увеличение сцепного веса приводит к одновременному повышению глубины колеобразования, сопротивлению сил движению, поэтому увеличение сцепного веса не приемлемо.

Увеличение площади контакта шины с почвой снижает буксование на 5-8% [7], но сокращает защитную зону за счет увеличения ширины колеса

(рис.7). Поэтому данные мероприятия по повышению тягово-сцепных свойств также не всегда приемлемы.

Колеса трактора проходят по дну борозды при работе агрегата в междурядьях. За счет сокращения воздушных пор, при одинаковой влажности, почва дна борозды, выше по твердости в несколько раз. Следовательно, проявляется эффект «скользкой дороги», при взаимодействии колеса с почвой дна борозды, что повышает буксование до 25-30%. Без дополнительных приспособлений часто эксплуатация колесных тракторных агрегатов становится невозможной.

Применение устройства противоскольжения, на наш взгляд является, наиболее предпочтительным способом повышения тягово-сцепных и почвосберегающих свойств колесных агрегатов

Известны устройства противоскольжения (рис.9 а и б), позволяющие автоматически изменять высоту стойки устройства при движении агрегата в зависимости от твердости почв.

Данные устройства устанавливаются не на шинах, а на дисках обода и ступицах колеса, в отличие от накладных и спиральных зацепов, противобуксовочных колодок и манжет, дисков со складывающимися лопатками, цепей различных конструкций и т.д., что дает возможность не только предохранять резинокордный материал каркаса от местных разрушений, но и снизить износ шин и тангенциальные деформации.

Анализ существующих конструкций устройств противоскольжения позволяет классифицировать их по следующим признакам [6]:

- форма рабочей поверхности зацепа (прямоугольная, треугольная, круглая, овальная, спиральная);
- характер внедрения зацепа в почву (пассивный; активный – поступательное, вращательное, вращательно-поступательное);
- способ выдвижения зацепа (ручной, механизированный, полуавтоматический, автоматический);
- источник энергии привода (механический, пневматический, гидравлический, электрический, электромагнитный, комбинированный);
- крепление к диску обода колеса (резьбовое, штифтовое, штыковое, фрикционное);
- форма сечения стойки (круглая, коническая, полая);
- способ регулирования параметров внедрения зацепов и длины стойки (ручной, автоматический);
- конструкции устройств (съемные – рис. 9 в, г; выдвижные – рис. 9 ж; складывающиеся – рис. 9 д).

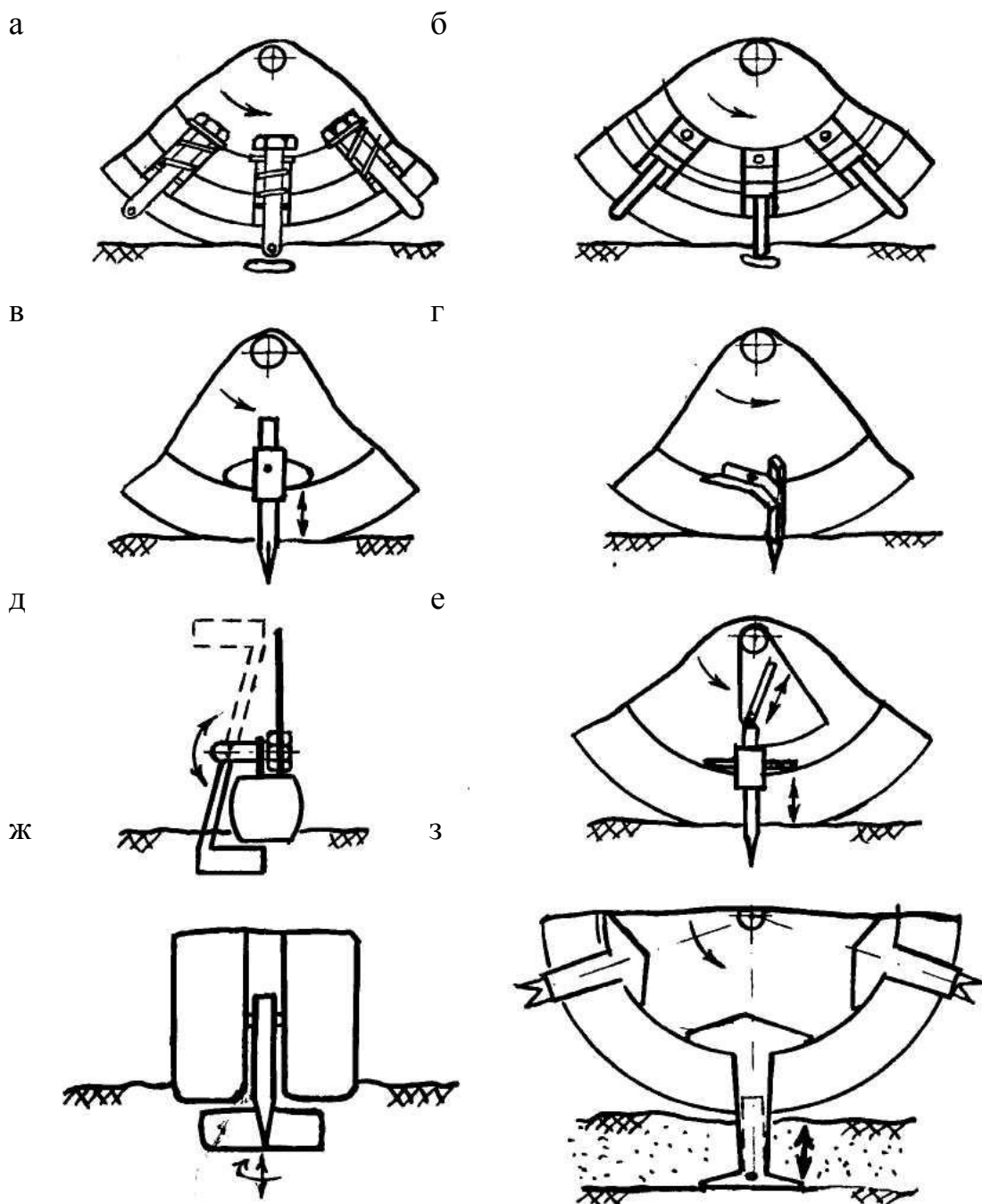


Рис. 9. Съемные устройства противоскольжения различных конструкций:  
*а* – патент США, № 2496924 по кл. 301-51; *б* – патент Франции, №1559167 по кл. В 60 В 15/00; *в* – для тракторов класса тяги 0,9...2,0 (патент RU № 84309); *г* – для тракторов класса тяги 0,6; *д* – со складывающимися зацепами (патент РФ, № 95103566); *е* – с волнообразной формой сегментного диска; *ж* – с выдвигаемыми зацепами; *з* – образующие опору в подпахотных слоях почвы (патент РФ, № 2349460).

Рассматриваемые устройства различаются также по характеру крепления и расположению зацепов и стойки устройства, по конструкции направляющих втулок и щеки и т.д.

Недостаточно широкое применение съемных средств можно объяснить следующими причинами: большой массой и металлоемкостью



приспособлений; трудоемкостью их установки и снятия с колес; необходимостью транспортировки; опасением повредить шины жесткими элементами; недостаточной изученностью экономической целесообразности применения приспособления [7].

Требования к движителям повысились в связи с переуплотненностью почв сельскохозяйственных угодий. Устройства противоскольжения в сложившейся ситуации должны обеспечить повышение не только сцепных свойств, но и почвосберегающие качества движителей. С целью повышения надежности крепления на колеса и сокращения времени монтажа и демонтажа съемных устройств в РГАЗУ разработаны новые устройства противоскольжения [8] (рис. 10).

Устройство состоит из оси 1, приваренной к ней втулки 2, гаек 3, щеки 4, стойки 5 и болта его фиксации 6, грунтозацепа 7 и болтов его крепления 8, 9. С целью регулирования высоты стойки 5 устройства противоскольжения болтом фиксации 6 предусмотрены несколько отверстий «а».

Принцип действия состоит в следующем. При движении транспортного средства по твердому покрытию, где сила сцепления колесного движителя с почвой достаточная, о чем можно судить по буксованию колеса, необходимо отрегулировать стойку 5 на минимальную высоту, благодаря чему грунтозацеп 9 устройства не будет взаимодействовать с поверхностью качения. При движении транспортного средства в условиях неустойчивой проходимости, повышенного буксования и т.д., необходимо, при помощи болта фиксации 6, высоту стойки 5 в зависимости от состояния поверхности качения.

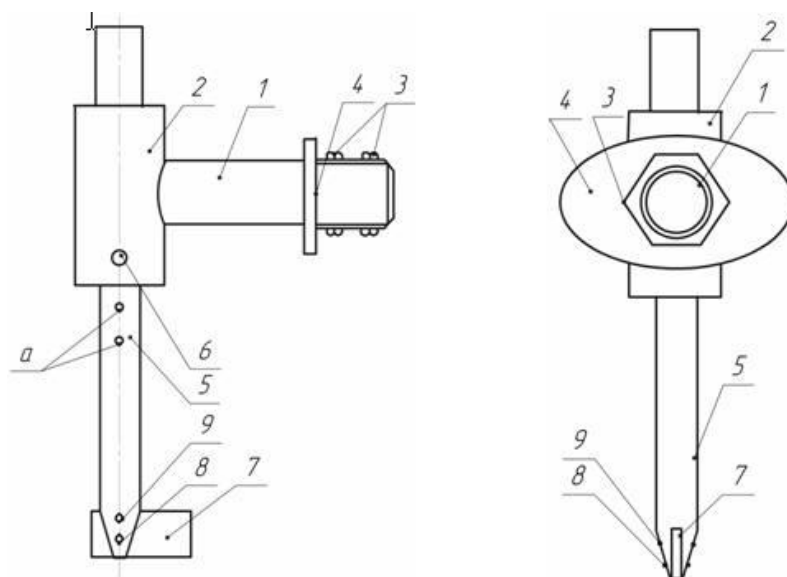


Рис. 10. Устройство противоскольжения для колеса транспортного средства

Использование данного устройства противоскольжения на картофелеуборочных агрегатах позволяет за счет силы сцепления движителя с почвой повышать проходимость на трудно преодолеваемых участках бездорожья, тяговые и почвосберегающие свойства, что ведет к расширению диапазона использования агрегатов, сократить простои техники.

Таким образом, приведенная классификация дополнительных устройств противоскольжения к колесным движителям тракторов позволяет также наметить тенденции дальнейшего развития функциональных свойств колесных агрегатов и повышения эффективности работы картофелеуборочных агрегатов на почвах с низкой несущей способностью.

#### **Литература:**

1. 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.
2. Проспект фирмы «JohnDeere» на зарубежные тракторы. США. – 2019.
3. Проспект фирмы «Claas» на зерноуборочные комбайны. Германия. – 2019.
4. Проспект фирмы «NewHolland» на однорядные картофелеуборочные комбайны. США – 2019.
5. ГОСТ 7463-2018 Шины пневматические для тракторов и сельскохозяйственных машин. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2003. 25 с.
6. Махмутов М.М., Махмутов М.М., Галеев Г.Г., Хафизов К.А., Муртазин Г.Р. Тенденции развития устройств противоскольжения // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2012. № 2. С. 30-31.
7. Агейкин Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители (теория и расчет). М: Машиностроение, 2012. 184 с.
8. Патент РФ №2349460 Способ повышения тягово-сцепных свойств движителя и устройство для его осуществления.

УДК 631. 356.46

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АГРЕГАТОВ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПОЧВЫ В ООО «КРАСНЫЙ ОКТЯБРЬ» СТАРОДУБСКОГО РАЙОНА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Махмутов М.М.**, д.т.н., доцент, профессор кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, e-mail: mansur.mahmutov@yandex.ru, тел.: (495) 521-38-85

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

**Унанян В.И.** студент 2 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ

*В статье рассматривается применение ротационных фрез с двухступенчатыми ножами F-образной формы на полях хозяйства ООО «Красный октябрь» Стародубского района Брянской области, позволяющая улучшить обработку почвы, повысить ее физическую структурность и действие подталкивающих сил в системе машинно-тракторного агрегата. От взаимного расположения и конструктивного исполнения рабочих органов почвообрабатывающих машин зависит улучшение качества обработки почвы и уменьшение энергоемкости фрезерования.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картофель, фреза для обработки почвы, энергосберегающие технологии, крошение.*

Современное состояние аграрного сектора экономики требует постановки комплекса социальных, экономических и технических проблем, решение которых должно быть направлено на развитие аграрной политики и подъема сельскохозяйственного производства. Основа для решения этих вопросов – высокая эффективность и культура производства, что предполагает применение соответствующей техники, повышение ее эксплуатационных качеств и надежности. При этом под эффективностью подразумевается высокое качество выполняемых работ, а также высокая производительность агрегатов при возможно меньших затратах на единицу получаемой продукции [1].

Фрезерная обработка почвы широко внедряется как в России, так и за рубежом. Доказана целесообразность ее применения в тех случаях, когда обычные лемешные плуги и культиваторы не обеспечивают нужного качества обработки почвы [2].

Большое разнообразие форм и размеров рабочих органов, принципиальных схем и скоростных режимов фрезы, объясняется не только различными почвенными условиями и технологией возделывания сельскохозяйственных культур, но в значительной степени служит доказательством недостатка теоретических и экспериментальных материалов для обоснованной методики проектирования рабочих органов фрез [3].

Ежегодно появляются новые конструкции машин с оригинальными рабочими органами. Однако недостатками их можно отнести лишь частичное достижение необходимого качества обработки почвы, зависящее, например, от влажности почвы или механического состава, незначительные подталкивающие действия сил в системе машинно-тракторного агрегата, что приводит к повышенному буксованию ходовых систем и недостаточному рыхлению почвы по слоям, выравнивание поверхности поля и уничтожения сорняков.

Рассматривая конструкции рабочие органы и параметры современных почвообрабатывающих фрезерных машин, установлено, что наиболее перспективным направлением их совершенствования является создание ротационных фрез с двухступенчатыми ножами F-образной формы, позволяющая улучшить обработку почвы, повысить ее физическую

структурность и действие подталкивающих сил в системе машинно-тракторного агрегата.

Фреза состоит из остова 1, кожуха 2, корпуса подшипника 3, вала шестигранного 4, в начале и в конце, которого установлены стопорные кольца 5, а между ними равномерно поочередно расположены втулки 6 шестигранной формы, с внутренней и наружной стороны которых закреплены болтами 7, двухступенчатые ножи 8 F-образной формы.

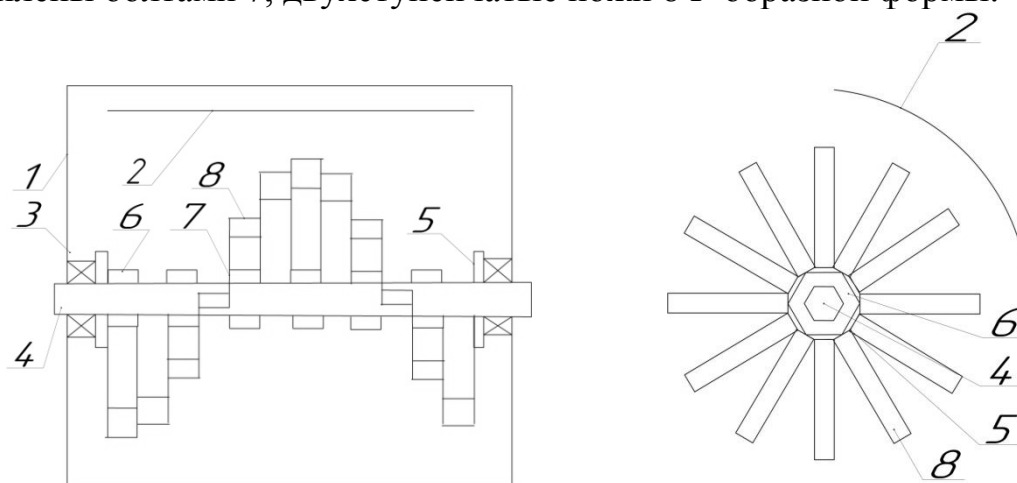


Рис. 1. Почвообрабатывающая фреза с двухступенчатыми ножами F-образной формы

Принцип действия фрезы состоит в следующем. На конец шестигранного вала 4 устанавливается стопорное кольцо 5. На втулку шестигранной формы 6 с внутренней стороны, крепятся болтами 7, двухступенчатые ножи 8 F-образной формы, а с наружной стороны крепят ножи без втулки 6. Собрав необходимое количество ножей, в зависимости от ширины обработки почвы, закрепляют стопорным кольцом 5.

При вращении от привода (не показано) шестигранный вал 4 передает крутящий момент за счет шестигранной втулки 6 и болтов 7, двухступенчатым ножам 8 F-образной формы. Ножи 8, поочередно взаимодействуя с почвой, разрыхляют ее, в зависимости от частоты вращения вала, до нужной структурности. За счет F-образной формы и двухступенчатой конструкции ножей достигается лучший эффект обработки почвы и простота конструкции [4].

Применение данного устройства дает возможность повысить качество обработки почвы и снизить буксование движителя в системе ходовая система-рабочий орган-почва, в том числе уменьшается энергоемкость фрезы за счет поочередного взаимодействия с почвой [4].

Экспериментальные исследования и хозяйственные испытания почвообрабатывающей фрезы с двухступенчатыми ножами F-образной формы проводились на полях хозяйства ООО «КРАСНЫЙ ОКТЯБРЬ» Стародубского района Брянской области осенью 2021 г. на

среднесуглинистых почвах, влажностью 16...20%, коэффициентом объемного смятия почвы (6...8)·106 Н/м<sup>3</sup> при обработке почвы под посадку клубней картофеля на комковатых полях (рис. 2).



Рис. 2. Экспериментальный образец почвообрабатывающей машины с двухступенчатыми ножами F-образной формы

В таблице 1 приведены сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций.

Таблица 1

**Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций**

Наименование параметра	Обознач.	Единица измерения	Вариант	
			базовый	эксперимент
Коэффициент буксования	$\delta$	–	0,22	0,13
Сменная производительность	WCM	га/см	2,6	2,8
Затраты на оплату труда	$Z_{OT}$	руб./га	363	335
Затраты на ТСМ материалы	$Z_{ТСМ}$	руб./га	484	446
Затраты на ремонт и техническое обслуживание и амортизацию	$Z_{РА}$	руб./га	698	682
Себестоимость работ	$C_P$	руб./га	1545	1463
Годовой эффект от повышения урожайности с 1 га	ЭУ	тыс.руб./год	–	14,0
Годовая экономия от себестоимости работ	ЭГ	тыс.руб./год	–	24,3

Годовой экономический эффект	ЭЭ	тыс.руб./год	–	18,9
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений,	Ток	лет		2,2
Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	ЕЭФ	–	–	0,45

Исследования позволили установить, что экономический эффект экспериментального варианта складывался из факторов снижения буксования агрегата за счет повышения действий подталкивающих сил и повышения урожайности за счет лучшего рыхления почвы по слоям, выравнивания поверхности поля и уничтожения сорняков. Годовой экономический эффект от внедрения результатов исследования на один агрегат в ценах 2021 года составляет 18,9 тыс. руб.

Данная методика расчета экономического эффекта при работе агрегатов с почвообрабатывающей фрезой с двухступенчатыми ножами F-образной формы опробована в хозяйстве ООО «КРАСНЫЙ ОКТЯБРЬ» Стародубского района Брянской.

#### Литература:

1. Typentabelle – Kartoffelsammelroder / R.Peters // Kartoffelbau. 1999. №7. С. 260-269.
2. 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.
3. Рамазанова, Г.Г. Параметры и режимы работы фрезы для предпосадочной обработки почвы под картофель. дис....канд. техн. наук.: 05.20.01 / Г.Г. Рамазанова.2016. 132 с.
4. Сахапов Р.Л., Мазитов Н.К., Рахимов Р.С., Лобачевский Я.П., Галяутдинов Н.Х., Шарафиев Л.З. Владо- и энергосберегающая технология обработки почвы и посева в острозасушливых условиях // Техника и оборудование для села. 2013. № 3(189). С. 2-6.

УДК 631.356

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗБРАСЫВАТЕЛЕЙ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

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

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

**Костин С.В.**, магистрант кафедры эксплуатации и технического

сервиса машин, e-mail: Sergik1989@mail.ru, тел.: 8(965) 306-26-75

*В данной статье рассматривается Производительность разбрасывателя органических удобрений, где также рассматривается два метода графический и аналитический, с построением необходимых графиков и расчетных формул, предлагается переоборудовать разбрасыватель РОУ-б, установив тарелки широкого разброса с регулировкой угла лопастей.*

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

Производительность разбрасывателя органических удобрений зависит от его грузоподъемности, способа его загрузки, удобрений и применяемого погрузчика.

Для определения оптимальной грузоподъемности разбрасывателя нами разработаны два метода: графоаналитический и аналитический.

Применяя первый из этих методов, сначала находят производительность для случая, когда крюковая мощность трактора расходуется только на перемещение агрегата и на привод его рабочих органов.

Воспользуемся известной формулой производительности

$$W = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot Q \cdot \tau \quad (1)$$

где  $B$  – ширина захвата, м;  $v$  – скорость движения, км/ч;  $Q$  – норма внесения, т/га,  $\tau$  – коэффициент использования времени смены

Скорость агрегата узнаем, если в формулу мощности, необходимой для перекачивания агрегата  $N_{пер} = \frac{P_{пер} V}{3,6}$ , подставим значение

$$P_{пер} = f(G_a + E) \cdot 9,8$$

где:  $P_{пер}$  - усилие перекачивания, кН;  $f$  – коэффициент сопротивления перекачиванию;  $G_a$  – вес агрегата, т;  $E$  – грузоподъемность прицепа-разбрасывателя, т.

$$\text{Отсюда } V = \frac{3,6 N_{пер}}{9,8 f(G_a + E)}, \text{ км/ч} \quad (2)$$

В это выражение  $N_{пер}$  входит как разность  $N_i - N_{вом}$  ( $N_i$  – эффективная мощность трактора;  $N_{вом}$  – мощность на приводном валу).

Подставив в формулу (1) значение  $v$ , будем иметь

$$W = \frac{0,36 B Q N_{пер}}{f(G_a + E)}, \text{ т/ч} \quad (3)$$

Практически прицеп-разбрасыватель никогда не достигает такой производительности из-за снижения скорости, потерь времени на технологические простои и заправку.

Потери скорости с изменением грузоподъемности разбрасывателя определяем для конкретного случая:  $Q = 20$  т/га,  $B = 5$  м,  $N_{пер} = 14,7$  кВт.  $N_{вом}$

= 16 л.с.  $f = 0,15$ ,  $G_a = 3,3$ т,  $W_n = 60$  т/ч ( $W_n$  – производительность погрузчика).

Для заданных значений  $E$  найдем скорость агрегата и подставим ее в формулу (3), получим:

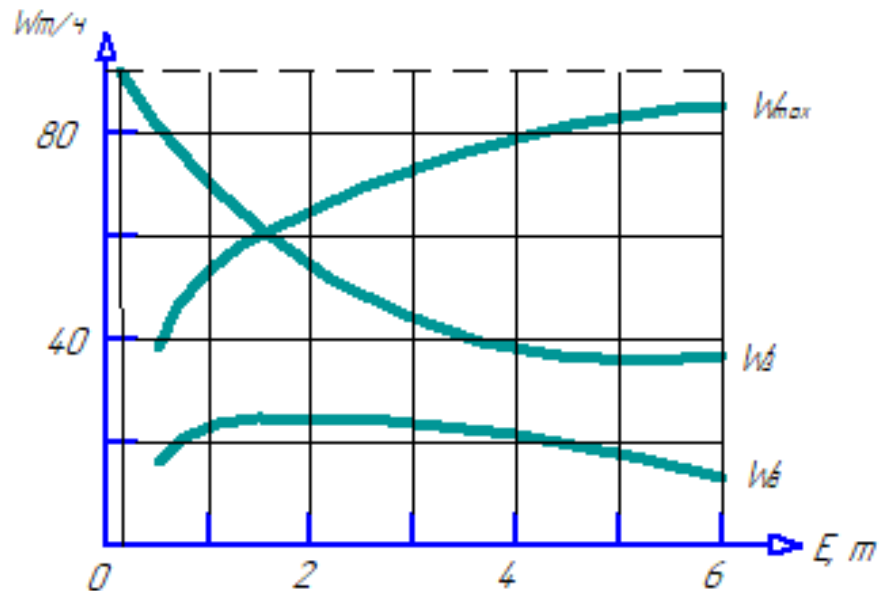


Рис 1. Графический способ определения оптимальной производительности разбрасывателей

При  $E = 0$

$$W_{max} = \frac{0,36BQN_{пер}}{fG_a}$$

$$W_{ск} = f(E)$$

На рис. 1 представлена функциональная зависимость  $W_{ск} = f(E)$  для трактора Беларус-923. Как видно из графика, с увеличением грузоподъемности прицепа снижается скорость и производительность агрегата.

Было бы целесообразно создать автоматизированный привод на рабочие органы разбрасывателя с возможностью регулировки в процессе работы, что позволит увеличить скорость движения агрегата по мере опорожнения кузова, реализуя высвобождающуюся мощность трактора.

Потери производительности из-за остановок разбрасывателя на заправку определим следующим образом. На внесении одной тонны удобрений затрачивается время:

$$t = \frac{60}{W_{ск}}$$

А все время движения агрегата составит

$$t_{дв} = \frac{60E}{W_{ск}}$$



Действительная производительность агрегата т/час:

$$W_d = \frac{1}{\frac{1}{W_n} + \frac{1}{W_{ск}} + \frac{t_b}{60E}} \quad (4)$$

где  $W_{ск}$  – производительность разбрасывателя без учета потерь времени на загрузку;  $t_b$  – затраты времени на повороты и прочие вспомогательные операции.

Область заключенная между кривыми  $W_{ск} = f(E)$  и  $W_d = f(E)$  характеризует потери производительности из-за остановок на заправку. Откладывая их значения на линии  $W_{max}$  построим кривую  $W_3$ . Чем больше грузоподъемность разбрасывателя, тем меньше количество заправок, а следовательно, и потери времени.

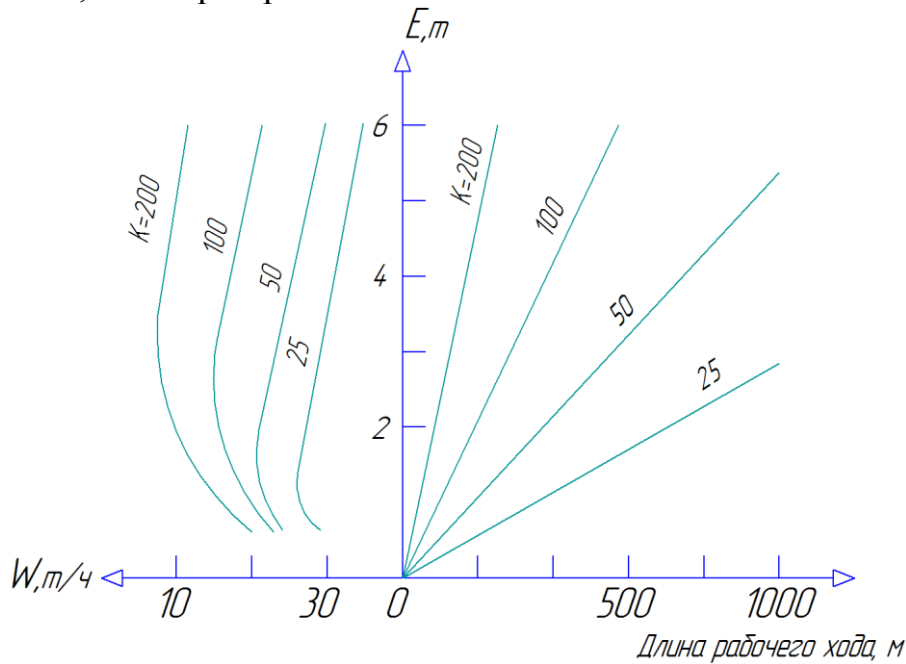


Рис. 2. Зависимость грузоподъемности разбрасывателя от ширины захвата и нормы внесения ( $K = BQ$ )

Аналитический метод определения оптимальной грузоподъемности разбрасывателей состоит в следующем. В формуле (4) выразим знаменатель через  $U$ , тогда:

$$W/ = -\frac{DU}{U^2} = -\frac{DU}{\left(\frac{1}{W_n} - \frac{0,36f(G_a+E)}{QBN_{пер}} + \frac{t_0}{60E}\right)^2}$$

Далее приравняем:

$$\frac{dW}{dE} = 0$$

И напишем:

$$\frac{\frac{0,36f}{QBN_{пер}} - \frac{t_0}{60E^2}}{\left(\frac{1}{Wn} + \frac{0,36(G_a+E)}{QBN_{пер}} + \frac{t_0}{60E}\right)^2} = 0$$

Если дробь равна нулю, значит её числитель

$$\frac{0,36f}{QBN_{пер}} - \frac{t_0}{60E^2} = 0$$

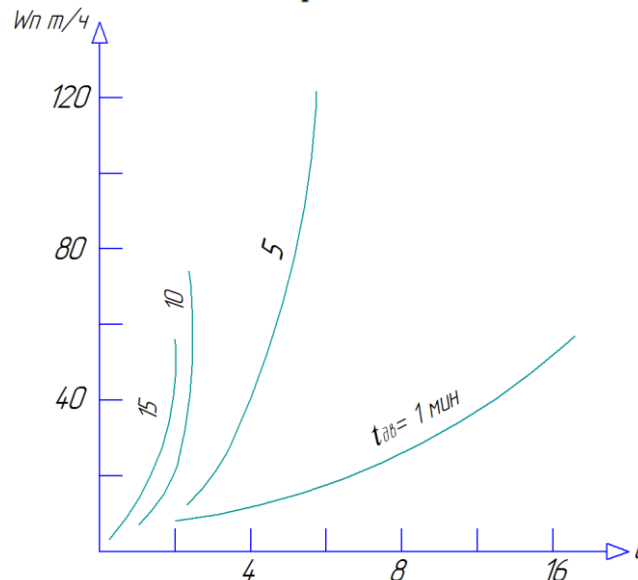


Рис 3. Влияние времени движения  $t_{об}$  на выбор производительности погрузчика

И тогда:

$$E = \sqrt{\frac{QBN_{пер}}{0,36f \cdot 60}} = \frac{1}{47,2} = \sqrt{\frac{QBN_{пер}}{f}} \quad (5)$$

Как видно из формулы (5) оптимальная грузоподъемность разбрасывателя должна повышаться с увеличением нормы внесения, ширины разбрасывателя, мощности трактора, затрат времени на повороты и другие производительные остановки агрегата.

Чтобы представить графически зависимость  $W = f(E)$  (рис.2) примем:  $f = 0,15$  ;  $N_{пер} = 14,7$  кВт. ;  $W_n = 60$  т/ч В правой части графика построены лучи  $K = QB$

На рисунке 2 видно, что при  $K=200$  производительность разбрасывателя почти не изменяется с увеличением его грузоподъемности с 2 до 4 т. При меньших значениях  $K$  она падает с ростом грузоподъемности свыше 2...2,5 т.

Следует отметить, что для повышения производительности разбрасывателей выгодно увеличивать не грузоподъемность, а скорость движения (при оптимальной грузоподъемности), а также ширину захвата (при загрузке из небольших штабелей, уложенных на удобряемом поле). По нашим расчетам, оптимальная грузоподъемность разбрасывателя,

работающего с трактором Беларус, равна 2...3 т.

Производительность применяемого погрузчика сказывается на производительности разбрасывателя тем больше, чем меньше время цикла.

Поскольку разбрасыватель – машина циклического действия, его производительность выражается известной формулой:

$$W = E \cdot i, \text{ т/ч} \quad (6)$$

где  $i$  – число циклов

Значением  $W$  задаются исходя из агротехнических сроков и объема работ, грузоподъемность  $E$  выбирают по формуле (5) и по этим величинам находят число циклов.

Чтобы определить производительность погрузчика, потребную для выполнения разбрасывателем заданного количества циклов, воспользуемся формулой:

$$W_{\text{п}} = \frac{60}{\frac{60}{i} - t_{\text{дв}}}, \frac{\text{т}}{\text{ч}} \quad (7)$$

Формула выведена для случая, когда грузоподъемность прицепа равна одной тонне. Графически зависимость между  $W_{\text{п}} = f(i)$  представлена на рисунке 3. Из этого рисунка видно, что для разбрасывателей грузоподъемностью 2...3 т. у которых время  $t_{\text{дв}}$  менее 10 мин. достаточна производительность погрузчика, равная 60 т/ч.

Уменьшить холостые проезды к месту загрузки и длину рабочего хода агрегата можно, приблизив бурты удобрений к месту внесения. Органические удобрения следует хранить в буртах объемом до 20 т.

Повысить эффективность использования разбрасывателей органических удобрений и снизить затраты на внесение органики можно за счет использования дифференциального внесения.

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 нормированием 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 удобрения. 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, аналогичный устройству распределения удобрений разбрасывателя PRONAR N262/1 (рис. 4).

## Дифференцированное внесение удобрения



Рис. 4. Конструкция распределения удобрений разбрасывателя PRONAR N262/1

Привод цепного транспортера, ротора и тарелок необходимо осуществлять от гидромоторов с возможностью автоматической регулировке в процессе работы с целью изменения дозы внесения удобрений в зависимости от почвенных условий на данном участке.

### **Литература:**

1. Сметнев А.С., Юдин Ю.Б. Подготовка тракторов, сельскохозяйственных машин и механизмов к работе. 2022. с.12-21
2. Кузьмин М.В., Тараторкин В.М., Сметнев А.С. Техническое обслуживание и подготовка машин к эксплуатации. 2021. с. 22-35
3. Карпов А.М., Иншаков А.П., Лезин П.П. и др. Эксплуатация машинно-тракторного парка. 2004. с.65-71

## ***ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ***

УДК 621.354:621.355

### **УСТАНОВКА ДЛЯ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

**Шичков Л.П.**, д.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем, shichkov@yandex.ru

**Мохова О.П.**, к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем, ормохова46@yandex.ru

**Шичков Д.И.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, denis.shichkov@yandex.ru тел.: (495) 521-24-70

*В статье рассмотрена установка на основе вентильно-конденсаторного преобразователя, используемая для контрольного тестирования аккумуляторных батарей (АКБ) путём рекуперации электрической энергии постоянного тока АКБ в электроэнергию переменного тока питающей сети.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** аккумулятор, аккумуляторная батарея, тестирование, разряд аккумулятора, регенерация, контрольно-тренировочный цикл.

При сезонном или складском хранении аккумуляторных батарей (АКБ), а также при их периодическом обслуживании возникает необходимость проверки состояния и работоспособности АКБ. Принято, что если тестируемая АКБ при разряде нормируемым током отдаёт в нагрузку более 70% её паспортной ёмкости в А·ч, то она пригодна для дальнейшей эксплуатации. Если отдача АКБ в А·ч менее 70 % паспортного значения, то АКБ подвергается либо восстановлению, либо подлежит списанию и дальнейшей утилизации. Восстановление ёмкости АКБ осуществляется путём использования импульсных токов или электрической регенерацией в контрольно-тренировочном цикле (КТЦ) [1,2].

Сущность КТЦ состоит в периодическом заряде и разряде АКБ малым нормируемым током в нескольких периодических циклах

Продолжительность каждого цикла составляет несколько часов, а их количество от одного до пяти, в зависимости от состояния АКБ. При каждом разряде АКБ на нагрузку фиксируется отданное количество электричества (ёмкость)  $Q_X$  (А·ч) [1,2]:

$$Q_X = I_{HP} \cdot t_{XP}, \quad (1)$$

где  $I_{HP}$  – нормируемый ток разряда АКБ до минимального допустимого уровня напряжения на её зажимах, А;  $t_{XP}$  – продолжительность разряда АКБ, ч.

В зависимости от типа АКБ значение нормируемого тока разряда  $I_{HP}$  (А·ч) устанавливается согласно паспортным данным равным либо  $I_{HP} = 0,05 \cdot Q_H$  (20-ти часовой разряд) либо  $I_{HP} = 0,1 \cdot Q_H$  (10-ти часовой разряд), где  $Q_H$  – паспортная ёмкость АКБ (А·ч). При этом, в качестве нагрузки АКБ, чаще всего, принимается резистивный нагрузочный модуль [3]. В простейшем виде это резистор или реостат, значение сопротивления которых  $R$  (Ом), рассеиваемая мощность  $P$  (Вт) и расход электроэнергии  $A$  (Вт·ч) рассчитываются по формулам:

$$R = U_H / I_{HP}, \quad (2) \quad P = U_H \cdot I_{HP}, \quad (3) \quad A = P \cdot t_{XP}, \quad (4)$$

Например, при контрольном разряде тяговой АКБ типа 40x3PzS 320 номинальной ёмкостью 320 А·ч и номинальным напряжением 80 В согласно (2) - (4) при разряде током 20-ти часового режима получим соответственно  $R = 5$  Ом,  $P = 1280$  Вт и  $A = 25600$  Вт·ч. При разряде этой АКБ током 10-ти часового режима эти значения будут  $R = 2,5$  Ом,  $P = 2560$  Вт,  $A = 25600$  Вт·ч. Нетрудно установить, что в обоих случаях значения безвозвратно потерянной энергии при разряде АКБ на резистивную нагрузку равны  $A = 25,6$  кВт·ч и полностью определяется накопленной перед разрядом энергией АКБ.

В связи с этим, возникает задача экономии электроэнергии и материальных ресурсов при реализации контрольного разряда энергоёмких АКБ на нагрузку с целью определения её пригодности к дальнейшей эксплуатации. Отмеченный контрольный разряд АКБ на резистивную нагрузку допустим, прежде всего, для мало энергоёмких АКБ. Для АКБ повышенной энергоёмкости экономически целесообразно в режиме контрольного разряда рекуперировать (преобразовать) электрическую энергии постоянного тока АКБ в электроэнергию переменного тока питающей сети. Доступно подобное решение реализуется в разрядной установке на основе вентильно-конденсаторного преобразователя [4], рис.1.

Установка рис.1 содержит блок накопительных конденсаторов изменяемой ёмкости  $C$ , подключённый к первичной обмотке повышающего сетевого трансформатора  $T2$  и точкой соединения анода  $VD3$  с катодом  $VD4$ . Тестируемая аккумуляторная батарея  $GB$  подключается через



разъёмы X1 и X2 к общей точке катода VD3 и анода VD4 и через измерительный амперметр PA с анодом последовательно соединённых тиристоров VS1 и VS2. Коммутацию тиристоров VS1 и VS2 осуществляет синхронизированный с питающей сетью вспомогательный трансформатор T1 с диодами VD1 и VD2 в его вторичной обмотке со средней точкой. Значение тока разряда АКБ устанавливается значением ёмкости батареи конденсаторов C и контролируется амперметром PA. При снижении напряжения АКБ до допустимого значения срабатывает реле KV минимального напряжения, отключается трансформатор T1 цепи управления тиристорами VS1 и VS2, установка отключается.

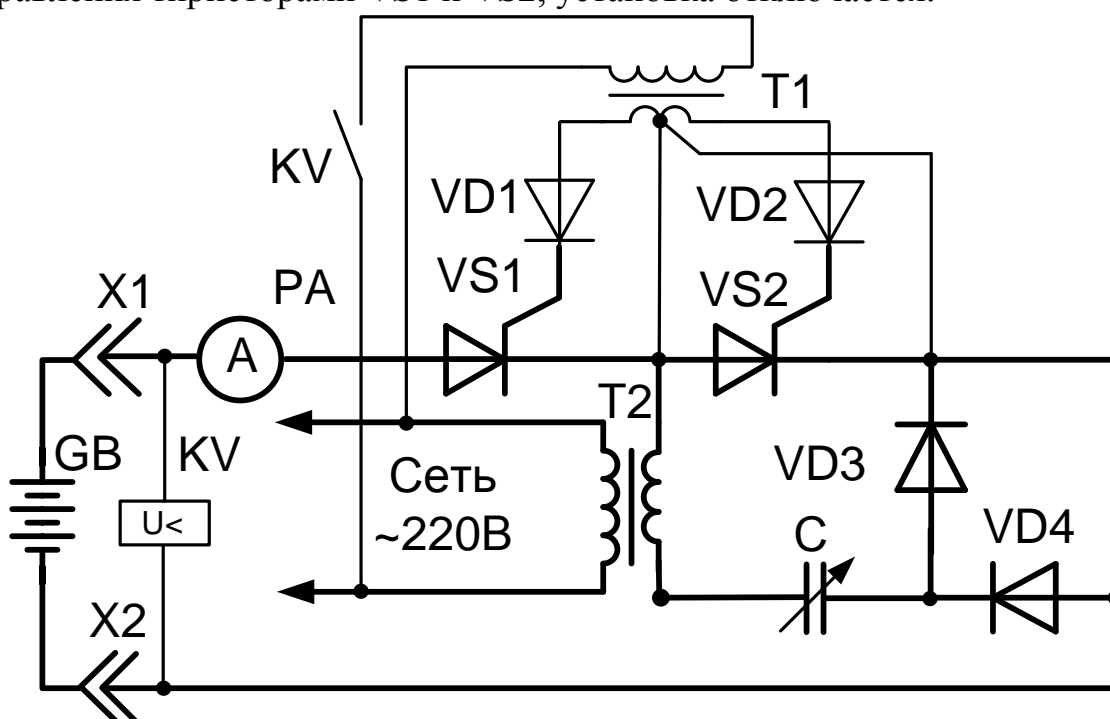


Рис.1. Электрическая схема установки рекуперативного тестирования АКБ на отдаваемую ёмкость

Работу разрядной установки рис.1 дополнительно поясняют её временные диаграммы, представленные на рис. 2.

При положительной полуволне синусоиды сетевого напряжения через диод VD1 положительным напряжением управления включается тиристор VS1. По цепи от плюса тестируемой АКБ GB через тиристор VS1, через первичную обмотку трансформатора T2 и батарею конденсаторов C, через диод VD3 и затем к минусу АКБ GB образуется цепь тока заряда конденсатора C до максимального значения синусоиды сетевого напряжения. При дальнейшем снижении сетевого напряжения протекание тока заряда конденсатора C прекращается. Тиристор VS1 закрывается.

При отрицательной полуволне синусоиды сетевого напряжения открывается тиристор VS2 и конденсатор C разряжается в обратном направлении через первичную обмотку сетевого трансформатора T2,

открытый тиристор VS2 и диод VD4. Затем процесс заряда-разряда конденсатора  $C$  повторяется и энергия тестируемой АКБ GB рекуперируется в сеть переменного тока до срабатывания реле KV минимального напряжения.

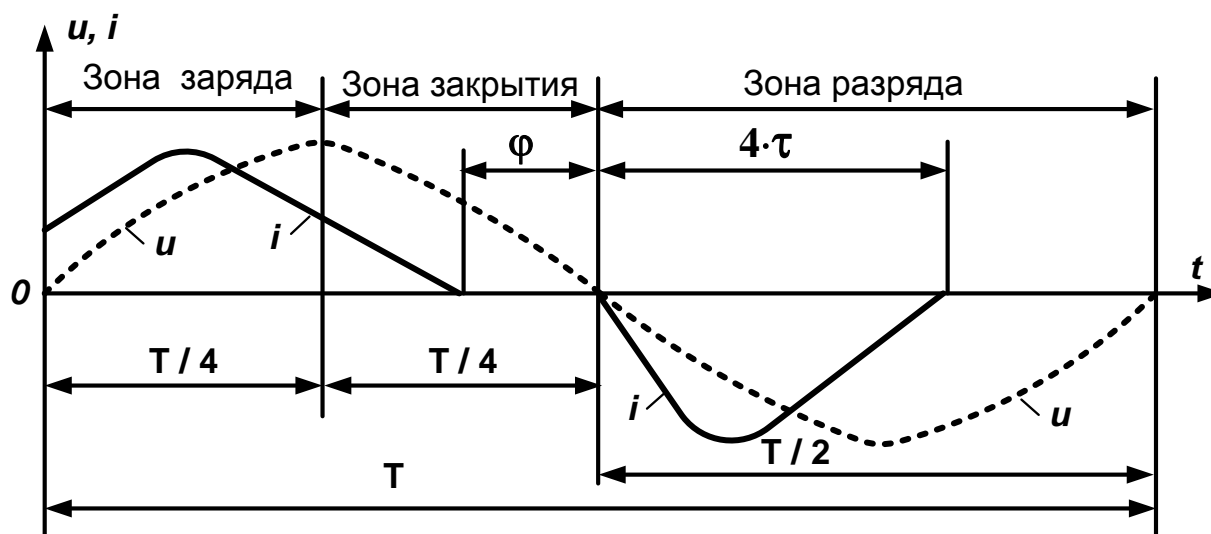


Рис.2. Временные диаграммы токов и напряжений разрядной установки

При коротком замыкании входов X1 и X2 ток разрядной установки максимален и практически определяется значением сопротивления накопительной ёмкости «С» и напряжением питающей сети. Исходя из этого, по закону Ома можно определить максимально возможное значение относительного тока (А/мкФ):

$$I_c = \frac{U}{X_c} = U \cdot \omega \cdot C \cdot 10^{-6} = 220 \cdot 314 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,069, \frac{\text{А}}{\text{мкФ}} \quad (5)$$

### Выводы

1. Анализ способов контрольного разряда аккумуляторных батарей (АКБ) с целью определения их фактической ёмкости показал, что наиболее перспективным для энергоёмких АКБ является способ с рекуперацией энергии батареи в энергию сети переменного тока.

2. На основе вентильно-конденсаторного преобразователя предложена установка для рекуперативного разряда энергоёмких АКБ на питающую сеть переменного тока при контрольном тестировании состояния АКБ.

### Литература:

1. Курзуков Н.И. Аккумуляторные батареи. Краткий справочник / Н.И. Курзуков, В.М. Ягнятинский. М.: ООО «Книжное издательство «ЗА рулем» 2006. 88 с.
2. Шичков Л.П., Людин В.Б. Электротехнологические установки заряда аккумуляторов. М.: РГАЗУ, 2003. 88 с.
3. [https://batteryservice.ru/download/CONBAT\\_VST\\_Manual\\_v7\\_0\\_RU.pdf?ysclid=11kqzmwp2d](https://batteryservice.ru/download/CONBAT_VST_Manual_v7_0_RU.pdf?ysclid=11kqzmwp2d)
4. Пат. 2601439 Российская Федерация, МПК H02J 7/00. Преобразователь для заряда и разряда аккумуляторных батарей [Текст] / Шичков Л.П., Людин В.Б., Мохова



О.П.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет» (RU). 22015111539/07; заявл. 30.03.2015; опубл.10.11.2016, Бюл. № 31. 8 с.: ил.

УДК 620.93; 631.674; 502/504

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОФОТОВОЛЬТАИКИ В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА**

**Надиров Н.А.**, к.т.н., доц. кафедры сельскохозяйственной техники Азербайджанского Государственного Аграрного Университета, e-mail: nadirovnazim@gmail.com

**Байрамова А.С.**, ассистент кафедры сельскохозяйственной техники Азербайджанского Государственного Аграрного Университета, e-mail: ayselkva97@gmail.com

**Алиев Дж.Дж.**, магистрант кафедры сельскохозяйственной техники Азербайджанского Государственного Аграрного Университета, e-mail: calal\_98@inbox.ru

*Растущее население планеты, специфика их размещение, политическая обстановка в мире, повсеместная индустриализация, урбанизация и экономический рост являются ключевыми факторами увеличивающегося спроса на энергию, воду и продукты питания. Все три ресурса неразрывно связаны между собой и требуют комплексного подхода в решении проблем обеспечения их доступности и безопасности.*

*В статье рассмотрено применения технологии агрофотовольтаики, т.е. симбиоз солнечной энергетики и сельского хозяйства, являющейся перспективным направлением решения этих проблем.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: продукты питания, водные ресурсы, солнечная энергия, агрофотовольтаика.*

Спрос на энергию в сельском хозяйстве значительно увеличился для удовлетворения потребностей растущего населения и увеличения спроса на продукты питания, для которых не только уже имеющиеся источники энергии недостаточны и истощены, потому что их запасы приближаются к истощению.

Дефицит водного ресурса или его плохое качество также отрицательно сказываются на продовольственной безопасности. Более того, значительные объемы воды необходимы практически для всех процессов выработки энергии. Наряду с этим, водное хозяйство нуждается в электричестве – для получения, очистки и передачи воды. Таким образом, вопросы доступности продовольствия, наличия воды и обеспечения энергией неразрывно связаны друг с другом, и их связь должна быть устойчивой и безопасной для гарантии стабильного развития человечества.

По данным аналитического центра Global Footprint Network 22 августа 2020 года человечество исчерпало годовой запас возобновляемых ресурсов на Земле. Под ресурсами исследователи имеют в виду пищу, энергию, пространство, а также все, что требуется для поглощения углекислого газа и выработки кислорода. Сейчас человечество использует на 60% ресурсов больше, чем может быть возобновлено [1].

Исходя из этого, ученые настойчиво призывают пересмотреть системы производства энергии, а также продовольствия и водоснабжения.

Поэтому, наряду с другими аспектами развития в области сельского хозяйства, область исследований и освоения новых энерго и ресурсосберегающих технологий, в первую очередь агрофотовольтаики, также находится в центре внимания агроисследователей.

С этой целью берется два возможных варианта использования земельного участка – либо выращивание сельскохозяйственных культур, либо установка солнечных модулей. Затем эти виды деятельности совмещаются с помощью использования специальных монтажных конструкций для установки солнечных модулей, позволяющих работать сельскохозяйственной техникой. В результате земля дает два урожая: солнечной энергии и сельхозпродукции.

Ученые из Университетов США, Германии, Японии, Китая и др. стран многочисленными исследованиями доказали, что для засушливых регионов эта технология является весьма востребованным. Комбинация производства солнечной энергии и сельского хозяйства предлагает не только решение проблемы недостатка свободной земли для фотоэлектрических проектов в густонаселенных странах, таких как Азербайджан, но также может способствовать повышению урожайности некоторых видов сельскохозяйственных культур [2].

Отмечается, что рассеянные, перемещающиеся тени, которые отбрасывают фотоэлектрические панели в сельскохозяйственных системах, могут положительно сказываться на урожаях. Тень, обеспечиваемая фотоэлектрическими панелями, привела к более низким дневным температурам и более теплым ночным температурам по сравнению с традиционной системой посадки под открытым небом. Также отмечался более низкий дефицит давления пара, что означает в воздухе было больше влаги.

Для оценки перспектив использования агрофотовольтаики в условиях Азербайджана следует анализировать энергетические, земельные и водные ресурсы республики.

Азербайджан по своим масштабам располагает значительными запасами энергетических ресурсов и мощным топливно-энергетическим комплексом, который является базой развития экономики. Несмотря на то, что Азербайджан занимает по запасам нефти и природного газа

соответственно 19-е (0,4% мировых запасов) и 15-е (1,1 % мировых запасов) место в мире, он является крупным экспортером этих ресурсов. На сегодняшний день утвержденные потенциалы углеводородных ресурсов страны оцениваются в 1,1 млрд. тонн нефти, 2,6 трлн. куб метр газа [3-6].

Настоящее время Азербайджан обеспечил свою энергетическую безопасность, но для долгосрочного стабильного обеспечения экономики и населения страны всеми видами энергии проводится энергетическая политика по эффективному использованию возобновляемых и традиционных энергетических ресурсов.

Использование возобновляемых источников энергии является безальтернативным на фоне истощения традиционных видов топлива. Так, если в 2010 году в Азербайджане добыча нефти составляла 50838 тыс.т, то в 2020 году она упала до 31000 тыс.т. Исходя из этого, Азербайджан нацелен на увеличение доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общей производственной мощности в Азербайджане с 17 до 24 процентов в 2025-м и 30 процентов - в 2030 году.

В настоящее время в Азербайджане потенциал генерирующих мощностей возобновляемых источников энергии составляет 26,94 тыс. МВт. Из них потенциал ветровой электроэнергии оценивается в 3 тыс. МВт, солнечной - 23,04 тыс. МВт, биоэнергии - 380 МВт, горных рек - 520 МВт [7].

Состояние земельных ресурсов, как в мире, так и в Азербайджане весьма сложное. В мировом масштабе сельскохозяйственном обороте находится порядка 4750 млн. га земли для нужд растениеводства и животноводства. Площади под временными и постоянными культурами составляют более 1500 млн. га, а земли, постоянно используемые в качестве лугопастбищных угодий, занимают почти 3300 млн. га. В целом площадь сельскохозяйственных угодий по сравнению с 2000 годом почти не изменилась, но площади под постоянными и орошаемыми культурами увеличились, а под постоянными лугопастбищными угодьями значительно сократилась. Быстрый рост в городских районах вытеснил все виды сельскохозяйственного землепользования.

Площадь территории Азербайджанской Республики составляет 86,6 тыс. км<sup>2</sup> (8 660 000 гектар), а численность населения страны 10, 16 млн. человек. Это подтверждает, что страна является одной из самой густонаселенной в мире (рис. 1).



Рис. 1. Плотность населения по странам

Площадь страны включает площадь под внутренними водоемами, но за исключением морских территориальных вод. Сельскохозяйственная земля составляет 57,8%, а посевные площади 25,4 % от земельной площади [8].

Посевная площадь на душу населения составляет 0,17 га в расчете на душу населения (рис. 2).

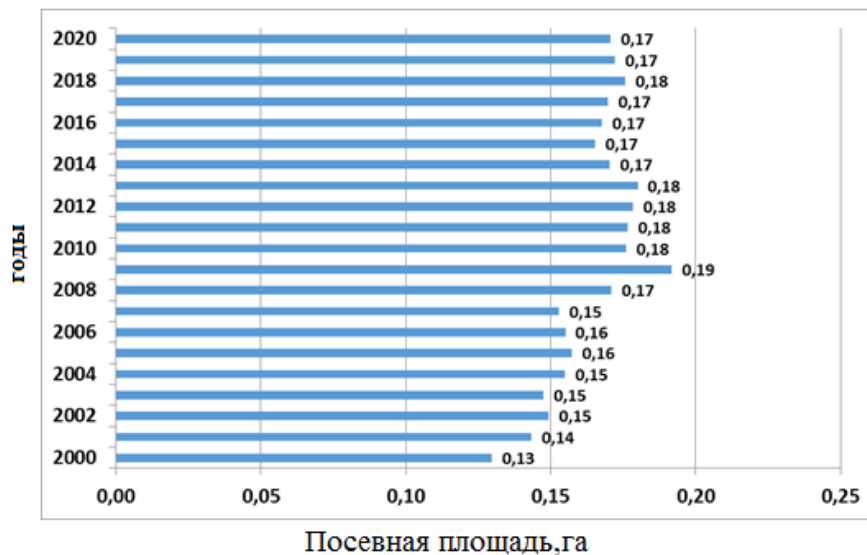


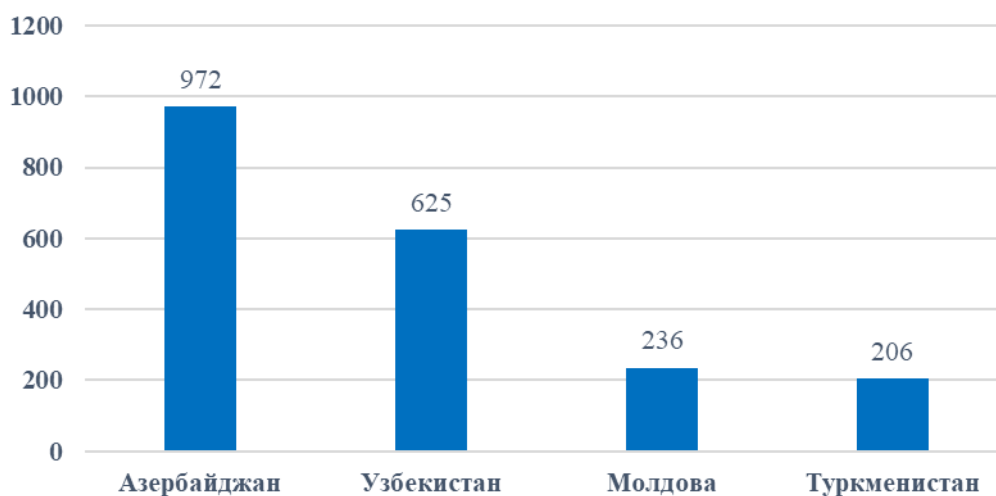
Рис. 2. Посевная площадь на душу населения, га/чел

Что касается состояния водных ресурсов, то, по данным Организации Объединенных Наций, рост потребления пресной воды, вызванный увеличением численности населения и его миграцией, а также последствиями изменений климата, ведет к растущей нехватке этих

ресурсов. Каждые три года Всемирная программа ООН по оценке водных ресурсов (WWAP) публикует Всемирный доклад ООН, представляющий самую полную оценку состояния пресноводных ресурсов в мире. Каждый год нам требуется на 64 миллиона кубометров воды больше. К 2050 году на Земле будут жить почти десять миллиардов человек, причем прирост населения будет приходиться, в основном, на развивающиеся страны, где уже сейчас не хватает воды. В 2030 г. половина мирового населения будет жить под угрозой водного дефицита. К 2025 году нам не будет хватать воды в десять раз больше: до двух триллионов кубометров в год.

По оценке Института мировых ресурсов, за последний год, самыми необеспеченными водой странами мира были 13 государств, среди которых 4 республики бывшего СССР – Туркмения, Молдова, Узбекистан и Азербайджан.

К 2050 году необходимо будет произвести на 60 процентов (а в развивающихся странах на 100 процентов) больше продовольствия, чтобы прокормить растущее население мира. Сельское хозяйство, по-прежнему, будет крупнейшим потребителем воды: во многих странах на него приходится примерно две трети и более воды, поступающей из рек, озер и водоносных горизонтов.



*Рис. 3. Наименьшие водные ресурсы стран СНГ*

В заключении можно констатировать, что системы земельных и водных ресурсов с трудом удовлетворяют потребности все более сложной глобальной продовольственной системы, что обусловлено постоянным ростом населения. Возможностей для расширения площади продуктивных земель практически не осталось, при этом 98% мирового производства пищевой энергии находится на суше. Для того чтобы эти системы могли функционировать и дальше, необходимо обеспечить их экологическую целостность. Нынешние модели интенсификации сельского хозяйства оказались неустойчивыми. Высокая интенсивность земле- и

водопользования до предела истощают продуктивную способность систем земельных и водных ресурсов. Применение технологии агрофотовольтаики способствует в значительной степени решать вышеуказанных проблем.

Высокий потенциал солнечной энергии, ограниченность земельных и водных ресурсов, а также весьма тревожное состояние плотности населения Азербайджанской Республики подтверждает, что использование агрофотовольтаики в настоящее время является самым перспективным направлением для решения продовольственных проблем.

#### Литература:

1. <https://www.footprintnetwork.org/>
2. <https://powergreen.pro/novosti/79-solnechnaya-energiya-v-selskom-khozyajstv>
3. BP Plc, BP Statistical Review of World Energy 2019
4. <http://interfax.az/view/839480>
5. <https://az.sputniknews.ru/20211001/opek-povysila-otsenku-zapasov-prirodnogo-gaza-v-azerbaydzhane-433798301.html>
6. [https://moscow-baku.ru/news/economy/fitch-ratings\\_i\\_bp\\_zapasov\\_gaza\\_v\\_azerbaydzhane](https://moscow-baku.ru/news/economy/fitch-ratings_i_bp_zapasov_gaza_v_azerbaydzhane)
7. <https://www.trend.az/business/energy/3530171.html>
8. [https://knoema.ru/atlas/Азербайджан/topics/Земельные\\_ресурсы\\_/\\_Площадь\\_/\\_Площадь-территории-страны](https://knoema.ru/atlas/Азербайджан/topics/Земельные_ресурсы_/_Площадь_/_Площадь-территории-страны)

УДК 62.311

## КОНТРОЛЬ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ В КОНТЕКСТЕ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

**Бакаев И.С.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: igorbacaev@gmail.com

**Лашкул В.Ф.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: fuor@mail.ru

**Липа Д.А.**, старший преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: dlipa@list.ru

*Рассмотрены последствия перегрузки воздушных линий электропередачи предельно-допустимыми токовыми нагрузками. Проведен анализ недостатков применяемого в Московских высоковольтных сетях способа контроля предельно-допустимой пропускной способности. Сформулированы задачи по снижению рисков технологических нарушений, связанных с перегрузкой проводов воздушных линий, и предложены способы их решения.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** воздушная линия электропередачи, повреждаемость проводов, контроль пропускной способности.

В настоящее время большая часть высоковольтных воздушных линий (далее – ВЛ) электропередачи (до 65%) Московского региона не соответствует требованиям действующих нормативных документов [1]. Отступление от первоначальных технических параметров приводит к резкому снижению пропускной способности ВЛ, что, в свою очередь, влечет за собой ограничение токовых нагрузок, потерю передаваемой мощности по проводам ВЛ. Все это способствует увеличению количества технологических нарушений и отрицательно сказывается на надежности электроснабжения потребителей. [2]

Факторы, отрицательно влияющие на работу ВЛ (атмосферные влияния, воздействие третьих лиц, ошибки монтажа, проектирования и эксплуатации), приводят к ослаблению механической прочности проводов, опор, изоляторов, коррозии и поломке деталей опор, обрывам проводов [2]. Так, например, к ошибкам эксплуатации можно отнести повреждение проводов ВЛ от несоблюдения пропускной способности, связанной с отсутствием контроля за нагрузкой, пропускаемой по ВЛ, которая часто выше предельно-допустимых значений. В результате этого могут возникать аварийные ситуации с отключением ВЛ, что может привести к веерному отключению линий, а затем - питающих центров и вызвать обесточивание энергосистемы.

Интерес к контролю пропускной способности впервые появился в связи с аварией в Московской энергосистеме в 2005 г., когда из-за пожара на ПС «Чагино» были отключены 12 ВЛ напряжением 110-220 кВ. Автоматика стала переводить нагрузки на смежных питающие центры, в результате чего от перегрузки начали повреждаться и отключаться соседние линии, что привело к веерному отключению электроэнергетики практически во всем Московском регионе. Подобная ситуация произошла на юге России в 2006 г. с обесточением большой территории из-за повышенной температуры воздуха и отсутствия контроля за пропускной способностью электрических сетей.

Сейчас вопросы по перегрузки физически устаревших ЛЭП предельно-допустимыми токовыми величинами остро стоят перед энергетиками Московского региона. Темпы строительства, реконструкции и модернизации линейных объектов сильно отстают от быстро растущей потребности в электроэнергии у товаропроизводителей и бытового сектора экономики. Так, в Московских высоковольтных сетях перегрузкам подвергаются в основном трансформаторы 220/110/10 кВ, а загрузка отдельных линий электропередачи на сегодняшний день чуть дотягивает до 50% от предельно-допустимой, что еще дополнительно позволяет нагружать воздушные линии 110-220 кВ. Однако дополнительные нагрузки на проводах ВЛ необходимо постоянно контролировать, чтобы не допустить их термическое повреждение, что в последствии будет сопровождаться дорогостоящим ремонтом, связанным заменой проводов.

Для контроля за нагрузкой, пропускаемой по ВЛ, необходимо иметь систему автоматического мониторинга температуры проводов при различных атмосферных условиях, способную определять токовую нагрузку, а при необходимости, связанной с недопустимой перегрузкой линий (в том числе в аварийных условиях) автоматически выполнять мероприятия по разгрузке этой и других оставшихся в работе ВЛ [3]. К сожалению, в ПАО «МОЭСК» отсутствуют такие автоматические системы мониторинга температуры проводов ВЛ.

Для контроля предельно-допустимой пропускной способности в Московских высоковольтных сетях существуют регламентные расчетные значения максимально-допустимыми токов по линиям электропередачи (далее – ЛЭП) и шинам подстанции (далее – ПС) с ограничениями по ослабленным местам (сечение кабеля, шины ПС, ВЛ), но отсутствует контроль за натуральной нагрузкой на линиях. У диспетчера сетей отсутствует электронная система контроля величины нагрузки на ЛЭП, что не позволяет ему отслеживать увеличение нагрузки до предельно-допустимого предела и принять меры для ее снижения по истечению разрешенного времени перегрузки. В итоге это приводит к аварийному перегоранию проводов в местах их соединения.

Как показывает анализ аварийности ЛЭП, на первом месте по повреждаемости стоят провода (61% от общего числа аварий), грозотросы (5%), изоляция (18%), что в совокупности составляет 84% от общего количества аварийных ситуаций (рис. 1). В большей части повреждаются линии со сроком эксплуатации 40 лет и более.

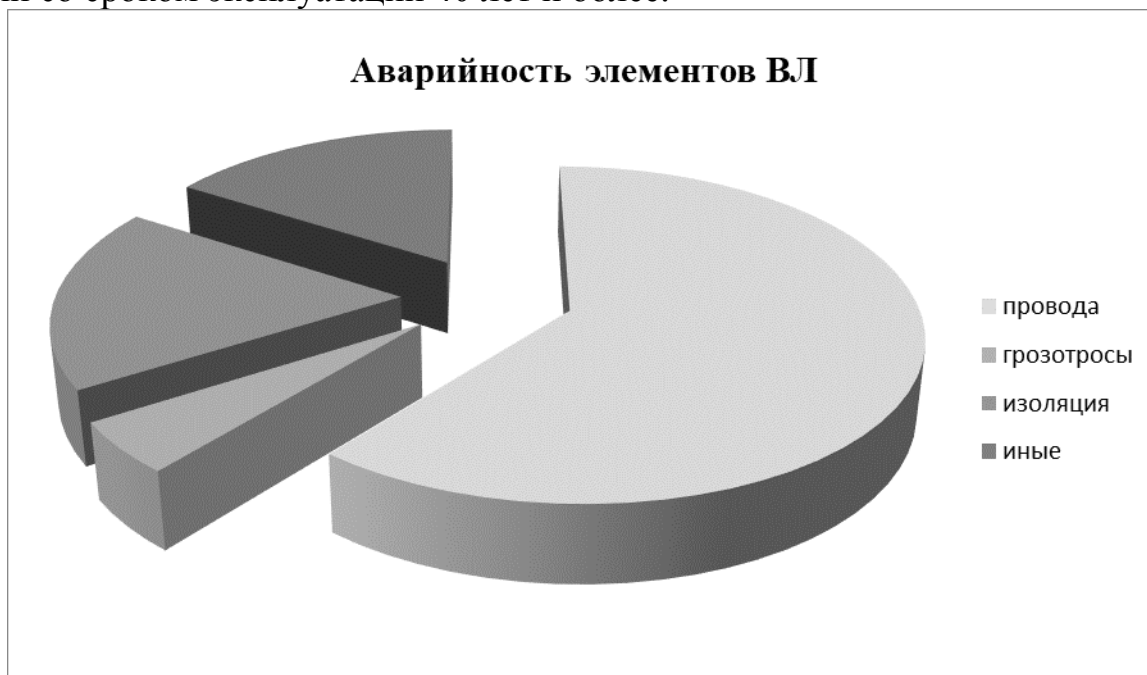


Рис. 1. Повреждаемость элементов ЛЭП вследствие перегрузки



Высокий процент повреждений проводов ВЛ происходит от неконтролируемой периодической перегрузки. Существующий в электрических сетях способ контроля по расчетным предельно-допустимым значениям силы тока с коэффициентами изменения температуры окружающей среды [3], в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» [4] эффективен только на ВЛ, имеющих хорошее техническое состояние.

Следует отметить, что этот способ контроля имеет ряд недостатков. Во-первых, данным способом контроля невозможно использовать имеющиеся резервы в пропускной способности ВЛ с нормальным техническим состоянием. Во-вторых, для линий, имеющих длительный срок эксплуатации, даже нормативные расчетные нагрузочные данные могут привести к серьезным аварийным ситуациям.

Для повышения пропускной способности ВЛ необходимо решить следующие задачи, которые позволят не только избежать повреждения ВЛ, но и более полно и качественно загружать провода линии:

- 1) необходимо определить предельно-допустимую температуру провода ВЛ в зависимости от его технического состояния;
- 2) осуществлять постоянный контроль за температурой провода в зависимости от пропускаемой нагрузки и температуры воздуха;
- 3) обеспечить управление режимами работы ВЛ с целью недопущения аварийной перегрузки провода.

Для решения этих задач существуют два способа: *косвенный (расчетный)* и *непосредственный (прямой)* [3]. В настоящее время косвенным способом частично пользуются сетевые организации. Этот способ позволяет расчетным путем определить предельно-допустимые токи, а оперативному персоналу на ПС следить по приборам, чтобы нагрузка не превышала расчетную. Однако косвенный способ контроля не дает возможности определить реальную и предельно-допустимую загрузку проводов в зависимости от их технического состояния.

Что касается непосредственного способа, то он заключается в установке на провода контролируемых ВЛ специальных датчиков температуры, которые в реальном времени показывают ток в сети, температуру провода, влажность воздуха. Все эти данные передаются по телеканалу оперативному персоналу для управления режимами на ВЛ.

Таким образом, для снижения рисков технологических нарушений, связанных с перегрузкой проводов ВЛ, необходимо располагать точными данными об их фактическом техническом состоянии. Для этого необходимо переходить к управлению нагрузочными режимами работы ВЛ в текущем времени в зависимости от величины пропускаемого тока по проводам и температуры окружающего воздуха.

### Литература:

1. Липа Д.А., Дворцов А.В., Дворцова В.А. Анализ показателей финансово-хозяйственной деятельности ПАО «Россети» в 2017-2020 годах // Вестник РГАЗУ: науч. журнал. 2021. №37 (42). С. 60-65.
2. Липа О.А., Липа Д.А., Карев В.А. Оценка надежности воздушных линий электропередачи в Московской энергосистеме // Материалы международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающее энергетическое оборудование и машины для производства сельскохозяйственной продукции»: сб. трудов. Балашиха, 2018. С. 57-60.
3. РД 153-34.0-20.801-00. Инструкция по расследованию и учёту технологических нарушений в работе энергосистем, электростанций и котельных, электрических и тепловых сетей. М.: ЗАО «Энергосервис», 2001.
4. Правила устройства электроустановок. М.: Норматика, 2014.

УДК 62.311

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

**Липа О.А.**, доцент, к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: okslipa@yandex.ru

**Липа Д.А.**, старший преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнических систем

**Владимирцев Д.Е.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем

*Рассмотрены причины формирования и этапы развития технологических нарушений в воздушных линиях электропередачи. Проведен анализ эффективности системы управления рисками технологических нарушений на повышение надежности воздушных линий электропередачи.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: воздушная линия электропередачи, технологические нарушения, управление рисками, повышение надежности.*

Воздушная линия электропередачи (далее - ВЛЭП) является основным звеном энергосистемы и обеспечивает передачу электрической энергии от электростанций к потребителям. Она представляет собой сложный конструктивный комплекс, который работает как пространственная сетевая система и состоит из проводов и вспомогательных устройств. В свою очередь каждый конструктивный элемент ВЛЭП состоит из более мелких составляющих и подвергается воздействию негативных факторов, приводящих к технологическим нарушениям (авариям) [1].

Любое технологическое нарушение (далее – ТН) как физическое явление развивается поэтапно:

- 1) возникновение факторов воздействия на ВЛ;
- 2) проявление факторов воздействия (возникновение причины

технологического нарушения);

3) развитие причины технологического нарушения.

В ПАО «Россети» разработан и действует порядок управления рисками ТН на ВЛЭП, в котором расписаны поочередные действия персонала, обслуживающего ВЛЭП, направленные на снижение влияния негативных факторов и повышение надежности работы данных линий, а именно:

- 1) идентификация ТН,
- 2) анализ ТН,
- 3) группировка негативных факторов,
- 4) оценка групп развития ТН,
- 5) синтез решений,
- 6) практическая реализация решений.

Согласно перечисленным в систематизации мероприятий обслуживающим персоналом решаются вопросы по снижению или предотвращению ТН в работе ВЛЭП. При этом негативные факторы, нарушающие нормальную работу ВЛЭП, объединяют в группы, оценивают их влияние и принимают решения по их устранению, что способствует повышению надежности работы ВЛЭП в перспективе [2].

*Идентификация рисков* ТН на ВЛЭП решает важную задачу выявления так называемых «узких мест». На основании проведенного авторами статьи анализа технологических нарушений  $R_{\text{ВЛЭП}}$  на ВЛЭП, возникающих в ПАО «Россети. Центр и Приволжье», были идентифицированы, проанализированы и сгруппированы следующие факторы негативных воздействий:

$$R_{\text{ВЛЭП}} = 1 - (R_{\text{атм}} + R_{\text{пост}} + R_{\text{фф}} + R_{\text{экспл}}), \quad (1)$$

где  $R_{\text{атм}}$  - атмосферные воздействия на элементы ВЛЭП (грозовые явления, ветер, осадки и пр.);

$R_{\text{пост}}$  - воздействия третьих лиц (перекрытие проводов крупногабаритными механизмами и машинами, наезд на опоры, набросы и пр.);

$R_{\text{фф}}$  – разнообразные воздействия флоры и фауны (перекрытие проводов птицами и животными, стволами упавших деревьев и пр.);

$R_{\text{экспл}}$  - воздействия, обусловленные эксплуатационными ошибками и дефектами элементов ВЛЭП (дефекты конструкций, износ элементов ВЛЭП, ошибки проектирования, изготовления, монтажа, строительства, проведения ремонтных работ и пр.).

Проведенный таким образом *анализ состояния* и условий эксплуатации ВЛЭП позволит:

1) определить комплекс организационных и технических мероприятий по устранению последствий аварийных ситуаций и разработать рекомендации по повышению надежности ВЛЭП [3];

2) создать исходную базу для проведения дальнейшего анализа ТН.

Надежность ВЛЭП может быть охарактеризована комплексом показателей надежности, включающим показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и экономические показатели [2]. Их оценка базируется на сборе и обработке данных по ТН. Как показывает практика, эксплуатация ВЛЭП представляет собой наиболее информативный вид испытаний на надежность, так как при этом элементы ВЛЭП подвергаются такому широкому спектру внешних воздействий, режимов работы и обслуживания, которые невозможно смоделировать.

Эксплуатационная информация обрабатывается с целью:

- исключения повторных ТН;
- определения причин ТН и вызванного ими ущерба, а также устранения этих причин;
- совершенствования технического обслуживания и ремонта ВЛЭП;
- выявления элементов ВЛЭП, влияющих на снижение надежности [3];
- определения научно обоснованных требований к надежности ВЛЭП на основе изучения причин ТН и степени технического риска для действующих ВЛЭП и др.

Следующим этапом управления рисками возникновения ТН является *синтез* аварийных отключений ВЛЭП. Его проведение направлено на дальнейшее выявление и устранение подобных дефектов на конкретной ВЛЭП. И, как показывает практика, он является единственно возможным методом повышения показателей надежности действующих ВЛЭП в ПАО «Россети. Центр и Приволжье».

На основе анализа и синтеза ТН *вырабатываются решения* по их предупреждению или устранению, практическая *реализация* которых позволит повысить надежность ВЛЭП [3], что, по сути, и является конечной целью системы управления рисками ТН на ВЛЭП.

#### **Литература:**

1. Свешников В.И. Надежность электроэнергетических систем при аварийном понижении частоты и напряжения. М.: Энергоатомиздат, 2004.
2. Гук Ю.Б. Анализ надежности электроэнергетических установок. Ленинград: Энергоатомиздат, 1988.
3. Липа О.А., Липа Д.А., Карев В.А. Оценка надежности воздушных линий электропередачи в Московской энергосистеме // Материалы международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающее энергетическое оборудование и машины для производства сельскохозяйственной продукции»: сб. трудов. Балашиха, 2018. С. 57-60

## **ПРЕДПОСЫЛКИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ» НА СЕЛЕ**

**Сухорада В.А.**, студент факультета электроэнергетики и технического сервиса, e-mail: vitalysukhorada@icloud.com

**Липа О.А.**, доцент, к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: okslipa@yandex.ru

**Краснослободцева Е.В.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: Evgeniakras460@mail.ru тел.: 8(915) 367-19 -16

*Рассмотрены предпосылки создания, структура и функциональные возможности системы «Умный дом». Проведена оценка эффективности внедрения данной системы применительно к сельскому жилому дому.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интеллектуальные системы умный дом, повышение энергоэффективности*

Современный уровень развития техники и технологий является основой внедрения автоматических и автоматизированных систем управления во всех сферах. Это позволяет создавать интеллектуальные сети и системы, способные принимать решения в рамках поставленных задач и функциональных возможностей программно-технических комплексов, входящих в их состав.

В настоящее время интеллектуальные системы постепенно переходят из области высокотехнологичного производства промышленной продукции в смежные отрасли отечественной экономики, включая электроэнергетику, агропромышленный комплекс, жилищно-коммунальное хозяйство, бытовой сектор. Так, например, при строительстве современных многоэтажных зданий системы автоматизации и управления оборудованием жизнеобеспечения занимают ключевое место, обеспечивая взаимосвязь всего инженерного оборудования [1]. В исследованиях ряда авторов показана устойчивая тенденция к возрастанию доли систем автоматизации в общем объеме строительно-монтажных работ, в том числе и общей стоимости объектов [2].

Посредством систем автоматизации и управления жизнеобеспечением постепенно формируется база по созданию новых сервисов для пользователей в рамках интеллектуального здания, что делает данный объект более привлекательным с потребительской точки зрения вследствие снижения страховых рисков и эксплуатационных расходов. А широкое внедрение энергосберегающих технологий и алгоритмов управления, которыми обеспечиваются современные системы автоматизации зданий, позволили создать программно-технический продукт, известный под

названием «умный дом».

Рассмотрим, что представляет собой типовой умный дом применительно к жилому сельскому дому или городской квартире. Как правило, это интеллектуальная система, состоящая из электрифицированного инженерного оборудования и бытовых приборов, связанных линией управления. Такая организация системы позволяет одновременно управлять работой нескольких приборов с одного пульта управления (персонального компьютера, рабочей станции, смартфона и др.), в том числе и дистанционно. При этом, благодаря интеллектуальным датчикам, контроль и/или управление осветительным, отопительным, вентиляционным оборудованием, а также системой охранно-пожарной сигнализации можно осуществлять непрерывно и в автоматическом режиме. [1,3]

Установка системы «Умный дом» позволяет достичь не только высокого уровня комфорта, но и существенного снижения энергопотребления на бытовом уровне. В отсутствие жителей управляющее устройство переведет оборудование системы жизнеобеспечения (обогрева, вентиляции, освещения и пр.) в энергосберегающий режим, а в случае коммунальной аварии и несанкционированного доступа в жилище подаст сигнал тревоги владельцу дома или квартиры, перекроет подачу газа, воды, электричества, отключит неисправный прибор, заблокирует дверь и т.д. [3].

Следует отметить, что стоимость технического оборудования и программного обеспечения полноценной системы «Умный дом» до сих пор остается высокой, что существенно сдерживает темпы ее повсеместного внедрения [2]. Однако, на сегодняшний день в нашей стране существует возможность формировать данную систему с реализацией только необходимых компонентов и функций, что позволяет можно создавать интеллектуальные системы бытового жизнеобеспечения в стоимостном диапазоне, доступном широким слоям населения.

Авторами статьи была произведена технико-экономическая оценка внедрения гипотетического проекта «Умного дома» в среднестатистическом сельском доме жилой площадью 70 м<sup>2</sup>. Для организации такой системы рассматривались только средние и низкие по стоимости решения, а также оптимальный для сельских жителей набор функций (включение/выключение освещения, бытовой техники, отопления, горячего водоснабжения и др.). Минимальная суммарная стоимость данного проекта в ценах февраля текущего года составила 115 870 рублей. Срок окупаемости проекта был рассчитан с учётом ставки дисконтирования в 10%, а также повышения коммунальных тарифов на 15,5%. В данном случае он составил около 5 лет, что меньше нормативного срока.

Таким образом, установка системы «Умный дом» с оптимальным для жилого помещения набором функций является эффективным вложением

денежных средств и позволяет существенно снизить энергопотребление и расходы на эксплуатации и обслуживании инженерных систем дома (квартиры). При этом значительно повышается комфорт проживания и сокращаются временные затраты на управление бытовым оборудованием.

#### **Литература:**

1. Высокотехнологичные устройства на службе в вашем доме. – URL: <http://www.hitsec.ru/>
2. Умный дом: текущее состояние и прогноз развития. Маркетинговое исследование российского рынка: URL: <http://www.directinfo.net>
3. Марк Э.С. Практические советы и решения по созданию умного дома. М.: НТ Пресс. 2007.

УДК 62-5

### **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ НА БАЗЕ РОССИЙСКОГО ПРОТОКОЛА BUS77 КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДМИНИСТРАТИВНО-ОФИСНОГО ЗДАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ АПК**

**Мелков Е.В.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: [melkovev@yandex.ru](mailto:melkovev@yandex.ru)

**Попова М.В.**, к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: [A-040506@yandex.ru](mailto:A-040506@yandex.ru).

*Согласно данным, представленным правительством РФ, энергоёмкость экономики Российской Федерации с 2008 года по 2018 год снизилась на 9,3%. Основными факторами, которые обеспечили снижение энергоёмкости, стали уровень загрузки производственных мощностей и технологический фактор (рост энергоэффективности энергопотребляющего оборудования) [2].*

*На сегодняшний день в Российской Федерации имеется потенциал энергосбережения, достигающий 30% от текущего энергопотребления. В сфере энергосбережения потенциал текущего цикла структурных сдвигов в отношении снижения энергоёмкости в основном исчерпан, а технологическое сбережение сдерживается дефицитом инвестиций, невысокой эффективностью мер государственной политики по их мобилизации, недостаточной проработанностью нормативно-правовой базы, ограниченной мотивацией потребителей энергии к повышению энергоэффективности, высокими затратами на внедрение энергосберегающих инженерных решений, дефицитом квалифицированных специалистов в данной области, отсутствием качественного, современного, безопасного, приемлемого по цене российского оборудования и программного обеспечения для решения задач повышения энергоэффективности зданий посредством автоматизации инженерных систем (сейчас в этой сфере импортозависимость составляет 90%) [2].*

*Такое положение дел в области энергосбережения и повышения энергетической*

эффективности в нашей стране обуславливает актуальность исследования, результаты которого изложены в данной статье.

Настоящая публикация посвящена вопросам автоматизированного управления инженерными системами в целях повышения энергетической эффективности, уровня комфортности и безопасности при строительстве, реконструкции и эксплуатации административно-офисных зданий предприятий АПК. Приводятся основные нормативные и руководящие документы, проблемы и мероприятия в области энергосбережения и повышения энергоэффективности в РФ. Рассматривается перечень основных функций систем автоматизации, позволяющих присвоить зданию высший класс энергетической эффективности. Для реализации этих функций предлагается новый современный российский протокол BUS77, а также аппаратная и программная часть на базе данного протокола. Обосновывается технологическая и экономическая целесообразность использования протокола BUS77, соответствующего оборудования и программного обеспечения при построении системы автоматизации инженерных систем здания с целью снижения энергопотребления, в рамках реализации государственных программ повышения энергоэффективности, цифровой трансформации экономики и импортозамещения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** автоматизация инженерных систем, инженерные системы здания, энергосбережение, энергопотребление, энергоресурсы, энергоэффективность, класс энергоэффективности, протокол BUS77.

Одной из основных задач, поставленных Правительством РФ еще в 2009 году, является снижение энергоемкости российской экономики на 40% к 2035 году. Руководство страны считает основной задачей экономики энергетическую эффективность, и видит у нашей страны огромный потенциал в этой области. Его раскрытие должно, прежде всего, позволить сэкономить энергоресурсы, повысить производительность и конкурентоспособность промышленности и сельского хозяйства, снизить издержки энергетических компаний. Эти задачи будут решаться в комплексе, с применением мер государственного регулирования и стимулирующих мер. Для чего был разработан комплексный план мероприятий по повышению энергоэффективности. Для реализации этого плана предусматриваются дополнительные меры, в том числе типовые банковские продукты, облегчение доступа к энергосервисным контрактам, льготы, включая налоговые, и штрафные санкции за неисполнение соответствующих требований. По прогнозам до 2025 года повышение энергоэффективности должно составить как минимум 12%, а к 2030 году не менее 23% [6].

Ниже приводится перечень основных нормативно-правовых актов, руководящих и стратегических документов Российской Федерации в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности:

- **Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года**, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 года N 1523-р

- **Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о**



внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

- Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 321 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики».

- ГОСТ Р 54862-2011. Национальный стандарт РФ. Энергоэффективность зданий. Методы определения влияния автоматизации, управления и эксплуатации здания.

- ГОСТ Р 55060-2012 Национальный стандарт РФ. Системы управления зданий и сооружений автоматизированные. Термины и определения.

Здания занимают первое место по потреблению энергии (41%), опережая по этому показателю промышленность (31%) и транспорт (28%). До 85% энергопотребления в зданиях приходится на обогрев и охлаждение и около 15% энергопотребления - на освещение [8].

Степень энергоэффективности отдельного здания определяется путем ее сравнения с эталонными значениями. Она может быть задокументирована, например, в энергетическом паспорте здания. В каждой стране имеются нормативные требования, задающие эталонные величины энергоэффективности либо методы их расчета. Зданию по результатам энергетического обследования присваивается класс энергоэффективности, собственнику выдаётся соответствующий сертификат энергоэффективности.

Класс энергоэффективности здания показывает насколько эффективно здание расходует энергоресурсы в процессе эксплуатации. Существует семь основных классов. Класс обозначается латинскими буквами А, В, С, D, E, F, G (А - высший, G - низший). Получить высшие классы энергоэффективности без внедрения автоматизации не представляется возможным. На данный момент, автоматизация зданий - это самый эффективный способ энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Согласно ГОСТ Р 55060-2012 инженерные системы здания - системы здания, предназначенные для жизнеобеспечения, выполнения технологических процессов, поддержания комфортного микроклимата, энерго- и ресурсосбережения или обеспечения безопасности [4]. Наиболее интересными с точки зрения автоматизации и повышения энергетической эффективности административно-офисного предприятия АПК являются следующие инженерные системы:

- Горячее водоснабжение;
- Отопление;
- Охлаждение;
- Вентиляция;
- Кондиционирование;

- Освещение (внутреннее и наружное);
- Затенение и солнцезащита.

Функции систем автоматизации инженерных систем зданий выбираются по степени их влияния на эффективность здания [8]. Ниже представлен перечень наиболее продвинутых энергосберегающих функций систем автоматизации, позволяющих минимизировать энергопотребление и присвоить зданию наивысший класс энергоэффективности:

- Поддержание температуры в помещениях. Потенциал экономии 12%.
- Оптимизация времени включения/выключения. Потенциал экономии 7%.
- Оконный датчик открытия. Потенциал экономии 5%.
- Контроль спроса и предложения на обогрев. Потенциал экономии 10%.
- Взаимоблокировка режимов обогрева и охлаждения воздуха. Потенциал экономии 5%.
- Оптимизация затрат на охлаждение и освещение с помощью жалюзи. Общий потенциал экономии энергии на охлаждение и освещение 44%
- Регулируемый воздухообмен в помещениях с постоянно меняющимся количеством людей. Потенциал экономии 20 – 70%;
- Регулирование воздухообмена по датчику качества воздуха. Энергопотребление на 40% меньше, чем при работе по стандартной временной программе [8].

Внедрение вышеперечисленного функционала, по оценке авторов, и согласно заявлениям ряда разработчиков систем автоматизации инженерных систем, может снизить энергопотребление зданий до 30%. Помимо этого, сокращаются эксплуатационные расходы и уменьшаются выбросы CO<sub>2</sub>.

Полный перечень функций, присущих системам автоматизации, закреплен в ГОСТ Р 54862-2011[3].

В настоящее время существует четыре основные технологии автоматизированных систем управления инженерными системами здания: BACnet, KNX, LonWorks, Modbus.

Основные направления и меры реализации государственной политики в области научно-технологического развития и цифровой трансформации экономики ускорили процесс импортозамещения по ряду направлений, по которым зависимость от иностранных технологий, оборудования, материалов, программного обеспечения и услуг достигла критической отметки. Это относится к автоматизированным системам управления, цифровым системам передачи информации и в целом к IT-оборудованию в электроэнергетике [2].

Ряд новых инновационных отечественных технологий, продуктов и решений в области автоматизации зданий уже стали доступны для внедрения. Наиболее интересными и перспективными, по мнению авторов,

являются разработки компании IIRIDI (Общество с ограниченной ответственностью "Иридиум", г. Нижний Тагил). В мае 2022 года профессиональному сообществу была представлена «экосистема» на базе нового протокола BUS77, включающая в себя, как сам протокол, так и аппаратную часть (контроллеры, сенсоры, шлюзы, серверы), а также различное программное обеспечение для настройки и управления системой автоматизации зданий, визуализации и интеграции с другими протоколами и системами. По словам разработчиков на создание «экосистемы» ушло 9 лет.

Современный мир предъявляет зачастую противоречащие друг другу требования к протоколам автоматизации [7], но новый российский протокол BUS77 оказался способен их удовлетворить:

- высокоскоростной и надежный;
- централизованный и децентрализованный;
- простой и масштабируемый;
- легкорезализуемый и безопасный;
- современный и проверенный;
- российский и открытый;
- доступный по стоимости внедрения и сопровождения [7].

По мнению авторов, аппаратные и программные решения на базе протокола BUS77 закроют большую часть потребностей по автоматизации различных зданий и сооружений, в том числе административно-офисных зданий, с целью повышения их энергоэффективности, комфортности и безопасности. Затраты на внедрение и эксплуатацию системы автоматизации административно-офисного здания предприятия АПК, по оценке авторов, будут ниже более, чем в 2 раза, по сравнению с решениями на базе оборудования иностранных производителей.

Ниже представлены основные выводы исследования.

За последние десятилетия в нашей стране сформирована нормативно-правовая база в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, что уже позволило достичь значительного снижения энергоёмкости российской экономики, но потенциал снижения этого показателя ещё достаточно большой. Основную роль в раскрытии этого потенциала играет автоматизация инженерных систем зданий и сооружений.

Для достижения высокой энергетической эффективности административно-офисных зданий предприятий АПК тепловая и электрическая энергия должны расходоваться в минимальных объемах. Данную задачу можно решить, внедряя при строительстве, реконструкции или капитальном ремонте современные решения по автоматизации инженерных систем с применением отечественных разработок, таких как протокол BUS77 который соответствует самым современным требованиям, и во многом превосходит зарубежные аналоги, которые разрабатывались

еще в 80-90х годах прошлого века (BACnet, KNX, LonWorks, Modbus). Затраты же на внедрение и эксплуатацию у российских решений оказываются значительно ниже, при высоком качестве оборудования, программного обеспечения, доступной квалифицированной сервисной поддержке на всех этапах реализации проектов.

Стоит отметить, что за последнее время практический интерес к автоматизации зданий существенно повысился не только в крупных городах, но и регионах [5]. Это значит, что меняются требования заказчиков и инвесторов, а главное растет понимание перспективности вложений в автоматизацию инженерных систем, позволяющих достичь самых высоких показателей энергоэффективности, эргономичности, экологичности, надёжности и безопасности.

Существенным препятствием к массовому внедрению данных систем по-прежнему является импортное производство большей части оборудования и программного обеспечения, а также внедрение и эксплуатация системы с привлечением зарубежных специалистов, поэтому в России данные проекты являются пока единичными, т.к. требуют значительных затрат и наличия высококвалифицированных специалистов, которых пока недостаточно. Такое положение дел ставит научную задачу по дальнейшей разработке и развитию подобных решений внутри страны, включая подготовку соответствующих квалифицированных специалистов в целях снижения импортозависимости в данной области, с дальнейшим выходом на экспорт.

#### **Литература:**

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ».
2. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 года N 1523-р.
3. ГОСТ Р 54862-2011. Национальный стандарт РФ. Энергоэффективность зданий. Методы определения влияния автоматизации, управления и эксплуатации здания.
4. ГОСТ Р 55060-2012. Национальный стандарт РФ. Системы управления зданий и сооружений автоматизированные. Термины и определения.
5. Опарина, Л.А. Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве: учеб. пособие / Л.А. Опарина. Иваново: ПресСто, 2014. 256 с.
6. <http://government.ru/> / официальный сайт правительства РФ.
7. <https://bus-77.org/> / официальный сайт протокола BUS77 (компания IRIDI).
8. <https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/avtomatizaciya-i-bezopasnost-zdaniy.html>. Автоматизация зданий - влияние на энергоэффективность.

## **ВНЕДРЕНИЕ УСТРОЙСТВ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Кандрин Е.Н.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: parazzitk@yandex.ru, тел.: 8 (968) 409-37-78

*Рассматривается возможность внедрения устройства тепловизионного контроля для диагностики действующего электрооборудования Дата Центра. Целью данной статьи является проведение анализа работы тепловизионного оборудования, выявление его эффективности в результате измерений, на примере действующего энергетического оборудования Дата Центра.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *центр обработки данных (ЦОД), трансформатор напряжения (ТН), трансформатор тока (ТТ), источник бесперебойного питания (ИБП), устройство компенсации реактивной мощности (УКРМ), инфракрасная техника (ИКТ), низкое напряжение (НН), регулирование под нагрузкой (РПН), кабельный разъединитель (КР), трансформаторная и распределительная подстанции (ТП и РП).*

Непрерывность электроснабжения Дата Центров является одной из ключевых задач. К электроснабжению ЦОД предъявляются такие основополагающие требования, как непрерывность, надежность и качество [1].

Большая часть оборудования работает в непрерывном, зачастую нагруженном состоянии, а выход из строя одного из элементов схемы оборудования влечет за собой колоссальные убытки. В системе электроснабжения Дата Центров установлено как оборудование до 1 кВ, так и со стороны ввода установлено оборудование на напряжение 10 кВ.

Оборудование Дата Центра включает в себя Трансформаторы 10 кВ, ячейки с выкатными элементами (ТН 10 кВ, Вакуумные и Секционные выключатели), ТТ установленные в кабельных ячейках, а по низкой стороне – это ИБП, с установленными секциями аккумуляторных батарей, УКРМ с блоками конденсаторов и с установленной внутри шкафа пусковой аппаратурой, системы автоматического включения/ отключения серверного оборудования, элементы кондиционирования, с установленными на крыше здания системами охлаждения, оснащенными асинхронными двигателями. Все это электрооборудование находится в работе 24 часа в сутки 7 дней в неделю, в процессе которой происходит его нагрев, а также не исключается естественный износ оборудования, который также влечет за собой выход его из строя.

Для проведения своевременной диагностики и профилактики энергетического оборудования, зачастую без возможности вывода его из

работы, необходимо дистанционное устройство для обнаружения нагревов контактов и контактных соединений. Таким устройством является тепловизионная камера.

Внедрение приборов инфракрасной техники (ИКТ) в энергетику является одним из основных направлений развития высокоэффективной системы технической диагностики, которая обеспечивает возможность контроля теплового состояния электрооборудования и электроустановок без вывода их из работы, выявления дефектов на ранней стадии их развития, сокращения затрат на техническое обслуживание за счет прогнозирования сроков и объемов ремонтных работ [2].

Принцип работы тепловизора основан на регистрации и анализе температур поверхности объектов. У каждого из материалов своя отражающая и поглощающая инфракрасное излучение способность. Неравномерность нагрева одной и той же поверхности позволяет формировать картину распределения температуры на ней, ассоциируя цвет на дисплее с температурой. При этом температурное разрешение составляет величину 0,05-0,1 градуса. Особенности спектрального диапазона 8-14 мкм и 3-5,5 мкм, в котором работают тепловизоры, таковы, что приземные слои атмосферы наиболее прозрачны для данной длины волны, при этом обеспечивается наибольшая дальность наблюдения объектов, излучающих в диапазоне температур от -50 до +500 градусов.

Для нужд Дата Центра была приобретена переносная тепловизионная камера, которая применялась при осуществлении обходов оборудования для измерения дежурным персоналом действующего электрооборудования.

Данной камерой производился контроль энергетического оборудования, с целью выявления дефектов различного оборудования:

- Аккумуляторных батарей, при осмотре можно судить о наличии:

1. КЗ внутри элемента аккумулятора;
2. Неисправности паяных и сварных соединений токоведущих частей;
3. Равномерности токовой “отдачи” от элементов аккумуляторов, температуре электролита, которая в зависимости от типа аккумулятора не должна превышать 40°C;
4. О зашламлении, локальных очагах короткого замыкания в элементах аккумуляторов и т.п. [3].

- Силовых трансформаторов:

1. Возникновение магнитных полей рассеяния в трансформаторе за счет нарушения изоляции отдельных элементов магнитопровода (консоли, шпильки и т.п.);
2. Нарушение в работе охлаждающих систем (маслонасосы, фильтры, вентиляторы и т.п.) и оценка их эффективности;
3. Изменение внутренней циркуляции масла в баке трансформатора (образование застойных зон) в результате шламообразования, конструктивных просчетов, разбухания или смещения изоляции обмоток

(особенно у трансформаторов с большим сроком службы);

4. Нагревы внутренних контактных соединений обмоток НН с выводами трансформатора;

5. Витковое замыкание в обмотках встроенных трансформаторов тока;

6. Ухудшение контактной системы некоторых исполнений РПН и т.п.

Отбраковка силовых конденсаторов в эксплуатации достаточно высока и определяется:

1. Необратимыми процессами в диэлектрике, под воздействием температуры и приложенного напряжения, что во многом сопряжено с ростом диэлектрических потерь;

2. Потерей герметичности сварных корпусов силовых конденсаторов;

3. Внутренним пробоем секций с перегоранием предохранителей;

4. Перегревом внешних соединительных проводников в местах их подсоединения к силовым конденсаторам.

Большая часть дефектов образуется за счет развития окисления, а также из-за ослабления затяжки болтовых соединений. При протекании тока проводник нагревается. Выделяемое тепло пропорционально квадрату силы протекающего тока и сопротивлению проводника.

Если несколько однотипных соединений нагружены одинаково (протекающий ток одинаков), то его избыточная температура относительно других может свидетельствовать о том, что его сопротивление выше.

Вовремя тепловизионного осмотра оборудования, находящегося в эксплуатации в Дата Центре, были обнаружены и устранены дефекты различной степени.

Для проведения данной работы были поставлены такие задачи, как:

1. Осмотр действующего оборудования, с целью выявления различных видов дефектов (начальная степень неисправности, развившийся дефект, аварийный дефект).

2. Проведение расчетов согласно нормативной документации.

3. Подведение итога и вывод по проделанной работе.

Пример 1. На вводном трансформаторе со стороны 10 кВ (рис. 1) был обнаружен нагрев в болтовом соединении.

Согласно действующего норматива СТО 34.01-23.1-001-2017 расчет был произведен по избыточной температуре, т.к. нагрузка составляла 0,3 – 0,6  $I_n$ .

Для проведения расчета были взяты показатели проведенного тепловизионного осмотра и данные на конкретное оборудование из системы мониторинга оборудования:

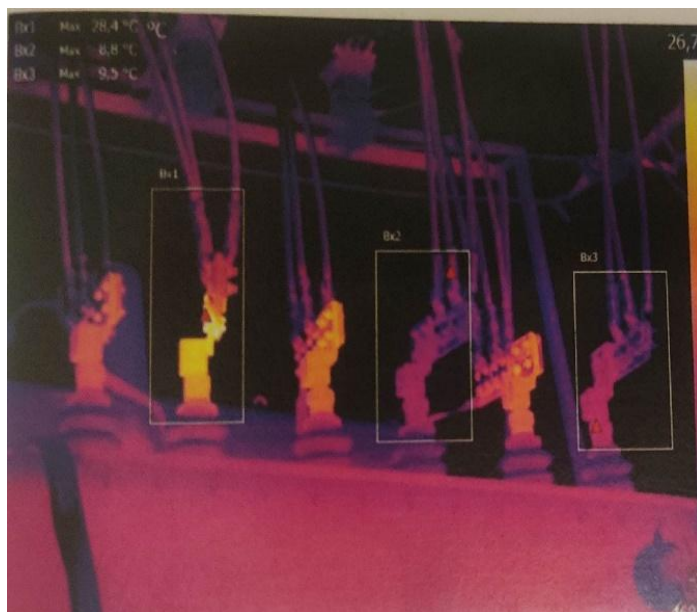


Рис. 1. Нагрев фазы «Ж» со стороны 10 кВ.

- температура аварийного контакта - 28,4°C ( $T_{\text{контр.}}$ )
- температура аналогичного наименее нагретого узла фазы – 8,8°C ( $T_{\text{исправ.}}$ )
- рабочий ток 1217,5 А ( $I_{\text{раб.}}$ )
- разность температур аварийного и аналогичного наименее нагретого участка ( $\Delta T_{\text{раб.}}$ ):

$$\Delta T_{\text{раб.}} = 19,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- согласно методике, берется параметр 0,5  $I_{\text{н по}} \text{ по данному трансформатору} = 1049,5 \text{ А}$
- для определения превышения измеренного значения температуры к нормированному:

$$\Delta T \text{ при } 0,5I_{\text{н}} = \left( \frac{0,5I_{\text{ном}}}{I_{\text{раб.}}} \right)^2 * \Delta T_{\text{раб.}} = 15 \text{ (Избыточная температура 10-30}^\circ\text{C. Развившийся дефект. При ближайшем выводе оборудования из работы необходимо устранение дефекта).}$$

Пример 2. Обнаруженный дефект был найден в ячейке кабельного разъединителя, произведен расчет и устранение дефекта (рис. 2).



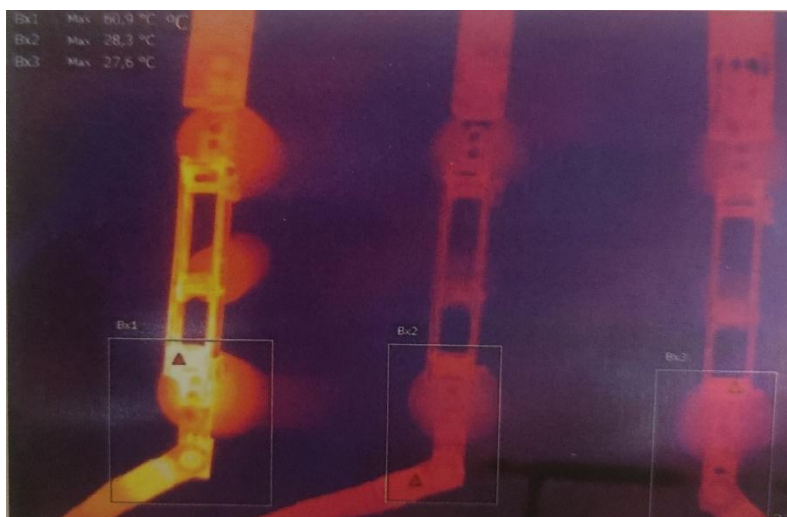


Рис. 2. КР 10 кВ в РП 10 кВ (Нагрев на фазе «Ж»)

Расчет производился аналогичным способом, как в первом случае.

$T_{\text{контр.}}$ °C	$T_{\text{исправн.}}$ °C	$\Delta T_{\text{раб.}}$ при $I_p$ , °C	0,5 $I_{\text{ном.}}$ , А	$I_{\text{раб.}}$ , А	$\Delta T$ при 0,5 $I_n$ , °C	Заключение
60,9	28,3	32,6	177,5	171,6	35	Избыточная температура более 30°C. Аварийный дефект. Требуется немедленного устранения.

Вывод по работе:

В результате проделанной работы, при проведении тепловизионного контроля были выявлены аварийный и развившиеся дефекты (пример 1, пример 2), что может судить об эффективности бесконтактного, а самое главное безопасного метода работы, при котором необходимость в отключении оборудования отсутствует. Данное устройство помогает обнаруживать дефекты, при своевременном осмотре оборудования на ранних стадиях. Аварийные ситуации, которые могут причинить вред не только производству, но и жизни человека свести к минимуму.

Также стоит отметить и простоту работы и обработку данных, полученных во время съемки.

#### Литература:

1. Концепция построения систем бесперебойного и гарантированного электроснабжения», разработана Воробьевым А.А.
2. РД 153-34.0-20.363-99 Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ.
3. Бажанов С.А., Инфракрасная диагностика электрооборудования распределительных устройств – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2000. – 76 с.
4. СТО 34.01-23.1-001-2017 «Объем и Нормы испытаний электрооборудования» от 29.05.2017.

## КОГЕНЕРАЦИЯ И ТРИГЕНЕРАЦИЯ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК

**Терёхин А.А.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: artem.terekhinpm@mail.ru

**Манаенков А.М.**, ведущий специалист ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: do@rgazu.ru

**Литвин В.И.**, д.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: v\_litvin@rgazu.ru

*В статье рассматриваются когенерационные и тригенерационные установки, проведена оценка целесообразности их использования в сельском хозяйстве. Показаны преимущества и недостатки использования систем тригенерации для автономного энергообеспечения объектов АПК.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:* когенерация, тригенерация, система автономного энергообеспечения, газопоршневые установки, газотурбинные установки.

В настоящее время в связи с расширением сельскохозяйственного производства требуется масштабное введение новых генерирующих мощностей. Развитие новых сельскохозяйственных объектов, как правило, осуществляется за пределами населенных пунктов, что требует строительства новых линий централизованного энерго- и теплоснабжения, подключение к ним новых объектов. Однако технические сложности и высокая стоимость сдерживает строительство.

На надежность функционирования электросетевого комплекса аграрного сектора также отрицательно влияет плохое техническое состояние существующих объектов электроэнергетики - оборудования подстанций и линий электропередач. Многие объекты имеют высокий уровень физического износа.

Энергосистемы сельского хозяйства России характеризуются высоким уровнем износа: износ распределительных электрических сетей превышает 30%, потери в распределительных электрических сетях достигают 15-20%, а в ряде случаев превышают 20%; коэффициент полезного использования топлива на уровне конечного потребителя в системах централизованного теплоснабжения составляет 30-40% [1].

Так, например, доля оборудования подстанций и ЛЭП с истекшим нормативным сроком эксплуатации в зоне ответственности ПАО «МРСК Центра» по регионам составляет: Смоленская область – 79,81%, Брянская область – 78,70%, Тверская область – 77,58%, Орловская область – 77,44%, Курская область – 77,20%, Костромская область – 76,94%, Тамбовская область - 76,38%, Воронежская область – 71,68%, Ярославская область – 71,45%, Липецкая область – 68,37%, Белгородская область – 60,2% [2].

Проблема износа оборудования связана с большими рисками бесперебойной и надежной работы электросетевого комплекса, а также с низким уровнем удовлетворенности потребителей качеством услуг, предоставляемых сетевыми организациями.

Рост тарифов на энергоносители и тепло, высокая стоимость технологического присоединения к электросетям или невозможность такого присоединения, высокая удельная стоимость энергоносителей в цене сельскохозяйственной продукции обуславливают развитие и внедрение новых энергоэффективных методов собственной генерации энергии [3,4].

В настоящее время одним из направлений совершенствования электроснабжения сельскохозяйственных объектов является применение автономных систем различных конфигураций на основе альтернативных источников электроэнергии. Самым распространённым альтернативным источником электроэнергии в этих системах является магистральный природный газ, используемый в газопоршневых и газотурбинных установках. Основными принципами энергообеспечения в рассматриваемых системах являются генерация, когенерация и тригенерация электроэнергии. Применение таких автономных систем энергообеспечения позволяет решить вопросы не только с электроснабжением, но и с производством тепла и холода. При этом к минимуму сводятся потери электроэнергии, которые имеют место при обычном электроснабжении удаленных потребителей.

Энергоустановки на природном газе, дешевле их дизельных аналогов, минимизируют энергопотребление, обеспечивают бесперебойную работу энергоцентра автономного энергообеспечения объектов.

Современная энергетическая промышленность выпускает газопоршневые установки (ГПУ) и газотурбинные установки (ГТУ) для малых электростанций, вырабатывающие электроэнергию.

Применение ГПУ и ГТУ в сельском хозяйстве вполне обоснованно, если использовать в качестве топлива биогаз, природный газ пропан, факельный газ, газ сточных вод, газ мусорных свалок. Это достаточно быстро окупает вложенные инвестиции, обеспечивает долгосрочную прибыль и улучшает экологическую обстановку окружающей среды.

Более широкое распространение получили ГПУ благодаря своему достаточно высокому КПД, достигающему 47% в зависимости от производителя. На рынке также присутствуют газотурбинные установки, но они значительно уступают ГПУ по целому ряду параметров (табл. 1).

Сравнение газопоршневых и газотурбинных установок

Параметр	ГПУ	ГТУ
Площадь под установку	Довольно большая, монтаж в контейнерах на специально подготовленной площадке	Маленькая, возможность монтажа на крышах зданий
Стоимость за кВт мощности	\$400-600	\$1000-1400
Экономичность общая по теплу и электричеству, КПД с когенерацией	Высокая (до 85%)	Высокая (до 85%)
Экономичность на кВт, КПД по электричеству	Высокая 40-47%	Низкая 17-36%
Стоимость обслуживания	Нормальная	Низкая
Удобство использования	Нормальная	Высокая
Мобильность на нагрузку	Нормальная (15%-110%)	Высокая (2%-110%)
Быстрота запуска	Нормальная	Нормальная
Наброс нагрузки	Высокая	Высокая
Наработка на отказ	40-100 тыс. часов	30-60 тыс. часов
Соотношение электричество-тепло	1/1,5(электричество~тепло)	1/2,5(электричество<тепло)
Требования к газу	Низкое, возможно бытовое давление, меньше 10 мБар	Высокое, среднее давление порядка 16-20 Бар
Экологичность	Высокая	Высокая
Шумность	Нормальная	Низкая

Себестоимость 1 кВт/часа, произведенного при помощи газовой электростанции, может быть в 2 и более раз ниже себестоимости сетевой электроэнергии. Электрические КПД установок, в зависимости от мощности установки и производителя разнятся и колеблются от 35 до 42% [4].

Вторичным продуктом при производстве электроэнергии в энергоустановках на природном газе, делающим их применение еще более выгодным, является использование тепла, выделяемого в процессе работы, т.е. когенерация - процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии.

Тепловую энергию невозможно передавать на большие расстояния из-за резкого возрастания потерь с ростом расстояния. Многие энергостанции слишком далеко расположены, чтобы использовать их побочное тепло для

<sup>1</sup> Официальный сайт ООО «Федвиг» [Электронный ресурс] URL: <https://fedvig.ru/statii/chto-vybrat-gpu-ili-turbinu/> (дата обращения 01.05.2022).

обогрева производственных и общественных зданий. Поэтому активно развивается локальная энергетика и как следствие широко применяется когенерации как наиболее экономически эффективная и экологичная отрасль топливно-энергетического комплекса.

Когенерация позволяет довести КПД использования топлива (первичной энергии) до 80-90% в установках мощностью от десятков кВт до десятков МВт [4].

Ещё более перспективным направлением развития малой энергетики является тригенерация. Тригенерация представляет собой высокоэффективное осуществление электро-, тепло- и хладоснабжения от одного источника [5].

Холод вырабатывается холодильной машиной, потребляющей не электрическую, а тепловую энергию. Обычно используются абсорбционные бромисто-литиевые холодильные установки. Абсорбционные холодильные установки являются экономичными и экологически безвредными. Они просты, надежны и не содержат насоса. Лучшие тригенераторы имеют очень высокую общую термическую эффективность: до 86%, часть из которой, до 40% – приходится на электрическую энергию.

Технологически схема тригенерации представляет собой соединение когенерационной установки с абсорбционной холодильной машиной (рис.1).

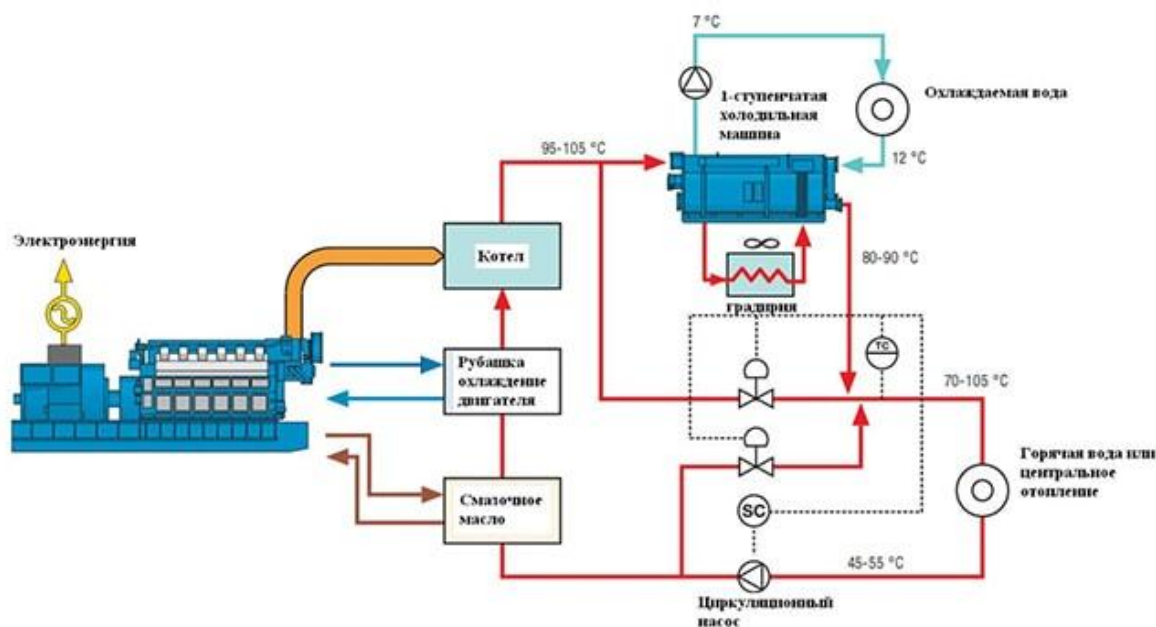


Рис. 1. Схема работы тригенерационной установки<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Официальный сайт ООО «Профит» [Электронный ресурс] URL: <https://newpulse.ru/services/sistemy-xolodosnabzheniya/trigeneracionnyye-ustanovki/> (дата обращения 01.05.2022).

Тригенерацию используют на различных объектах, где есть потребность в электричестве, тепле и холоде. Установки тригенерации обладают целым рядом преимуществ: независимость от сбоев поставки и качества электроэнергии; для выработки холода используются излишки тепловой энергии; включение тригенерационного цикла в когенерационную установку повышает коэффициент загрузки установки, снижает срок его окупаемости и повышает эффективность вложенных инвестиций; эксплуатация установки тригенерации обходится значительно дешевле, чем эксплуатация компрессионных холодильных машин; абсорбционная система работает практически бесшумно; тригенерационные установки очень долговечны за счет отсутствия в холодильной установке подвижных деталей.

Очевидны экологические преимущества процесса тригенерации. Тригенерационные комплексы производят такое же количество энергетических ресурсов за счет значительно меньшего количества топлива, чем при раздельном производстве тепла, электроэнергии и холода

Тригенерационный энергоцентр сокращает число поставщиков энергии до одного – газа, исключает риски связанные с перебоями электроэнергии. Максимальную эффективность обеспечивает круглогодичная загруженность генерирующих мощностей по теплу (летом для технологических нужд и кондиционирования, зимой для отопления).

Использование систем тригенерации имеет и недостатки: сложность оборудования и необходимость его обслуживания; для обеспечения работы системы необходима газовая магистраль.

Тем не менее, тригенерационные установки обладают исключительной эффективностью для автономного энергообеспечения по сравнению с традиционной схемой энергоснабжения. Системы тригенерации показывают особую эффективность на объектах АПК, где существует потребность в холодильной, тепловой и электрической энергии, и позволяют использовать первичное сырье (магистральный газ) с очень высоким КПД.

Кроме того, тригенерация одна из самых перспективных и доступных технологий для сокращения выбросов парниковых газов и других загрязнений окружающей среды. Гибкость системы тригенерации, значительная экономия энергоресурсов полностью отвечает интересам производителей сельхозпродукции.

#### Литература:

1. Стребков Д.С. Инновационные направления развития систем и средств энергосбережения объектов животноводства / Д.С. Стребков, А.В. Тихомиров // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2015. № 2(18). С. 81-89. EDN TZBBPD.

2. Бородин К. Проблема старения электросетевого комплекса России / Бородин К. – Текст: электронный // ЭНЕРГОНЬЮС: интернет-портал. – URL: <http://energo->

news.ru/archives/category/электросети-россии-2021/проблема-старения-электросетевого-к (дата обращения: 01.05.2022).

3. Гнездова О.Е., Чугункова Е.С. Энергообеспечение тепличных хозяйств с генерацией тепловой и электроэнергии и выработкой CO<sub>2</sub> // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2019. Т. 2. Вып. 3. С. 141–151. DOI: 10.32464/2618-8716-2019-2-3-141-151

4. Морозюк Л.И. Тригенерация - источник энергосбережения в малой энергетике для аграрного производства / Л. И. Морозюк, С. В. Гайдук, Б. Г. Грудка // Холодильная техника и технология. 2015. Т. 51. № 4. С. 65-69. DOI 10.15673/0453-8307.4/2015.39273. – EDN VLPGYH.

5. Манойлина С.З. Применение и преимущества тригенерационных установок как источника энергосбережения / С.З. Манойлина, А.Д. Головин // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 09 – 10 июня 2020 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2020. С. 342-343. EDN FLNFAM.

УДК 621.311

## **ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ РОЛЬ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

**Овчинников А.А** студент 1 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса, e-mail: am2148716@gmail.com

**Шахов С.А.**, студент 1 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса, e-mail: am2148716@gmail.com

**Божедомов А.К.**, студент 1 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса, e-mail: am2148716@gmail.com

*В статье рассмотрены состояние и перспективы развития ветроэнергетики в Российской Федерации, рассмотрено значение ветроэнергетических установок в обеспечении электроэнергией сельскохозяйственных потребителей.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: четвертый энергопереход, возобновляемые источники энергии, ветроэнергетические установки, сельское хозяйство.*

В настоящее время одной из главных проблем будущего является возрастающее загрязнение окружающей среды. Производство электроэнергии за счет сжигания природного топлива: угля, нефти, газа приводит к опустошению нашей планеты, наносит огромный ущерб экологии. Для противодействия климатической угрозе в последние годы принимаются решительные меры по переходу на возобновляемые источники энергии.

Мир вступает в этап четвертого энергетического перехода, связанный с вытеснением ископаемых видов топлива и широкому использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ) (рис. 1).

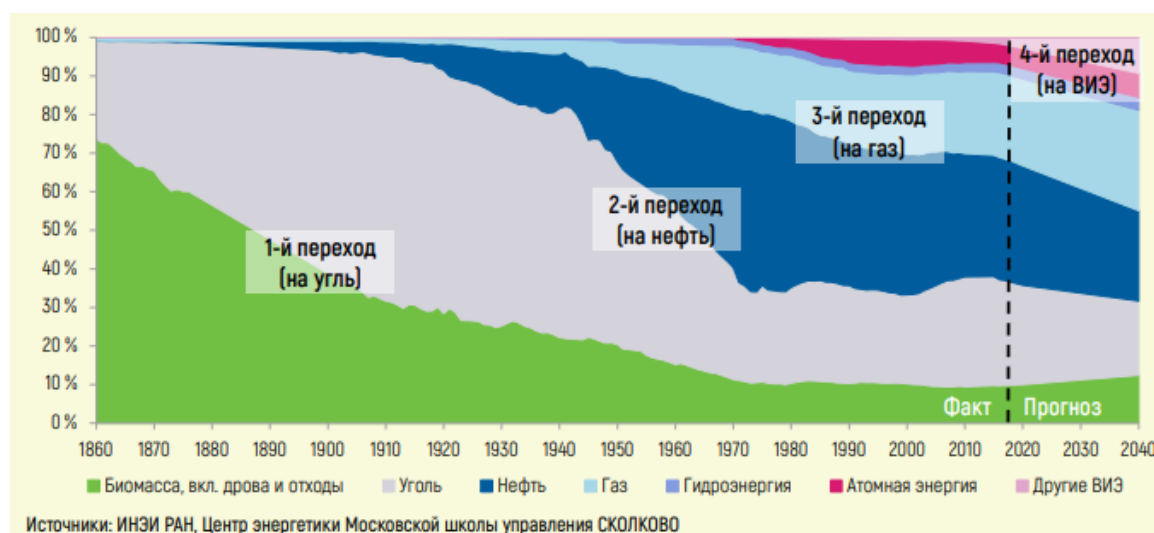


Рис.1. Изменение структуры энергопотребления по видам топлива

На этапе четвертого энергетического перехода, в отличие от предыдущих этапов, главным становится не столько экономическая эффективность новых источников энергии, сколько качественно новый фактор – декарбонизация и борьба с глобальным изменением климата.

ВИЭ создают дополнительные преимущества: повышение надежности электроснабжения и энергетической безопасности, возможность экономически эффективного обеспечения энергией территорий, удаленных от централизованных систем энергоснабжения. Эти преимущества имеют большое значение для сельскохозяйственного производства.

Сельскохозяйственное производство в первую очередь характеризуется низкой плотностью электрических нагрузок и большой рассредоточенностью потребителей электрической энергии. Многие из этих потребителей находятся на существенном удалении от систем централизованного электроснабжения. Поэтому их электроснабжение, в большинстве случаев, целесообразно осуществлять от автономных возобновляемых источников электрической энергии [1,2].

Четвёртый энергетический переход представляет собой большое количество изменений и одним из самых важных является углеродный след, который будет уменьшаться в процессе перехода. Углеродный след - это количество газообразных веществ (диоксид углерода, окислы азота, метан и др.), приведенное к углеродному эквиваленту, которые выбрасываются в атмосферу в результате генерации энергии. На энергетическую отрасль и промышленность приходится около половины выбросов парниковых газов.



Углеродный след позволяет сравнить разные способы получения энергии и ответить на вопрос, какие из них являются «чистыми» и сопровождаются малыми углеродными выбросами, а какие – «грязными», сопровождающиеся большими выбросами парниковых газов (рис.2).

## УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД ВЭС



Рис.2. Углеродный след при различных способах генерации энергии

Одним из ключевых драйверов четвертого энергоперехода, наряду, с солнечной энергетикой является ветроэнергетика [3].

Из всех видов ВИЭ в России наибольшим потенциалом для развития обладает ветровая энергетика (рис. 3).

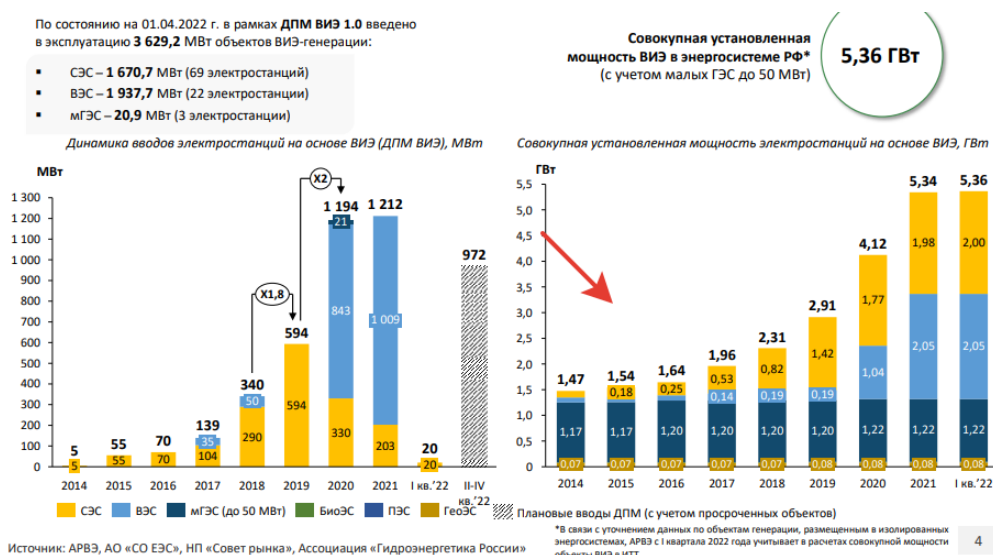


Рис.3. Установленная мощность объектов ВИЭ<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Ассоциация развития возобновляемой энергетики: официальный сайт. Москва. – URL: <https://reda.ru> (дата обращения: 01.05.2022). Текст: электронный.

Это обусловлено географическим положением: Россия имеет большую прибрежную зону, омываемую морями трёх океанов. Наибольший потенциал для развития ветроэнергетики имеют Дальний восток, Западная и Восточная Сибирь, побережье Северного Ледовитого океана, южные регионы России, побережья морей: Азовского, Черного, Каспийского, балтийского и Охотского. Ветроэнергетические установки (ВЭУ) расположены в 14 регионах страны, из которых высокий уровень развития ветроэнергетики, достигнут в Ульяновской области, Республике Крым и Адыгее. В 2020 году в Адыгее был запущен самый мощный ветропарк – «Адыгейской» ВЭС мощность 150 МВт [4].

Вопрос энергоснабжения с использованием ветроэнергетических установок актуально стоит и в других регионах России. Это имеет важное значение для обеспечения энергией удаленных сельскохозяйственных потребителей. В России имеются все необходимые ресурсные, технические, энергетические и экономические условия для широкого и эффективного использования ВЭУ для сельскохозяйственных потребителей. Внедрение альтернативной энергетики на основе возобновляемых источников энергии позволит повысить надежность электроснабжения, сократить расходы на обслуживания локальных сетей электроснабжения на сельских территориях. При этом ветроэнергетика является один из наиболее экологически чистых и доступных источников энергии, удобных и выгодных вариантов энергообеспечения. Ветроэнергетические установки могут располагаться в местах, не предназначенных для посевов, но расположенных рядом с объектами потребления (горные массивы, холмы, поймы рек). Их также можно размещать и на территории пастбищ, полей, ферм и других объектов сельского хозяйства. ВЭУ занимают малые территории, могут размещаться в труднодоступных местах, работать автономно.

Большое значение ветроэнергетики для сельского хозяйства придавал великий русский учёный К.А. Тимирязев.

В 1893 году он писал: «Если голландцы при помощи своих ветряков борются с океаном, превращая море в сушу, если в наших городах различные ветряные двигатели качают воду в верхние этажи домов, почему бы тот же ветер не мог поднять воду со дна оврагов до уровня полей, почему не заставить его возвратить корням воду, которую он отнял у растений»<sup>4</sup>.

При увеличивающемся распространении использования ветра в качестве неисчерпаемого источника экологически чистой энергии активно обсуждаются экологические аспекты использования возобновляемых

---

4 Кармишин А.В. Ветер и его использование / А.В. Кармишин; ред. Е.М. Фатеев. Москва; Ленинград: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1951. 65 с. (Научно-популярная библиотека. Выпуск 29)

источников энергии и их влияния на окружающую среду.

На этапе эксплуатации ВЭУ возникают вопросы воздействия по следующим факторам: шум, визуальная составляющая, вибрации, влияние на животный и растительный мир.

Наибольшее число вопросов относительно воздействия ВЭУ на здоровье человека связано с инфразвуковым шумом (не слышимым для человеческого уха). Однако исследования ученых показали, что шум, производимый современными ветрогенераторами, не может привести к вредным последствиям для здоровья людей, проживающих рядом с ветропарком.

Возможное негативное воздействие на здоровье человека, вызванное стробоскопическим эффектом от мерцания тени при вращении лопастей ветрогенератора учитывается при определении мест установки ВЭУ.

По многократно подтвержденным на практике расчетам, современная конструкция ВЭУ не передает вибрации на окружающие объекты при условии, что масса ее неподвижной части во много раз превышает массу подвижной части. При таком соотношении масс вибрация отдельных вращающихся элементов ВЭУ полностью затухает на уровне несущего элемента основания.

Современные мощные ВЭУ имеют скорость до 15 оборотов в минуту, пролетающие птицы их видят и могут избежать столкновения. Кроме того, ВЭУ оснащены специальными устройствами для отпугивания птиц.

Что касается влияния ВЭС на флору, то последние исследования не только не подтверждают отрицательное влияние работы ВЭУ на растительность, а наоборот отмечают возможное положительное их воздействие на сельскохозяйственные культуры.

Таким образом, современное поколение мощных ВЭУ не оказывают существенного негативного воздействия на человека и окружающую среду. Широкое внедрение автономных ветроэнергетических установок в сельском хозяйстве может обеспечить полное или частичное энергоснабжение производственных и жилых объектов, поселков, инфраструктуры на удаленных территориях. Разработка способов и средств эффективного использования ВЭУ, одно из важных решений энергетических проблем в сельском хозяйстве на этапе четвертого энергетического перехода.

Работа выполнена под руководством д.т.н., профессора **Литвина В.И.**, кафедра электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО РГАЗУ

#### **Литература:**

1. Земсков В.И. Возобновляемые источники энергии в АПК: учебное пособие / В. И. Земсков. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 368 с. ISBN 978-5-8114-1647-9. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211574> (дата обращения: 11.05.2022).

2. Безруких П.П. Перспективные направления развития возобновляемых

источников энергии / П.П. Безруких, Д.С. Стребков, А.С. Холманский // Вестник ВИЭСХ. 2016. № 4(25). С. 96-101. EDN ХТВРЕН.

3. Российская ассоциация ветроиндустрии: официальный сайт. Санкт-Петербург. URL: <https://rawi.ru> (дата обращения: 01.05.2022). Текст: электронный.

4. Рынок возобновляемой энергетики в России и мире. Текст: электронный // Консалтинговая группа «Текарт»: официальный сайт. 2022. – URL: <https://techart.ru/insights/3623> (дата обращения 01.05.2022).

УДК 621.311

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С АККУМУЛИРОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**Бороденков Е.В.**, студент 4 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса, e-mail: [borodencov.egors@yandex.ru](mailto:borodencov.egors@yandex.ru);

**Слисаренко С.Ю.**, ведущий специалист ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: [do@rgazu.ru](mailto:do@rgazu.ru)

**Литвин В.И.**, д.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: [v\\_litvin@rgazu.ru](mailto:v_litvin@rgazu.ru)

*В статье рассмотрена система автономного электроснабжения с использованием ветроэнергетической установки с аккумулярованием энергии, показано значение автономной системы в обеспечении электроэнергией сельскохозяйственных потребителей.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: возобновляемые источники энергии, ветроэнергетические установки, аккумулярование энергии, сельское хозяйство.*

Сельское хозяйство – один из крупнейших потребителей энергоресурсов. Особенностью электроснабжения сельскохозяйственных потребителей является большая протяженность электрических сетей, при относительно малой мощности электроустановок, сезонный характер нагрузки, а также непродолжительность использования установленной мощности. Эти факторы вызывают значительные потери электроэнергии и увеличивают затраты на её передачу. Кроме того, из-за большого износа электрических сетей существует проблема по обеспечению надёжности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. С этими проблемами связано снижение эффективности производства сельскохозяйственной продукции. Одним из способов решения указанных проблем является применение автономных систем электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

В настоящее время существует большое количество вариантов реализации автономной системы электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии [1].

Для электроснабжения малых сельскохозяйственных предприятий (фермерских хозяйств) наиболее выгодными являются ветроэнергетические установки (ВЭУ). Они достаточно дешевы и просты по своей конструкции, не требуют использования топлива. При использовании отсутствуют какие-либо вредные выбросы, которые загрязняли бы окружающую среду. Территориально ветер есть во всех регионах нашей страны, и в этом отношении нет никаких преград для использования подобных энергетических устройств.

Существенной частью ВЭУ является электрический генератор – электромеханический преобразователь механической энергии в электрическую энергию. Наиболее часто применяются генераторы постоянного тока; синхронные генераторы и асинхронные генераторы.

Каждый из генераторов может работать при фиксированной, так и при переменной частоте вращения. По простоте конструкции, надежности и стоимости наиболее предпочтительно использование в ВЭУ асинхронного генератора с короткозамкнутым ротором. Он позволяет в некоторых пределах регулировать частоту вращения, но нуждается в реактивной мощности для возбуждения. При автономной работе асинхронного генератора должны быть обеспечены условия самовозбуждения. В качестве источника реактивной мощности необходима батарея конденсаторов.

Стабильное напряжение асинхронного генератора обеспечивается постоянством оборотов ротора генератора.

Стабилизация напряжения асинхронного генератора с короткозамкнутым ротором также возможна за счет включения реостата с переменным сопротивлением в цепь конденсаторов (рис.1а) или применением трансформатора с регулируемым коэффициентом трансформации (рис. 1б) [2].

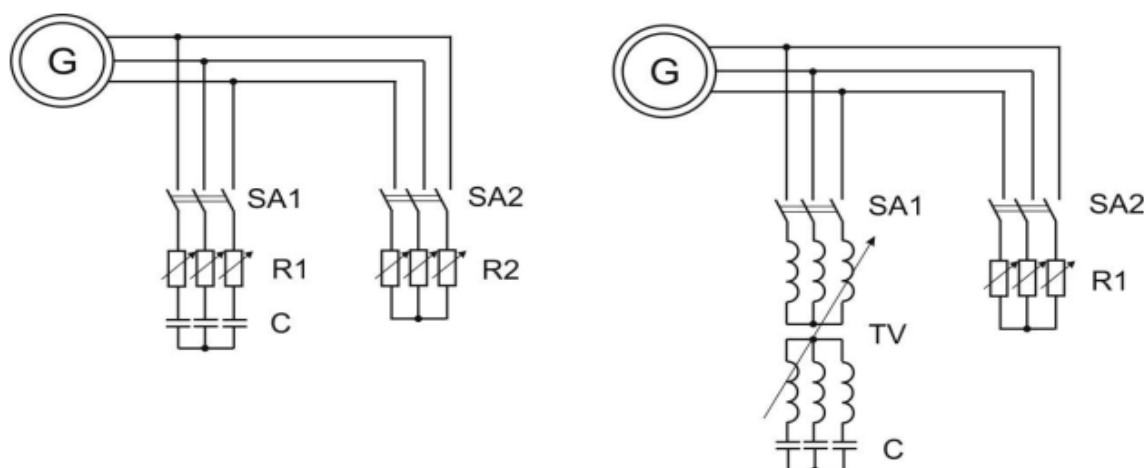


Рис.1. Регулирование напряжения асинхронного генератора изменением напряжения на конденсаторах: а – включением активного сопротивления; б – включением трансформатора с переменным коэффициентом трансформации

Основной проблемой использования ВЭУ в качестве основного источника электроэнергии является изменчивость погодных условий, таких как нерегулярность и изменчивость ветра, интенсивность. В связи с этим появляется необходимость аккумулирования электроэнергии. В последнее время наиболее распространенной является схема электроснабжения объектов с накопительной аккумулирующей системой, представленная на рис. 2.

В представленном варианте электроснабжение потребителей энергии осуществляется напрямую от генератора ветроэнергетической установки, а излишки энергии накапливаются в аккумулирующей энергосистеме и могут быть использованы в случае отсутствия ветра

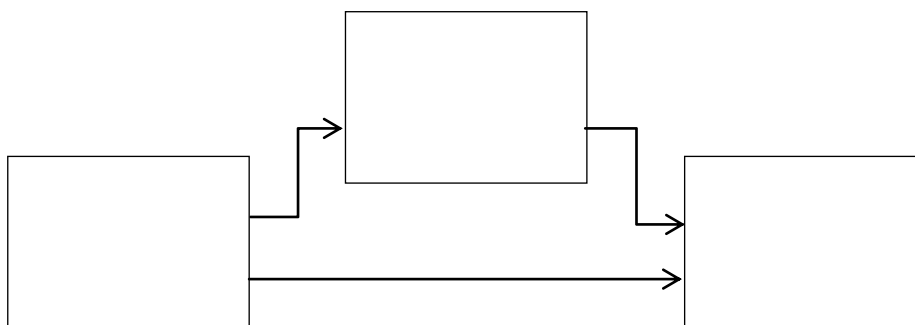


Рис.2. Система автономного электроснабжения с системой аккумулирования энергии.

Способ аккумулирования энергии - один из основных вопросов, которые необходимо решить при выборе структурной схемы автономной системы электроснабжения. Основными являются два способа резервирования: аккумуляторное резервирование и использование других источников электроэнергии в качестве резерва.

Самым распространённым и лёгким способом остаётся использование свинцово-кислотных аккумуляторных батарей (СКАБ). Это вызвано в первую очередь тем, что данная технология хорошо отработана и использует дешевые материалы. Однако они имеют ряд недостатков: низкая энергоёмкость, малый ресурс работы и высокий саморазряд. На замену СКАБ начали выпускать литий-ионные электрические накопители (ЛИЭН). Замена объясняется следующими достоинствами: высокими токами разряда и заряда, высокая энергоёмкость, большой ресурс работы, а также очень высокий КПД в цикле заряд-разряд [3].

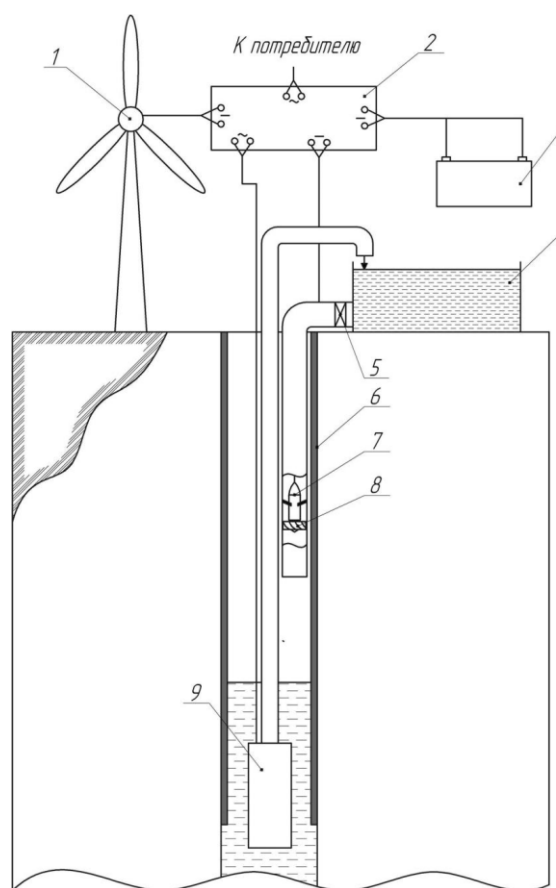
Использование топливных электростанций, таких как дизельные и бензиновые электростанции, приводит к тому, что автономная система электроснабжения перестает быть экологически чистой.

Требует продолжения исследований вопрос использования других типов аккумуляторов энергии, в частности применение скважинного аккумулятора энергии, который может быть альтернативой или дополнением электрохимических аккумуляторов в условиях электроснабжения удаленных сельскохозяйственных объектов.

В качестве аккумулирования энергии в системе автономного электроснабжения можно использовать скважинный аккумулятор (рис.3), предложенный в работе [4].

Во время пониженных нагрузок ВЭУ работает как насосная станция. В этом случае запасается гидроэнергия за счет подъема воды в накопительную ёмкость. В часы пикового потребления вода из верхней накопительной ёмкости поступает в скважину и, проходя по ней к зоне стока, вращает гидротурбину, которая соединена с электрическим генератором, вырабатывающим электроэнергию.

ВЭУ со скважинным аккумулятором даёт возможность подъёма воды при благоприятных условиях. Высокие технико-экономические показатели ВЭУ обеспечиваются простотой аккумулирования энергии в воде, поднятой и запасенной в баке. Ветроэнергетическая установка с комбинированным аккумулированием энергии может быть использована не только для электроснабжения сельскохозяйственных объектов, но и с целью водоподъема и водоснабжения.



*Рис.3. Схема ВЭУ с комбинированным аккумуляторным резервом:  
 1 – ВЭУ; 2 – Преобразователь напряжения с блоком управления; 3 – Аккумуляторная батарея; 4 – Ёмкость для накопления воды; 5 – Задвижка; 6 – Обсадные трубы; 7 – Генератор постоянного тока; 8 – Гидротурбина; 9 – Погружной насос.*

### Литература:

1. Земсков В.И. Возобновляемые источники энергии в АПК: учебное пособие / В. И. Земсков. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 368 с. ISBN 978-5-8114-1647-9. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211574> (дата обращения: 11.05.2022).
2. Торопцев Н.Д. Асинхронные генераторы для автономных электроэнергетических установок / Н.Д. Торопцев. Москва: Энергопрогресс, 2004. 87 с. (Библиотечка электротехника - приложение к журналу "Энергетик"). – EDN QMPLT.
3. Воронин С.М. Аккумулирование энергии в ветроустановке / С.М. Воронин, И.В. Закиров // Вестник аграрной науки Дона. 2013. № 4(24). С. 26-30. EDN SMSYFR.
4. Закиров И.В. Автономная ветроэлектростанция с комбинированным аккумулированием энергии для сельскохозяйственных объектов: специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Закиров Илья Валерьевич. Зерноград, 2016. 136 с. EDN YKVULD.

УДК 621.311.1

## «ЗЕЛЕНАЯ» ЭВОЛЮЦИЯ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

**Расторгуев В.М.**, к.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: [rvm002@yandex.ru](mailto:rvm002@yandex.ru)

**Николаев В.Д.**, студент 4 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса, e-mail: [vladosnikolaev@mail.ru](mailto:vladosnikolaev@mail.ru)

*Рассмотрены потенциальные возможности развития и перспективы использования автономных локальных систем электроснабжения удаленных сельских территорий с использованием возобновляемых источников энергии.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сельские электросети, автономные системы электроснабжения, возобновляемые источники энергии.*

Децентрализованные системы электроснабжения открывают возможности для более быстрой и доступной электрификации сельских районов и могут играть дополнительную роль, наряду с расширением национальной сети. Для ускорения всеобщего доступа к энергии в развивающихся регионах потребуются автономные решения.

Сельские сообщества получают выгоду от доступной, надежной и устойчивой энергии, а также будут способствовать уменьшению загрязнения окружающей среды и сдерживанию изменения климата. Включив цели по доступу к энергии в наши климатические стратегии, мы можем решать сразу обе базовые проблемы.

Существует два основных подхода к проведению конкурентоспособной и эффективной электрификации сельских территорий: мини-сети (МС) и автономные системы (АС). Оба типа систем работают независимо от национальной электросети.



МС представляет собой систему, которая обеспечивает маломасштабное производство электроэнергии (от 10 кВт до 10 МВт) и обслуживает ограниченное количество потребителей через распределительную сеть. Она может работать изолированно от национальной сети передачи электроэнергии. Эти системы являются жизнеспособным вариантом для обеспечения надежной и высококачественной электроэнергией удаленных сосредоточенных населенных пунктов.

МС могут обслуживать как крупные бытовые объекты, так и использоваться для других целей, таких как малое производство, пищевая промышленность, ирригация, телекоммуникации. По этим причинам МС будут постепенно становиться неотъемлемой частью стратегий индустриализации сельских регионов.

МС чистой («зеленой») энергии используют один или несколько возобновляемых природных источников (солнечную, гидроэнергию, ветер, биомассу) для производства электроэнергии. Резервное питание может обеспечиваться электричеством, хранящимся, например, в батареях или дизельным топливом. Хранилище поставляет или поглощает электроэнергию, чтобы сбалансировать спрос и предложение и противодействовать мгновенным изменениям нагрузки и непредсказуемым колебаниям генерации.

Второй, и не менее конкурентоспособный вариант – использование АС. Это небольшие системы электроснабжения, которые не подключены к центральной системе распределения электроэнергии и обеспечивают электричеством отдельные электроустановки, дома или небольшие производственные объекты для малого бизнеса. АС, работающие на «зелёной» энергии, становятся все более распространенными. Они удовлетворяют потребности отдельных клиентов, используя местные возобновляемые ресурсы.

АС также используют накопление энергии. Обычно хранение реализовано в виде банка батарей. Энергия, потребляемая непосредственно от батареи, часто имеет сверхнизкое напряжение (постоянный ток), и это используется, в частности, для освещения и для питания устройств постоянного тока. Для генерации переменного тока низкого напряжения, который питает стандартные приборы, применяются инверторы.

АС иногда разделяют на пико (питание отдельных приборов, телевизора, радио, освещение), домашние (питание отдельных домохозяйств) и производственные (предприятия малого бизнеса, клиники, гостиницы) системы.

Введение в эксплуатацию МС или АС во многих случаях является более конкурентоспособным по стоимости решением, чем расширение национальной электросети. Сельские районы нередко расположены далеко территориально или в труднопроходимой местности, поэтому подключение

к общей энергосистеме в подобном случае является чрезвычайно дорогостоящим и технически сложным мероприятием. В то же время автономные системы гибки, просты в использовании и адаптируются к местным потребностям и условиям. При соответствующем обучении они могут эксплуатироваться местными техниками, что, в свою очередь, приводит к созданию дополнительных рабочих мест.

Решения по возобновляемым источникам энергии для электрификации сельской местности предлагают широкий спектр конкурентных преимуществ, таких как длительный срок службы, низкие затраты на техническое обслуживание и эксплуатацию, практически полное отсутствие затрат на топливо (только при использовании в качестве резерва). Преимущества также связаны с очень низким воздействием на окружающую среду и климат. Кроме того, они гибки, поскольку автономные системы могут питаться от различных местных доступных ресурсов. Подобное продуктивное использование возобновляемых источников энергии позволяет улучшить местные экономические условия.

Крайне важно иметь в виду, что сочетание усовершенствованных технологий, а также продолжающееся развитие отрасли возобновляемых источников энергии постоянно снижает стоимость затрат, что, в свою очередь, приводит к повышению конкурентоспособности возобновляемых решений для электрификации села.

Снижение стоимости возобновляемых источников энергии в долгосрочной перспективе открывает особенно большие возможности в районах, где автономные системы могут использовать местные ресурсы для прямой выработки электроэнергии для сельского населения.

Таким образом, благодаря постоянному развитию технических решений, они будут играть ключевую роль в ускорении глобального преобразования энергетического сектора в рынок, где полностью доминируют «зелёные» источники энергии.

К основным типам возобновляемых источников энергии, используемых для электрификации сельской местности, в первую очередь, можно отнести гидро-, био-, ветряную, солнечную, морских приливов и аккумулированную.

Гидроэнергия – это возобновляемый источник, основанный на природном круговороте воды. Надежная и рентабельная технология производства возобновляемой энергии, для которой требуется лишь доступ к проточной воде. Для «малой» ГЭС верхний предел обычно принимается равным 10 МВт. Малые ГЭС делятся на мини-ГЭС (менее 1 МВт), микро-ГЭС (менее 100 кВт) и пико-ГЭС (менее 10 кВт). Это высокоэффективное, экономичное и очень стабильное решение для электрификации сельской местности.

Биоэнергия – это энергия, полученная в результате преобразования сырья из биомассы, при котором биомасса может использоваться

непосредственно в качестве топлива или перерабатываться в жидкости и газы. Сырьё биомассы, среди прочего, включает растения, древесину, отходы, газ и спиртовое топливо. Выбор типа биоэнергии определяется рядом факторов, таких как надёжный доступ к устойчивому сырью, экономическая и техническая возможность использования одной технологии вместо другой.

Ветряная энергия. Энергетический потенциал ветра очень быстро возрастает с увеличением скорости ветра. Известно, что, если скорость ветра удваивается, выработка энергии возрастает в восемь раз. Конечно, необходимы благоприятные природные условия, чтобы ветроэнергетические решения были экономически эффективны. В нашей стране целые регионы с огромными территориями, где малые и средние ветряные турбины являются очень конкурентоспособным решением для автономных приложений в сельской местности.

Солнечная энергия доступна во всем мире и играет важную роль в обеспечении доступа к энергии в сельских районах. Это надёжная и конкурентоспособная по стоимости технология, которая постоянно развивается. Сегодня на рынке представлен широкий спектр солнечных батарей с использованием различных типов материалов и размеров широкого диапазона. Этот тип возобновляемой энергии широко востребован и успешно внедряется и в нашей стране.

Термин «аккумуляция энергии» относится к технологиям, позволяющим накапливать энергию, полученную из первичного источника, для ее использования в более позднее время. Батареи и другие типы накопителей энергии повышают надёжность и обеспечивают бесперебойность электроснабжения, поскольку они хранят энергию на период колебаний нагрузок. Они необходимы для обеспечения стабильности схем электрификации с использованием возобновляемых источников энергии.

Электрификация сельских районов, с использованием возобновляемых источников энергии и независимых систем электроснабжения, может кардинально изменить в лучшую сторону качество жизни. Технологическая «зеленая» эволюция сельских электросетей обеспечит выход на новый уровень в оказании общественных услуг, таких, например, как здравоохранение и образование и позволит местным хозяйствующим субъектам эффективно осуществлять их профессиональную деятельность. Все эти преимущества возможны без создания негативных последствий для местных экосистем и глобального климата.

Там, где расширение сети экономически нецелесообразно, электрификация, за счет децентрализованных решений на основе возобновляемых местных источников, набирает обороты как средство обеспечения всеобщего доступа к энергии. Во многих случаях подобный подход остаётся самым дешевым и быстрым решением для обеспечения

электроэнергией удаленных сельских образований.

#### Литература:

1. Расторгуев В.М. О проблемах и путях развития сельских электрических сетей. // Вестник РГАЗУ. 2018. №29(34). С. 28-32.
2. Расторгуев В.М., Пенькова Д.В., Фигурин Д.И., Юдин С.П. К вопросу надежности сельских электросетей 10 кВ. // Вестник РГАЗУ. 2021. №36(41). С. 100-105.
3. Расторгуев В.М., Александров А.А., Алексеев А.С., Щедрин Р.П. Выбор схемных решений сельских электрических сетей. // Вестник РГАЗУ. 2020. №34(39). С. 88-94.

УДК 62-192

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ВИБРОДИАГНОСТИКИ

**Аксенов И.И.**, ст. преподаватель кафедры электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I», e-mail: igor.aksenov1989@ya.ru

**Афоничев Д.Н.**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I», e-mail: dmafonichev@ya.ru

**Зобов С.Ю.**, к.т.н., доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», e-mail: nicena@yandex.ru

*Для совершенствования вибродиагностики машин и сооружений разработано устройство вибродиагностики на основе Bluetooth модуля. Оно не уступает в функциональности известным аналогам и дешевле их.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.* техническая диагностика, вибродиагноститка, измерительные преобразователи, пьезоэлектрический преобразователь, информация, измерение.

Увеличение производства зерна является основой устойчивого функционирования всего агропромышленного комплекса и обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации. Получение высококачественного товарного зерна обеспечивает незамедлительная, без промежуточного хранения, послеуборочная обработка поступающего с поля вороха с его разделением на фракции. Для этого используются различные зерноочистительные агрегаты, в частности машины, осуществляющие очистку вороха на плоских решетках.

Техническая диагностика – область знаний, охватывающая методы и средства определения технического состояния объектов [1]. Диагностика состояния машин и оценка степени опасности повреждения на основе

данных контроля вибрации – один из наиболее эффективных методов повышения надежности оборудования [1].

Пьезоэлектрические преобразователи применяют для измерения параметров абсолютных колебаний, не вращающихся частей механизмов. Пьезоэлектрические преобразователи обладают высокими метрологическими свойствами, широким амплитудным и частотным диапазоном, высокой надежностью и сравнительно низкой стоимостью.

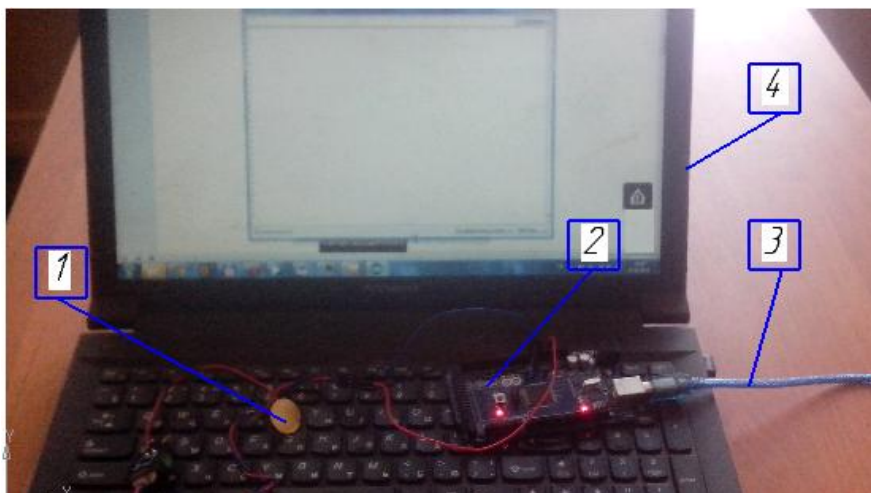
Своевременная и качественная диагностика машин позволяет получить следующие эффекты [1]: сокращение простоя машин; снижение затрат на текущий ремонт, увеличение межремонтного периода, повышение производительности, снижение энергозатрат, повышение безопасности основных и вспомогательных работ.

Присутствующие на рынке современные приборы вибродиагностики эффективно используются при диагностике технического состояния машин, но в силу определенных недостатков (высокая цена, отсутствие дистанционно передающих устройств и т.д.) не нашли широкого применения. Поэтому целесообразно создать более дешевое и удобное в использовании средство вибродиагностики сельскохозяйственной техники [2,3,4].

На рынке существует большое количество микропроцессорных устройств пригодных для выполнения поставленной задачи. Среди них нужно выделить Raspberry Pi, BeagleBone, Arduino [5,6]. Сравнив данные устройства, приходим к выводу, что для решения поставленной задачи подходят платы марки Arduino. Их главные преимущества:

- низкая цена;
- большое количество разнообразных плат, отличающихся друг от друга размерами, используемыми микроконтроллерами и т.д.;
- сравнительная легкость программирования (используется компилятор AVR-GCC, обязательную в C++ функцию main() препроцессор Ардуино создает сам и т.д.);
- документация на аппаратную часть и программный код общедоступна и может использоваться практически без ограничений (существует немало количество аналогов, позволяющих делать любые действия безо всяких ограничений, а по существующей документации можно создать любую плату под себя).

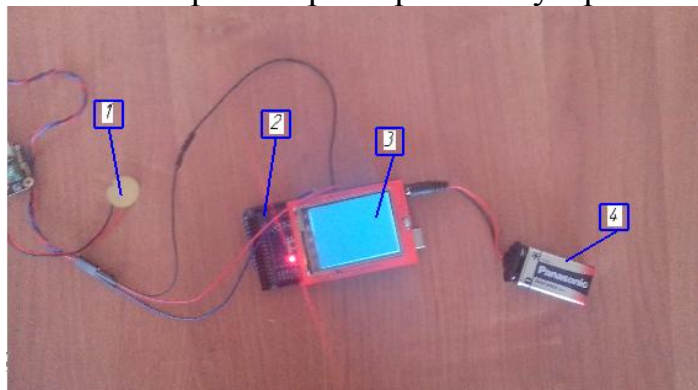
В начале исследований было создано простейшее устройство для снятия параметров вибраций (рис. 1).



*Рис. 1. Первый прототип устройства*

*1 – чувствительный элемент (пьезодатчик); 2 – плата (Arduino Mega);  
3 – соединительный элемент (USB кабель); 4 – ноутбук (монитор последовательного порта)*

Первый прототип не был автономным, так как данные в режиме реального времени показывались лишь на мониторе ноутбука или компьютера. Проанализировав технические проблемы, через некоторое время был разработан и собран второй прототип устройства (рис.2).

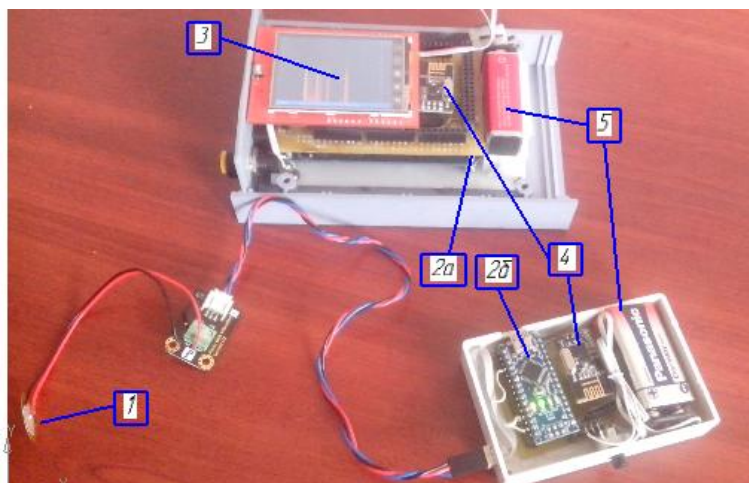


*Рис. 2. Второй прототип устройства*

*1 – чувствительный элемент (пьезодатчик); 2 – плата (Arduino Mega);  
3 – сенсорный LCD-экран; 4 – источник питания (батарея типа «Крона»)*

Но и второй прототип устройства не был достаточно эффективным в процессе снятия параметров вибрации (все устройство находилось в непосредственной близости от источника вибрации). В скором времени было разработано более универсальное устройство (рис. 3). На LCD-экране строятся два графика:

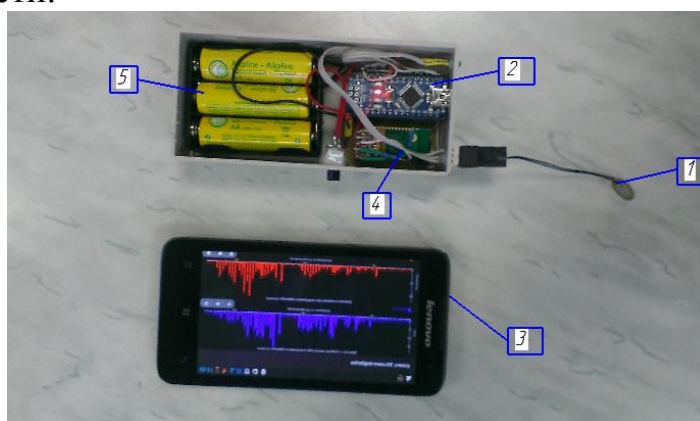
- график зависимости средней амплитуды от времени;
- график суммы всех колебаний за интервал времени  $x$  (по умолчанию,  $x = 0,1$  с).



*Рис. 3. Третий прототип устройства*

*1 – чувствительный элемент (пьезодатчик); 2а – плата Arduino Mega; 2б – плата Arduino nano; 3 – сенсорный LCD-экран; 4 – приемопередающие элементы (NRF24L01+ трансивер); 5 – источник питания (батарея типа «Крона»)*

В силу определенных проблем (невозможно записывать полученные данные на miniSD карту без прерывания процесса отображения графиков, низкой помехозащищенности) было решено разработать и собрать более совершенное устройство вибродиагностики на основе Bluetooth-модуля (рис.4) для увеличения количества выполняемых задач и повышения помехоустойчивости.



*Рис. 4. Устройство вибродиагностики на основе Bluetooth-модуля*

*1 – чувствительный элемент (пьезодатчик); 2 – плата Arduino nano; 3 – смартфон/планшет (ОС Android); 4 – приемопередающий элемент (Bluetooth модуль); 5 – источник питания (3 батареи типа «АА»); 6 – воспроизведение результатов измерений мониторе мобильного телефона*

Его отличительной особенностью является использование в качестве принимающего устройства смартфона или планшета на операционной системе Android, для чего была написана специальная программа, на которую получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018660711. Данное устройство вибродиагностики на основе Bluetooth-модуля обеспечивает автоматический сбор



информации с датчиков, установленных на контролируемой машине, с передачей информации компьютеру или на мобильный телефон, и последующим представлением результатов в виде временных диаграмм. Оно может быть эффективно использовано при технической диагностике машин (по уровню вибрации).

Функции устройства вибродиагностики на основе Bluetooth-модуля: запись данных в текстовый файл для последующего отображения или в самой программе, или в других программах, принудительная пауза/старт показ графиков, стирание необходимого графика, отключение/включение Bluetooth-режима, задание интервала времени (5 мс, 10 мс, 50 мс, 100 мс, 1 с.), загрузка и воспроизведение ранее записанных графиков из текстового файла, ручное и автоматическое масштабирование графиков.

В перспективе возможно изменение и дополнение функций принимающего устройства, небольшое изменение передающего устройства.

На рисунках 5, 6 и 7 представлены программные коды разных прототипов.

```
//Arduino Sample code
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //
}
void loop()
{
  int val;
  val=analogRead(0);//Connect the sensor to analog pin 0
  Serial.println(val,DEC);//
  delay(100);
}
```

Рис. 5. Программный код, используемый в первом и втором прототипах устройства

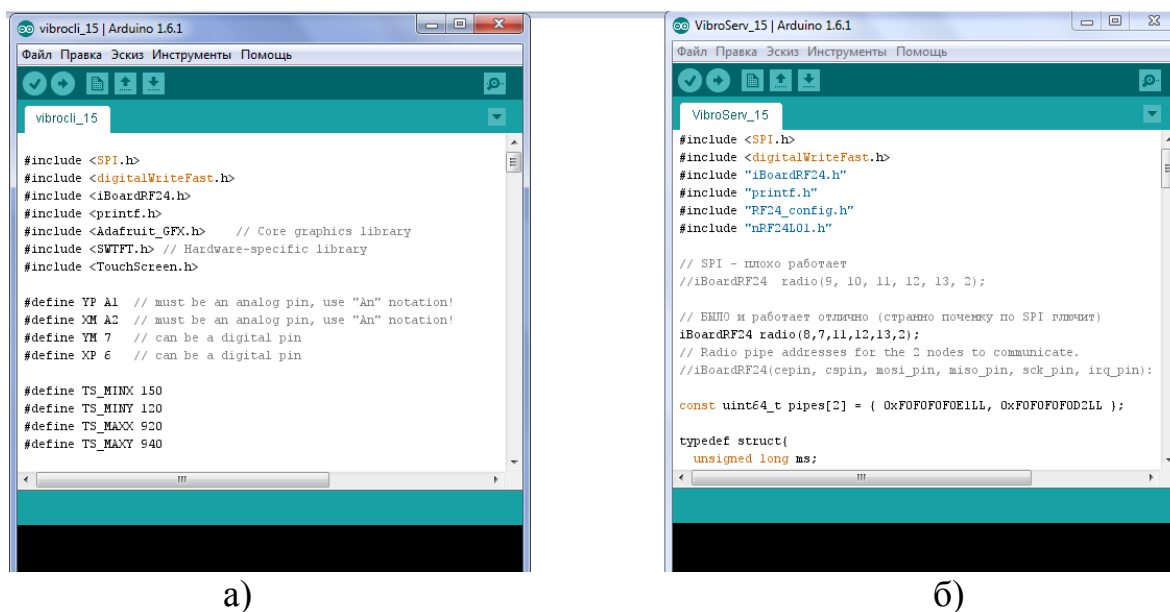


Рис. 6. Фрагмент программного кода, используемого в третьем прототипе устройства  
а – устройство с датчиком, б – принимающее устройство





Рис. 7. Фрагмент программного кода устройства вибродиагностики на основе Bluetooth-модуля

Для повышения надежности, производительности диагностики, уменьшения затрат на обслуживание и ремонт машин и оборудования нужно совершенствовать методы и средства технической диагностики, и в частности вибродиагностики.

### Литература:

1. Клюев В.В. Технические средства диагностирования: Справочник [Текст] / В.В. Клюев, П.П. Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др. М.: Машиностроение, 1989. 672 с.
2. Аксенов И.И. Особенности вибрационной диагностики технического состояния сельскохозяйственных машин [Текст] / И.И. Аксенов // Актуальные направления научных исследований XXI века: сб. научн. тр. по матер. междунар. зочн. научно-практич. конф. – 2014. № 3. Ч 4. Междунар. научно-техн. конф. «Эколого-ресурсосберегающие технологии и системы в лесном и сельском хозяйстве» / Воронежская государственная лесотехническая академия. Воронеж, 2014. С. 388–392.
3. Аксенов И.И. Особенности приборной диагностики технического состояния машин [Текст] / И.И. Аксенов // Актуальные направления научных исследований XXI века: сб. научн. тр. по матер. междунар. зочн. научно-практич. конф. 2014. № 3. Ч.3. Междунар. научн.-техн. конф. «I-й Европейский лесопромышленный форум молодежи» / Воронежская государственная лесотехническая академия. Воронеж, 2014. С. 132–137.
4. Афоничев Д.Н. Ресурсосбережение в сельском хозяйстве на основе использования современных средств вибрационной диагностики машин [Текст] / Д.Н. Афоничев, И.И. Аксенов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. научн. тр. по матер. междунар. зочн. научно-практич. конф. 2014. № 5. Ч.3(10–3). Междунар. научно-техн. конф. «Техника и технологии – мост в будущее» / ВГЛТА. Воронеж, 2014. С. 187–191.
5. Голощанов А. Google Android: программирование для мобильных устройств [Текст]. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 448 с.
6. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino [Текст]. – С-Пб.: БХВ-Петербург, 2012. 256 с.

## СИСТЕМА ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦЫ НА ОСНОВЕ ОДНОФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ С КОАКСИАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

**Шичков Л.П.**, д.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: A-040506@yandex.ru, тел.: 8(916) 318-08-77,

**Струков А.Н.**, к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: struki@bk.ru, тел.: 8(926) 189-80-52,

**Сидоров А.В.**, к.э.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: asi915@mail.ru, тел.: 8(495) 521-48-81

*С каждым годом технологические процессы на объектах сельскохозяйственного назначения совершенствуются, заменяя старое оборудование на новое с новыми улучшенными характеристиками, где степень участия человека с ростом автоматизации процессов сельскохозяйственного производства, уменьшается.*

*Многие объекты сельскохозяйственного назначения относятся к объектам первой категории энергоснабжения, а это означает, что для гарантированного обеспечения непрерывности производственного цикла необходимо обязательное резервирование сети снабжения электричеством. Сбой в подаче электроэнергии на объектах первой категории может повлечь за собой возникновение опасности для человеческой жизни, поломку механизмов и оборудования, сбой технологических процессов, нанесение материального ущерба и много других нежелательных процессов. Для решения таких проблем, учитывая необходимость создания бесперебойного производственного цикла, для резервирования основной электроцепи принято использовать дизельные генераторы повышенной надежности.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дизельный генератор, резервные источники, системы аварийного ввода резерва, резервный режим, бензиновый генератор.*

Заниматься выращиванием тюльпанов, как и любых других цветов, намного удобнее и выгоднее на приусадебном участке где-либо за чертой города. Чтобы максимально снизить затраты желательно, чтобы у вас в наличии была собственная территория.

Поскольку получить свежие цветы нужно уже к началу весны, заниматься разведением и выгонкой придется зимой. Для обеспечения оптимальных условий необходимо соорудить теплицу. Сегодня самым популярным и выгодным материалом для этого считается поликарбонат. Из него в разных регионах России изготавливают специальные сооружения различного размера и формы. В нашей статье предложена типовая теплица для выращивания тюльпанов в средней полосе нашей страны (рис. 1).

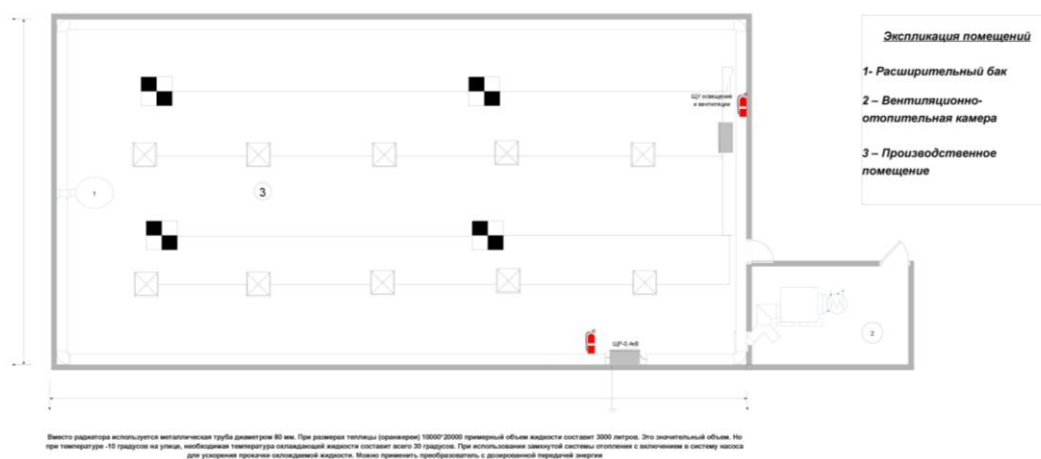
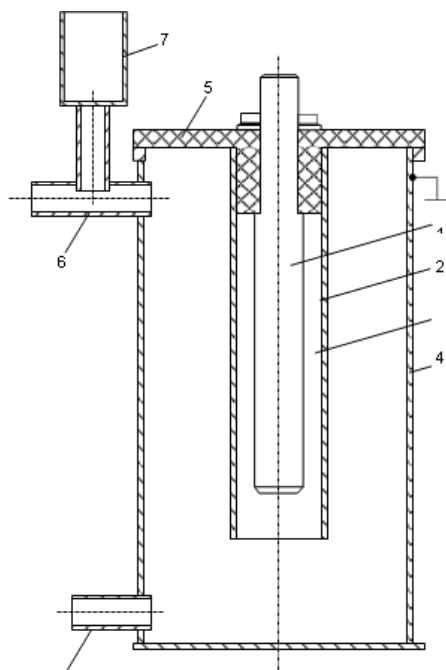


Рис. 1. План теплицы

Вместо радиатора используется металлическая труба диаметром 80 мм. При размерах теплицы (оранжереи) 10000\*20000 примерный объем жидкости составит 3000 литров. Это значительный объем. Но при температуре -10 градусов на улице, необходимая температура охлаждающей жидкости составит всего 30 градусов. При использовании замкнутой системы отопления с включением в систему насоса для ускорения прокачки охлаждаемой жидкости. Можно применить преобразователь с дозированной передачей энергии

Предложен источник импульсного тока для специальных электротехнологий, который подключается к промышленной сети переменного тока и нагружен на нагрузку с малым омическим сопротивлением.

В установках локального электронагрева с питанием от сети переменного тока для обеспечения работы указанных электроустановок на низкоомную нагрузку и согласования параметров нагрузки с питающей сетью используют силовые понижающие трансформаторы [1]. Это приводит к существенному увеличению массогабаритных показателей таких установок и возрастанию их стоимости. В значительной степени преодолеть указанные недостатки и в ряде случаев расширить функциональные возможности указанных электроустановок можно путём замены силового понижающего трансформатора вентильно-конденсаторным преобразователем с дозированной передачей энергии (ВКП с ДПЭ).



*Рис. 2. Конструкция однофазного электродного водонагревателя с коаксиальной системой трубчатых электродов: 1 – внутренний фазный электрод; 2 – наружный нулевой электрод; 3 – межэлектродный зазор; 4 – корпус; 5 – электроизоляционная крышка; 6, 7 – выходной патрубок с расширительной ёмкостью; 8 – входной патрубок*

Система нагрева воды основана на использовании электродного водонагревателя при питании от однофазной сети переменного тока через вентильно – конденсаторный преобразователя (ВКП) с дозированной передачей энергии (ДПЭ) для обеспечения стабилизации и регулирования тока и мощности электродных водо - нагревателей и повышения надёжности их работы (рис. 2).

В сельском хозяйстве применяются проточные и непроточные (накопительные), однофазные и трёхфазные электродные водонагреватели с различными типами электродных систем, которые используются для нагрева воды под технологические нужды и обогрева различных помещений и сооружений защищённого грунта. Наиболее распространённым является однофазный электродный водонагреватель с коаксиальной системой электродов, рис. 2. В ряде конструкций проточных и накопительных водонагревателей корпус нагревателя имеет тепловую и электрическую изоляцию. На рисунке 3 представлена схема трубопровода в теплице.

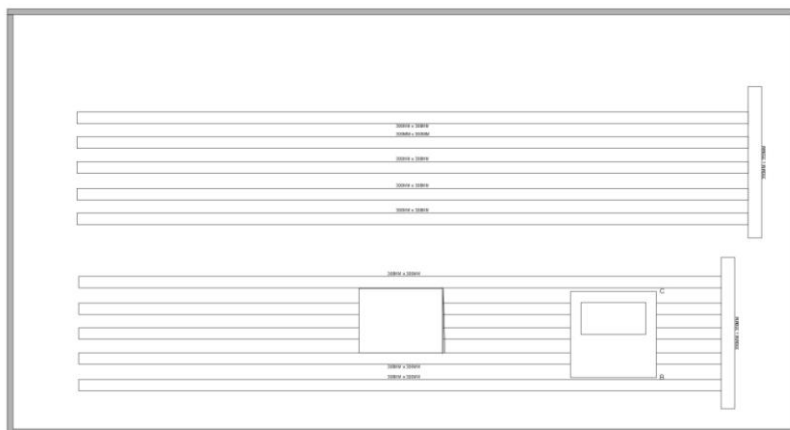


Рис. 3. Схема расположения труб отопления в теплице

Использование однофазных электродных водонагревателей включением через ВКП с ДПЭ позволяет регулировать и стабилизировать мощность нагрева и, тем самым, повысить электробезопасность, функциональность и надёжность электродных водонагревателей.

#### Литература:

1. Бар В.И. Электротехнологические установки и их источники питания. Тольятти 2002. 105 с.
2. Шичков Л.П., Струков А.Н. Электродный водонагреватель дозированной мощности для установок нагрева и обогрева // Агроинженерия. 2021. № 4(104). С. 72-75.
3. Беззубцева М.М. Электротехнологии и электротехнологические установки в АПК. / Учебное пособие. СпбГАУ.: 2012. 244 с.
4. Сафонов В.И. Электротехнологические установки. / Учебное пособие. Челябинск: Юж-Ур ГУ, 2014. 125 с.

УДК 681.5

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КОЖУХОТРУБНОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ С ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

**Калинин Ц.И.** к.т.н., доцент, e-mail: kalinin\_cezar@mail.ru, тел: 8(913) 235-93-48, Алтайский государственный аграрный университет, г.Барнаул, Российская Федерация

**Куницын Р.А.** к.т.н., доцент, e-mail: kynizin\_roman@mail.ru, тел: 8(923) 640-64-45, Алтайский государственный аграрный университет, г.Барнаул, Российская Федерация

*Рассмотрены вопросы оценки устойчивости в системе автоматического управления (САУ) температуры в жидкостно-паровых теплообменниках с пропорциональными (П) регуляторами на основе предложенной динамической модели. Определение устойчивости и запаса устойчивости проведено на основе частотных*

*критериев Найквиста.*

*Предложена методика сравнительной оценки показателей устойчивости, что позволяет провести оценку наиболее точно и оптимально выбрать показатели настройки регулятора для достижения заданного качества регулирования.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Устойчивость системы автоматического управления, динамическая модель объекта, пропорциональный регулятор, критерии Найквиста.*

## **Введение**

Качество регулирования в САУ определяется динамическими свойствами объекта и регулятора и основным, первоначальным условием ее работоспособности, является наличие устойчивости и величина показателей запаса устойчивости.

Математические условия устойчивости САУ связаны с составлением и решением дифференциальных уравнений описывающих динамику системы управления. Но, в инженерной практике наибольшее применение нашли частотные показатели устойчивости на основе критерия Найквиста которые позволяют судить об устойчивости замкнутой САУ по передаточной функции элементов системы простыми графоаналитическими методами [1].

Целью работы является сравнительная оценка показателей устойчивости САУ по динамической модели в кожухотрубном теплообменнике с пропорциональным регулятором и оценка показателей регулирования.

Задачи исследования:

- провести сравнительные исследование устойчивости САУ по динамической модели объекта по критериям Найквиста;
- установить показатели устойчивости и провести анализ результатов исследования для оценки качества регулирования с пропорциональным регулятором.

Объект и методы исследования.

Объектом исследования является САУ температуры жидкости в кожухотрубном паровом теплообменнике.

Методом исследования является анализ устойчивости системы на основе предложенной динамической модели по передаточным функциям разомкнутой САУ по частотным критериям Найквиста.

Анализ устойчивости по методу Найквиста основан на построении амплитуднофазочастотной характеристики АФЧХ (годограф Найквиста) по показательной функции разомкнутой САУ на комплексной плоскости и определения запаса устойчивости по модулю (коэффициенту передачи) и фазе в градусах.

Так же устойчивость по методу Найквиста определяются при совместном анализе логарифмических, амплитудных и фазовых характеристик по амплитудно-фазовой диаграмме [1].

**Результаты и их обсуждения**

а) Находим передаточную функцию  $[W_c(S)]$  разомкнутой САУ:

$$W_c(S) = W_{\Theta}(S) \times W_p(S) = \frac{e^{-0.6S}}{1+7S} \times 2 = \frac{12e^{-0.6S}}{1+7S}; \quad (1)$$

где  $W_{\Theta}(S) = \frac{e^{-0.6S}}{1+7S}$  - передаточная функция объекта;

$W_p(S) = 2$  - передаточная функция пропорционального регулятора.

б) Выразим  $W_c(S)$  при  $\tau=0$

$$W_c(S) = \frac{12}{1+7S}; \quad (2)$$

с) Выражаем передаточную функцию через комплексную переменную  $j\omega$  выделяем вещественную и мнимую части, а также модуль, фазу функции и заносим полученные величины в таблицу 1:

$$d) \quad W_c(j\omega) = \frac{12 \times (-7j\omega)}{(1+7j\omega) \times (1-7j\omega)} = \frac{12-84j\omega}{1+49\omega^2};$$

(3)

$$\text{где } R_a = \frac{12}{1+49\omega^2}, \quad J_m = \frac{-84\omega}{1+49\omega^2};$$

Таблица 1

Расчетные данные частотных характеристик

Параметр	Величина									
	$\omega$ р/с	0	0.4	0.2	0.5	0.6	0.8	1	2	3
$R_a$	12	8	4	0.9	0.64	0.37	0.24	0.06	0,02	0.01
$J_m$	0	5.6	5.7	3.2	2.7	2.1	1.7	0.85	0,56	0.34
$\varphi$	0	35	55	74	76	80	81	85	86	88
$\Delta\varphi_{\tau}$	0	3.4	6.8	17.1	20.5	27.4	34.2	68.4	102	171
$\Sigma \varphi$	0	38.4	61.8	91.1	96.5	107.4	115.2	153.4	188	259
A	12	9.8	7	3.3	2.8	2.1	1.7	0.85	0,56	0.34
$L_A$ (Дб)	21.6	19.8	16.9	10.4	8.9	6.4	4.6	-1.4	-5,7	-9.4

е) Находим общую фазу с учетом сдвига фазы по запаздыванию  $\tau$ ,  $\Delta\varphi^{\circ}=57\tau\omega$  и величину амплитуды в децибелах  $L_A=20\lg A$ .

Годограф Найквиста (АФЧХ) показан на рис. 1.

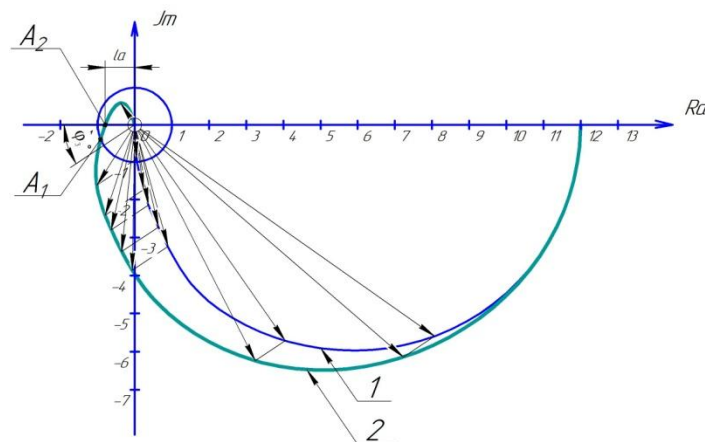


Рис. 1. Годограф Найквиста САУ с пропорциональным регулятором

где 1- годограф при  $\tau=0$ ;

2 - годограф при  $\tau=0,6$ ;

$\phi_3=36^\circ$  ;

$I_a=0,6$ .

Запас по модулю определяется как число, на которое должен быть умножен  $K$  разомкнутой системы, что бы замкнутая САУ оказалась на границе устойчивости. На графике АФЧХ это координата  $A_2$ ,  $I_{A2}=0.6$ , и соответственно  $K_3=1/I_a=1/0,6=1,7$ .

Запас по фазе определяется наименьшей величиной угла, на которой нужно повернуть годограф Найквиста, так что бы он прошел через точку –  $R_a=1$ ,  $J_m=0$  обозначается как  $\Delta\phi_3=36^\circ$ .

Система автоматизированного управления с пропорциональным регулятором при  $K_p=2$  является устойчивой и имеет по модулю  $K_3=1,7$  и фазе  $\Delta\phi_3=36^\circ$ .

Второй сравнимый показатель устойчивости найден при помощи амплитудно-фазовой диаграммы представленный на рис. 2.

На диаграмме изображаются зависимости модуля частотной функции в децибелах  $L$  (Дб) от фазового сдвига, причем, частота на диаграмме является изменяемым задаваемым параметром. При этом амплитудно-фазовая диаграмма несет аналогичную информацию, что и годограф Найквиста.

### Методика

а) Записываем передаточную функцию разомкнутой САУ:

$$W_c(S) = \frac{12e^{-0.6S}}{1+7S};$$

б) Выражаем передаточную функцию через комплексную переменную выражаем  $W_c(S)$  через  $j\omega$  и находим вещественную и мнимую части, а так же модуль, фазу функции и заносим полученные величины в таблицу 1

с) По оси абсцисс откладываем в масштабе фазовый сдвиг  $0 \leq \pi \leq 360$  по оси ординат соответствующее значение модуля частотной функции в Дб и в точках пересечения координат отмечаем значения  $\Delta L$  и  $\Delta\phi$ . Общий вид диаграммы показан на рис. 3,

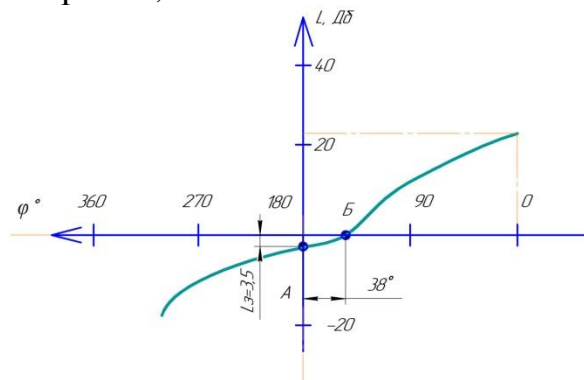


Рис. 2. Амплитудно-фазовая диаграмма



Запас по модулю  $L_3=3,5$  Дб (точка А)  $K_3=\text{antlog } 3,5/20=1,5$  определяется в точке пересечения частотной характеристики с  $\varphi=180^\circ$ . Запас по фазе  $\Delta\varphi=38^\circ$  (точка Б) определяется в точке пересечения частотной характеристики при  $L_{дб}=0$ .

#### **Выводы:**

1. Сравниваем показатели устойчивости (запас по модулю в фазе) для двух случаев исследования устойчивости;

а. по годографу Найквиста  $K_3=1,7$ ;  $\varphi_3=36^\circ$

б. по амплитудно-фазовой диаграмме  $K_3=1,5$ ;  $\varphi_3=38^\circ$

Таким образом, САУ с пропорциональным регулятором при  $K_p=2$  устойчива по двум способам исследования устойчивости. Принимаем средние арифметические значения показателей устойчивости  $K_3=1,6$ ;  $\varphi_3=37^\circ$ .

2. Опытном настроем САУ установлено, что для нормальной работы многих типов САУ необходимо обеспечивать следующие запасы устойчивости  $K_3 \approx 1,5$   $\Delta\varphi_3 \geq 40^\circ$ .

Исходя из технологических требований эти значения могут быть скорректированы [6].

3. Опытным путем установлено, что заданные показатели регулирования ошибка  $\Delta x \leq 5\%$ , при  $K_p=2$ , для жидкостно-парового теплообменника с динамической моделью  $W_c(S) = \frac{12e^{-0.6S}}{1+7S}$  с показателями динамики  $K_0=6$  с.,  $T_0=7$  с.,  $\tau_0=6$  с. гарантированно выполняются на основе установленных запасов устойчивости по модулю и фазе [8].

#### **Литература:**

1. Филлипс Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филлипс, Р. Харбор. - М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. 616 с.

2. Шкатов Е.Ф., Шувалов В. В. Основы автоматизации технологических процессов химических производств / Е.Ф. Шкатов, В.В. Шувалов. М.: Химия, 1988. 303 с.

3. Востриков, А.С. Теория автоматического регулирования: учебник и практикум для академического бакалавриата / А.С. Востриков, Г.А. Французова. М.: Издательство Юрайт, 2017. 279 с.

4. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования 2-е изд., перераб. и доп.К-: Выща шк. Головное изд-во, 1989. 431 с.

5. Калинин Ц.И. Идентификация объектов автоматики с помощью переходной и частотной функций / Ц.И. Калинин, Р.А. Куницын // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 7 С. 105-110

6. Дементьев А.В. Анализ существующих автоматизированных систем управления технологическим процессом // Студенческий. 2020. №21-1(107). С. 30-60.

7. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1978. 736 с.

8. Калинин Ц.И. Оценка устойчивости системы автоматического управления

температуры в паровом теплообменнике с пропорциональным регулятором / Ц.И. Калинин, Р.А. Куницын // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов: в 2 кн./ XVII Международная научно-практическая конференция (9-10 февраля 2022 г.). Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2022. Кн. 2. С. 39-40

УДК 621.311

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

**Переверзев А.А.**, к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail:, тел: 8(923) 640-64-45

**Белоха С.И.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем e-mail: ser.bel95@yandex.ru

**Семенихин А.В.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем

*Проведен обзор и анализ состояния, причин и последствий аварийных отказов в сельских распределительных электрических сетях. Рассматриваются предложения по использованию информационных моделей, систем и технологий в управлении предприятиями электрических сетей, способных повысить надежность электроснабжения.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: распределенная электрическая сеть, особенности эксплуатации, повышение надежности, информационные технологии.*

Сельские линии электропередачи (ЛЭП) распределительных электрических сетей (РЭС) напряжением 6-10-35 кВ осуществляют централизованное электроснабжение большинства потребителей от районных подстанций (ПС).

К основным особенностям эксплуатации сельских РЭС, питающихся от районных ПС напряжением 35-110/6-10 кВ, следует отнести – среднюю степень износа (эксплуатация за пределами нормативного срока) подстанционных и сетевых объектов составляет свыше 70%;

- функционирование ПС осуществляется без постоянного дежурного персонала;

- ПС и РЭС распределены по большой территории и находятся далеко друг от друга и от диспетчерских пунктов (по сравнению с городскими и промышленными);

- отходящие от ПС линии в основном воздушные (ВЛ), в отличие от городских и промышленных ПС, где отходящие линии – преимущественно кабельные.

Поэтому сельские ПС и сети в большей степени подвержены атмосферным перенапряжениям и другим негативным воздействиям;

- в городах и на крупных промышленных предприятиях, где может

находиться до нескольких единиц подобных ПС, имеются специализированные цеха, участки и другие подразделения по эксплуатации сетей.

В сельскохозяйственных районах РЭС нет возможности содержать подобные подразделения. В этих условиях небольшая выездная бригада электриков периодически обслуживает имеющееся подстанционное и сетевое электрооборудование; - прогрессирующее сокращение квалифицированного и технически грамотного оперативного и ремонтного электротехнического персонала также играет немаловажную роль. В предприятиях сельских РЭС подобные функции исполняют люди далекие от вопросов быстрого и квалифицированного решения проблем и вопросов, возникающих в процессе эксплуатации сетевого и подстанционного электрооборудования. Поэтому в большинстве случаев причинами отказов являются неправильные режимы их применения (15–35%), недостатки эксплуатации (35–50%) и низкое качество проводимых ремонтов.

Причины аварийных отказов сетевого электрооборудования можно подразделить на природно-климатические и эксплуатационные. Более половины повреждений и разрушений ВЛ происходит из-за воздействия таких факторов окружающей среды, как грозовая и ветровая деятельность, гололедные отложения, дожди, мокрый снег, густой туман, изморозь, роса, солнечная радиация. Применительно к открыто установленному сетевому электрооборудованию (изоляторы, разрядники, ограничители перенапряжения, разъединители опоры и др.) к факторам окружающей среды, являющимися причинами отказов, относятся также атмосферное давление, солнечная радиация, температура окружающей среды, загрязненность атмосферы, близость к сельскохозяйственным объектам (животноводческие помещения, птичники, хранилища удобрений и др.) с химически-активными газовыми и пылевыми выделениями.

К эксплуатационным факторам относят конструктивные дефекты оборудования, низкий уровень обслуживания электрооборудования, ошибки при проектировании и монтаже, анормальные режимы работы (перегрузки элементов электроустановок, токи коротких замыканий, дуговые, коммутационные и резонансные виды перенапряжений. Отдельную группу факторов, влияющих на показатели надежности ЛЭП в эксплуатации, составляют случайные факторы: повреждение электрооборудования животными и птицами, наезд транспорта, пожары, падения веток и деревьев (24–35%). Отказы элементов сети, могут быть неустойчивыми и устойчивыми. При неустойчивом отказе РЭС переходит в работоспособное состояние при автоматическом повторном включении, например, после схлестывания проводов. При устойчивом отказе только выполнение ремонтных работ позволяет подключить электроприемники к сети. Устойчивые отказы, в свою очередь, могут быть внезапными (аварийными) и преднамеренными (планируемыми). Неустойчивые отказы,

как правило, не ухудшают работу потребителей. О времени и длительности планируемых перерывов потребитель извещается заранее, имея возможность подготовиться, и минимизировать последствия перерыва в электроснабжении. Наибольший ущерб потребителям наносят аварийные перерывы. Поэтому в качестве показателей, характеризующих надежность электроснабжения, используют количество и длительность аварийных перерывов в электроснабжении потребителей, а также недоотпуск электроэнергии. Наиболее тяжелыми по своим последствиям являются воздействия стихийных явлений, приводящие к массовым авариям. РЭС 6-10 кВ практически не выдерживают любых стихийных явлений. В таких случаях отключается на длительное время большое число потребителей независимо от наличия резервного питания, что существенно ухудшает энергообеспечение и управление электроэнергетическими системами.

Опыт эксплуатации показывает, что повреждаемость электрических сетей неравномерна в течение года. Распределение причин отключений РЭС имеет выраженный сезонный характер. Падение деревьев из-за большей парусности кроны деревьев приходится в 70% случаев на осенне-летний период, старение изоляции чаще сказывается в весенне-летний период (до 61%). Грозовые отключения происходят на две трети в летний период, а гололед – в зимний (до 92%). Скорость ветра выше расчетного значения приводит к повреждениям чаще всего весной и осенью (до 85%). Птицы вызывают аварийные ситуации в периоды активных перелетов: на 93% весной и осенью. С началом посевных работ резко возрастают наезды транспорта на опоры ЛЭП, а механические повреждения и перегрузки практически приходятся на зимний период.

Наименее надежными элементами сельских РЭС являются ВЛ, на долю которых приходится большинство всех сетевых нарушений. Причины повреждения, пробой изоляторов, повреждение провода, неисправность у потребителей, пробой кабельного ввода в ПС или ТП 11, повреждение опоры, грозовые отключения, прочие. Общими характерными неисправностями основных элементов опор ВЛ являются - отклонения стоек вдоль и поперек ВЛ сверх допустимых норм; отклонения от проектного положения отдельных элементов опор (траверсы от горизонтали, разворот траверсы); - коррозия деталей опор; деформация элементов; дефекты сварных швов; ослабление болтовых и заклепочных соединений; разрушение лакокрасочного или цинкового покрытия; неплотное прилегание элементов опоры; повреждение металлоконструкций; коррозионные потери металла в узловых соединениях и на свободной поверхности элементов; трещины, раковины, щели, пятна на бетоне, смещение каркаса арматуры, оголение и ржавление арматуры; ослабление тросовых оттяжек; наличие на опорах птичьих гнезд и посторонних предметов.

Состояния проводов и грозозащитных тросов характеризуется общими

неисправностями:

- расплетение провода; наличие мест, где провод раздавлен, сплюснен;
- изменение цвета провода (пестрота, темные пятна, сплошное изменение цвета);
- наличие набросов, оборванных или перегоревших проволок, следов перекрытия, оплавления и вспучивание верхнего повива;
- изменение стрел провеса и габарита ВЛ;
- уменьшение количества изоляторов в гирлянде;
- механические повреждения фарфора или стекла изоляторов;
- следы перекрытия гирлянд и отдельных изоляторов (повреждение глазури, разрушение фарфора, стекла, оплавления армировки изоляторов и арматуры гирлянд);
- загрязнение изоляторов сельскохозяйственными уносами и птицами.

Состояние заземляющих устройств и их неисправности:

- повреждения или обрывы заземляющих спусков на опоре и у земли;
- неудовлетворительный контакт в болтовых соединениях грозозащитного троса с заземляющими спусками или телом опоры;
- неудовлетворительный контакт соединения заземлителя с телом опоры (арматурой железобетонной опоры);
- отсутствие скоб, прикрепляющих заземляющие спуски к опоре;
- выступ заземлителей над поверхностью земли;
- превышение допустимого значения сопротивления заземления опоры.

Для организации поддержки эксплуатации в предприятиях сельских РЭС необходимы информационные модели основных элементов сети, помогающие эффективно использовать информационные системы.

Стратегия эксплуатации производственных активов предприятий РЭС, учитывая масштабное старение и износ сетевого электрооборудования, должна быть ориентирована на новые технологии и системы управления. Например, при планировании ремонтных запасов, большой эффективностью характеризуются экспертные системы, нейросетевые методы управления, оценки и прогнозирования хозяйственной деятельности предприятия. Подобные мероприятия при использовании результатов мониторинга и анализа отказов в сетевых хозяйствах позволят повысить надежность сельских РЭС и электроснабжения потребителей.

#### **Литература:**

1. Положение ПАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. М.: ПАО «Россети». 2013. 196 с.
2. Роцин О.А. Обзор систем электроснабжения сельских потребителей // Инновации в сельском хозяйстве. 2012. № 2. с. 2–9.
3. Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г., Пронь В.В. Особенности эксплуатации и мониторинга сельских районных подстанций напряжением 35–110 кВ // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 10. с. 30–32.

## РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

**Назаров А.В.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: nazandreas@yandex.ru, тел: 8(950) 601-74-67

**Бычков С.А.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: serega.bi4kov2013@yandex.ru, тел: 8(910) 138-92-28

**Закабунин А.В.**, к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем, zakabunin@yandex.ru.

*Процентное соотношение случаев правильной работы устройств РЗА от общего количества (99,8%) свидетельствует об обеспечении еедостаточной надежности. При этом наблюдается тенденция к снижению количества устаревших устройств (с 58,26% в 2019 году, до 56,85% в 2020 году). Процент случаев неправильного срабатывания по причине старения устройств составляет недопустимо большую долю (34%) от общего числа случаев неправильной работы.*

*Основной парк устройств РЗА составляют электромеханические устройства (77,5%), из которых 69,2% находятся в эксплуатации со сроком службы, превышающим нормативный. С устройствами РЗА на микроэлектронной базе ситуация аналогичная.*

*Представленные данные указывают на необходимость модернизации парка устройств как в части перехода на современные типы защит, так и в части обновления с учетом актуальных направлений развития РЗА.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: релейная защита и автоматика, микропроцессорные устройства*

### Направления развития РЗА

Стратегия развития электроэнергетики ставит перед нами целевые ориентиры по повышению надежности и эффективности функционирования электросетевого комплекса Российской Федерации. При этом принимаемые тарифные решения накладывают существенные ограничения на объем инвестиций.

В качестве основных направлений развития РЗУ, с учетом текущего состояния дел, определены следующие направления:

1. Функциональное развитие устройств РЗА, с учетом программы цифровизации электроэнергетики.

– определение подходов к выбору состава функций устройств РЗА, совершенствованию алгоритмов их работы и обеспечению самодиагностики (в аппаратной и программной части);

– разработка требований к дистанционному управлению устройствами

РЗА с выполнением требований, связанных с информационной безопасностью.

2. Стандартизация и типизация технологических процессов, связанных с разработкой, монтажом и эксплуатацией систем РЗА.

- установление единых подходов и типовых технологических операций в части организации эксплуатации устройств, повышение эргономичности и автоматизация процессов их технического обслуживания;

- разработка типовых технических решений и альбомов типовых схем вторичной коммутации, применение типовых шкафов (панелей), в том числе высокой степени заводской готовности;

3. Анализ причин возникновения отказов с разработкой мероприятий, связанных совершенствованием устройств РЗА:

- совершенствование и автоматизация процесса анализа неправильной работы и возникающих неисправностей микропроцессорных устройств РЗА;

- организация контроля качества процессов проектирования, создания (модернизации, реконструкции) и эксплуатации устройств РЗА;

- проведение исследований и разработка мероприятий по продлению ресурса устройств;

- модернизация (реконструкция) устройств и комплексов РЗА, находящихся в эксплуатации, у которых срок службы превышает нормативный.

### **Требования к современным устройствам РЗА и порядку их применения**

Для обеспечения энергетической безопасности страны в условиях экономической и технологической войны со странами запада, техническая политика в области РЗА должна базироваться на применении устройств и комплектующих микропроцессорной защиты преимущественно российского производства, которые обеспечивают при этом требуемые эксплуатационные и технические характеристики.

Основные требования к устройствам РЗА:

- блочно-модульное исполнение для возможности модернизации и ремонта персоналом эксплуатирующей организации;

- наличие средств самодиагностики с возможностью выявления неисправного блока, в том числе удаленно;

- наличие набора элементов свободно программируемой логики для реализации дополнительных логических функций;

- устройство должно иметь современные цифровые оптические и (или) электрические интерфейсы с возможностью интеграции в АСУ ТП с

использованием стандартных протоколов с оптимальной интеграцией функций в одном терминале;

- изменение уставок и конфигурация устройства должно быть возможно с использованием удаленного доступа;

- интерфейс «человек-машина» устройства должен быть эргономичным, информативным и интуитивно понятным;

- совмещение функций релейной защиты и противоаварийной автоматики в одном устройстве допустимо только при соответствующем обосновании;

- должны быть разработаны мероприятия для обеспечения возможности правильной совместной работы полуккомплектов продольных дифференциальных защит линий электропередач разных производителей;

- устройство должно быть укомплектовано руководством по эксплуатации, методическими указаниями по расчету уставок и выбору параметров настройки.

Срок службы разрабатываемых МП устройств РЗА, гарантированный изготовителем, должен составлять не менее 20 лет, с гарантийным сроком эксплуатации не менее 3 лет.

Совершенствование устройств РЗА должно предусматривать снижение эксплуатационных затрат за счет создания терминалов с развитой системой самодиагностики и организации дистанционного мониторинга состояния и качества работы РЗА.

При новом строительстве, модернизации (реконструкции) электросетевых объектов необходимо применять устройства РЗА, выполненные, как правило, на микропроцессорной элементной базе. Допускается применение устройств, выполненных на другой элементной базе при проведении частичной реконструкции или технического перевооружения объекта, а также при замене вышедших из строя (или выработавших установленный срок службы) электромеханических устройств, в исключительных случаях, когда применение МП устройств РЗА не оправдано экономически.

В настоящее время ряд решений МП РЗА предлагается на территории РФ.

Компания **«РЕЛЕМАТИКА»** основана 2001г. Основными направлениями деятельности являются разработка, производство, поставка и пуско-наладка микропроцессорных устройств и комплексов релейной защиты и автоматики для энергообъектов всех классов напряжений. Выполняется разработка сервисного, инженерного программного обеспечения и программно – технических комплексов для нужд служб РЗА. Широко известны микропроцессорные устройства РЗА «ТЭМП 2501», «ТОР 100, 200, 300», «ТОР 110-ИЗН», «ЗДЗ-01», «ТОР 120-ТТЗ», программно-технические комплексы для определения места повреждения



на воздушных линиях «ОМП Бреслер», «АРМ инженера-релейщика».

Создаются и внедряются специализированные программные решения, такие как геоинформационная система ОМП 3-35 кВ «ГИС ОМП»; ПТК «UniSCADA» для автоматизации энергообъектов; программа расчётов аварийных режимов электроэнергетических систем «ТКЗ++»; программа автоматизированного расчёта уставок защит «PSC»; Программный комплекс «Служба РЗА».

Компанией «РЗА СИСТЕМЗ» были разработаны и запущены в производство первые микроэлектронные реле тока в Российской Федерации, первые из которых были выпущены в 1995 году. На оборудовании «РЗА СИСТЕМЗ» реализованы и успешно эксплуатируются многочисленные проекты на станциях, подстанциях и РП классов напряжения от 6 кВ до 150 кВ. Компания сохраняет в производстве и модернизирует хорошо знакомые потребителю простые и надежные реле тока РС40М и РС80М, устройства РЗТ, ЗЗН-2, АПВ-2, АВРМ, дуговой защиты для модернизации действующих схем РЗА. Микропроцессорные устройства РС81 и РС82, совмещая в одном корпусе целый ряд функций, дополнительно обеспечивают регистрацию аварийных параметров, связь по RS-485, легко помещаясь в ячейках КСО. Все эти изделия отличаются хорошими характеристиками и функциональностью и удачно вписались в сегмент рынка простых и недорогих современных устройств релейной защиты. Устройства компании рекомендуются к применению на объектах ФСК ЕЭС и Холдинга МРСК РФ.

Научно-Технический Центр «Механотроника» основное внимание уделяет серийному выпуску микропроцессорных устройств релейной защиты, являясь разработчиком и надежным поставщиком интеллектуальных устройств на рынок России и стран СНГ начиная с 1990 года.

Предприятие предлагает заказчикам большой выбор технических решений и программного обеспечения по релейной защите и автоматике для энергетических объектов с классом напряжения от 0,4 до 220 кВ на современной элементной базе. Помимо этого, оно осуществляет проектирование, монтаж и пуско-наладка оборудования релейной защиты и автоматики, систем РЗА, АСУ и АСКУЭ с гарантийным и послегарантийным сервисным обслуживанием.

#### Литература:

1. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе, утверждено Советом директоров ОАО «Россети» (протокол № 138 от 23.10.2013).
2. IEC 61850 Communication networks and systems in substations.
3. «Концепция обеспечения информационной безопасности ОАО «Россети», утверждена и введена распоряжением ОАО «Россети» от 17.06.2014 № 249р.
4. ГОСТ Р 55438-2013 «ЕЭС и изолированно работающие энергосистемы».

Оперативно-диспетчерское управление. Релейная защита и автоматика. Взаимодействие субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и эксплуатации.

5. Приложение №1 к протоколу Правления ОАО «Россети» от 22.06.2015 № 356пр  
**КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА.** Москва, 2015

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. К вопросу выбора терминалов релейной защиты и автоматике 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. 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.

УДК 621.311

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»**

**Корнеев В.А.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем

**Мелков Е.В.** магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: melkovev@yandex.ru

**Закабунин А.В.**, к.т.н., доцент магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем

*Согласно оценкам экспертов, владельцу частного дома или квартиры необходимы только некоторые функции системы «умный дом», поэтому упрощённая система становится всё популярнее в России, так как гарантирует безопасность при экономии ресурсов владельцев домов.*

*Один из самых важных моментов в процессе монтажа смарт системы – выбор формата подключения задействованного оборудования и гаджетов к центру обработки информации и управления. Сегодня золотой стандарт – беспроводное подключение на удаленной основе. Для этого обычно используют удаленную точку доступа к Интернету или же различные радиоканалы. Какой из них для работы системы – определяется исходя из технических особенностей того или иного стандарта и особенностей эксплуатации системы.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** система умный дом, стандарты связи, протоколы

Полноценная система «умный дом», несмотря на то, что в современных реалиях это вложение весьма актуально, остаётся недешёвым вложением средств. Среди отечественных потребителей возросла потребность в обеспечении повышенной безопасности и экономного

потребления ресурсов.

Современные системы безопасности умного дома позволяют решить целый ряд задач, начиная от защиты жилья от несанкционированного взлома и проникновения злоумышленников, и заканчивая обеспечением контроля за утечкой газа, воды, защитой от пожара. При этом для функционирования охранной системы не требуется участие людей. Интеллектуальные системы в случае тревоги в соответствии с заложенным алгоритмом оповестят хозяина жилья, а также при соответствующих настройках вызовут нужную экстренную службу. В случае пожара система способна самостоятельно начать тушение огня, а в случае лопнувших труб – перекрыть подачу воды.

Датчики и оповещающие устройства могут оперативно реагировать на любые аварийные случаи. Поэтому многие владельцы загородных домов или роскошных коттеджей понимают, что установить систему «умный дом» намного дешевле, чем восстанавливать жильё, пострадавшее от пожара или проникновения злоумышленников.

Для полноценной реализации системы «умный дом» требуются дополнительные строительные работы под присмотром дизайнеров и архитекторов. Поэтому для максимальной экономии средств и времени лучше всего внедрять инновационные разработки на этапе проектирования нового дома. Неоспоримое преимущество системы «умный дом» состоит в том, что её функционал можно расширять в зависимости от потребностей владельца жилого помещения. Однако на практике не всегда удаётся повысить производительность системы, внедрив пару датчиков. В некоторых случаях необходимо переустанавливать систему целиком, что, конечно же, совсем не дёшево.

Согласно оценкам экспертов, владельцу частного дома или квартиры необходимы только некоторые функции системы «умный дом». Поэтому сегодня разработан целый класс доступных решений, который позволяет реализовать наиболее востребованные и необходимые функции. Упрощённая система «умный дом» становится всё популярнее в России, так как гарантирует безопасность и позволяет экономить ресурсы владельцам домов, которые имеют средний доход.

Один из самых важных моментов в процессе монтажа смарт системы – выбор формата подключения задействованного оборудования и гаджетов к центру обработки информации и управления. Проводное подключения посредством кабеля сегодня уже практически не используется из-за сложности проведения монтажных работ. Сегодня золотой стандарт – беспроводное подключение на удаленной основе. Для этого обычно используют удаленную точку доступа к Интернету или же различные радиоканалы. Какой из них для работы системы – можно определить исходя из технических особенностей того или иного стандарта и некоторых эксплуатационных нюансов.

## **Стандарт X10**

Этот стандарт был изобретен еще в далеком 1975 году. Долгое время X10 активно использовали для решения самых разнообразных задач, сегодня же он востребован для проектирования систем «умный дом». Секретом его актуальности является необычная универсальность при малой стоимости. Для того, чтобы активировать систему, монтажникам не потребуется прокладывать отдельный кабель. Для стабильной передачи сигнала обычно пользуются электропроводкой помещения. Также можно использовать трансиверы, которые способны улавливать радиосигнал от беспроводных устройств, преобразовывать его в необходимый вид и посылать в электросеть. Эта функция применяется для обеспечения взаимодействия с датчиками и пультами, обеспечивающих дистанционное управление.

X10 предлагает большое количество различных исполнительных модулей (актуаторов). Если их правильно подобрать, автоматика получает возможность руководить действиями электрических приборов, управлять освещением, отоплением, вентиляцией и системами охраны. Такой дом или квартира сможет сам принимать решение о необходимости полива садовых или домашних растений, открывать шторы, включать отопительную систему, зажигать свет. Специальные контроллеры следят за правильностью выполнения хода действий. Их работу можно запрограммировать, воспользовавшись специальным программным обеспечением, предварительно установленным на компьютера или планшете.

Из минусов такого стандарта отметим: достаточно низкая скорость передачи данных, что значительно снижает скорость взаимодействия между компонентами smart системы. Так, отклик на какое-либо действие выполняется с задержкой приблизительно в одну секунду. Так как передача действий выполняется последовательно друг за другом, то организовать сложное динамическое освещение с помощью данного протокола станет довольно сложной задачей. Еще один момент - для эксплуатации X10 может потребоваться некоторая доработка электрической проводки.

## **Протокол KNX**

Протокол KNX широко используется на Европейском континенте. Передача данных осуществляется через специальную шину (витую пару), электросеть либо же радиоканал. Для удобства чаще всего используют шину. По стандарту предусмотрены разные виды топологии сети. По итогу система должна обладать личным источником питания, но без наличия центрального контроллера. То есть, взаимодействие сенсоров и исполнительных модулей происходит напрямую. KNX отлично впишется в автоматизацию крупных зданий и помещений, ведь одна сеть может объединять до 58 тысяч устройств. Актуаторы отличаются между собой,

поэтому дом можно заполнить большим количеством нестандартных и при этом функциональных вещей.

### **Протокол Wi-Fi**

Сегодня протокол Wi-Fi можно найти практически в любом «умном доме». Этот стандарт обеспечивает высокие скорости и надежность подключения всех устройств. Именно он связывает смартфон или планшет с системой, которая уже является автоматизированной. При использовании смартфона или планшета управлять такой смарт системой можно практически из любой удаленной точки (естественно, при наличии стабильного подключения к Интернету). Такой формат значительно удобнее, чем, например, использование для управления персонального компьютера, сенсорной панели или пульта дистанционного управления и голосового помощника. Все, что для этого понадобится – специальное программное обеспечение, скачанное с Google Play Маркет или App Store.

Иногда Wi-Fi используется, чтобы наладить связь с теми устройствами, которые могут работать самостоятельно без помощи системы «умный» дом. Единственное ограничение при использовании Wi-Fi протокола – сложности подключения в формате сложной разветвленной системы. Для подключения к единому центру управления придется каждый гаджет и девайс обеспечить собственным модулем связи. А это выльется в копеечку. Кроме того, непрерывная работа этого стандарта связи весьма энергозатратна, что отразится на увеличении коммунальных расходов за электроэнергию.

### **Протокол ZigBee**

ZigBee – один из протоколов связи по радиоканалу, который отлично зарекомендовал себя в рамках концепции «умный» дом. Посредством этого стандарта можно подключать датчики, потребляющие минимальное количество электроэнергии (так как большую часть времени находятся в спящем режиме). Для того, чтобы проснуться и заработать, им необходимо время до 15 миллисекунд. Благодаря их ячеистой топологии сети и ее отдельным компонентом, практически каждый подключенный прибор может стать посредниками сигнала от одного компонента к другому. Еще одна важная характеристика протокола ZigBee – для созданной на его основе смарт системе присуща самоорганизация и самовосстановление. Так, например, в случае, если произойдет поломка одного-двух элементов, это никак не отразится на функционировании всей системы в целом. Ячеистая топология увеличивает область покрытия беспроводной сети, поэтому ZigBee целесообразно устанавливать в крупных рабочих помещениях.

Составляющими смарт системы могут быть координаторы, маршрутизаторы и конечные приборы. При этом координаторы осуществляют управление в сети, а посредники выполняют роль маршрутизаторов. Эти компоненты должны быть постоянно подключены к

сети, так как на них ложится ключевой объем работы по организации системы. Конечными приборами являются различные датчики и контроллеры исполнительных устройств. Они могут выполнять работу, питаясь энергией от батареек или аккумулятора.

Из недостатков протокола ZigBee отметим высокую вероятность несовместимости приборов от разных производителей.

### **Протокол Z-Wave**

Этот протокол беспроводной связи напоминает ZigBee. Характеризуется малым количеством потребляемой электроэнергии, поддержкой топологии в виде ячеек. Стандарты сопоставляются по их стоимости. Конечно, при детальном исследовании технических характеристик можно обнаружить значительные отличия. Так, например, у Z-Wave существует следующая особенность: все приборы (независимо от производителя) основываются на беспроводных модулях Sigma Designs. Кроме того, к сожалению многомиллионной армии пользователей, для этого стандарта значительно меньше программных разработок, чем для протокола ZigBee. Тем не менее, самым важным преимуществом протокола Z-Wave, в отличие от его ближайших конкурентов, является гарантия полной совместимости всех подключенных компонентов. Проще говоря, Z-Wave представляет собой основу оригинального конструктора, предназначенного для наполнения системы «умный» дома. Все что вам понадобится – лишь приобрести необходимые приборы, девайсы и гаджеты, а затем интегрировать их в единую сеть.

### **Протокол Insteon**

Протокол Insteon на протяжении последних нескольких лет активно используется в США, однако в России он появился относительно недавно. Дело в том, что в первоначальной версии он несовместим протоколами с отечественными электрическими сетями.

При отсутствии такого конфликта проводная и беспроводная сеть работают одновременно и являются дополнением друг друга. Такой подход позволяет увеличить надежность работы всей «умной» системы. Протокол Insteon обладает ячеистой топологией и совместим с устройствами X10. Кроме того, можно сформировать работоспособную сеть даже если не пользоваться центральным контроллером.

Insteon жестко стандартизирован, компоненты для него можно приобретать постепенно. Серьезный минус для отечественного пользователя - проблемы с доступностью необходимого оборудования в России.

### **Протокол X13HOME**

Протокол X13HOME обладает модульной структурой, совместим с Arduino. В наличии централизованное управление, с помощью которого можно контролировать действие отдельных компонентов или всей системы.

Сердцем X13НОМЕ является так называемый брокер сообщений, который принимает поступающие мессенджи и сигналы, а затем отправляет их своим подписчикам.

Для настройки системы используется визуальный язык программирования Logram. Такой подход позволяет откладывать алгоритмы в режиме настоящего времени. Используемые открытые протоколы MQTT и MQTTS позволяют расширять систему различными интегрируемыми компонентами.

В ядре располагаются модули, которые выполняют рассылку и подключение. Модули расширения представляют собой Persistent Storage, который сохраняет состояние системы при повторном запуске MQTTS Aggregated Gateway. Также присутствует и XBees Gateway, с помощью которого организуется связь с подключенными приборами.

В аппаратной части имеется универсальный радио модуль, который включает в себя микроконтроллер и трансивер. Его предназначение - автоматическое отключение и включение освещения в помещении. Его можно использовать периферийно или же подключать к персональному компьютеру. При отключении центрального питания, такие модули могут работать автономно, запрашиваясь энергией от батареек или аккумуляторов.

### **Заключение**

Система «умный дом» – один из самых популярных систем автоматизации жилья и бытовых систем. Сегодня это система, которая обеспечивает взаимодействие бытовой электроники, освещения и климатического оборудования, системы безопасности. Ее использование позволяет значительно повысить уровень энергосбережения, а также защиту жилого здания либо коммерческого или складского помещения. Причем, адекватных альтернатив, создающих максимальный комфорт и уют при минимальном участии в управлении жильем со стороны домочадцев, «умному дому» на данный момент практически и не существует.

### **Литература:**

1. 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.
2. Использование цифровых технологий в электроэнергетике РОССИИ / М.В. Попова, Е.А. Козлов // В сборнике: Наука и образование XXI века. Материалы XIV-й Международной научно-практической конференции. Современный технический университет. Рязань, 2020. С. 35-37.
3. Внедрение автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ) на предприятии с целью получения экономического эффекта / О.В. Соломатников, А.А. Переверзев // В сборнике: Ресурсосберегающее энергетическое оборудование и машины для производства сельскохозяйственной продукции. Материалы международной заочной научно-практической конференции. 2018. С. 137-141.
4. Основы теории управления / А.В. Шавров, А.А. Шавров, О.А. Липа. Учебное

пособие / Москва, 2005.

5. Устройство регистрации частоты сердечных сокращений эмбриона птиц без разрушения скорлупы / А.Н. Судаков, О.А. Липа, М.М. Махмутов. Патент на полезную модель RU 172072 U1, 28.06.2017. Заявка № 2016114960 от 18.04.2016.

6. 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. – EDN RPXGYI.

7. Закабунин, А.В. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Методические указания по изучению дисциплины и задания по выполнению контрольной работы для специальности 3514 "Прикладная информатика по областям применения" / А.В. Закабунин. Москва: Российский государственный аграрный заочный университет, 2007. 10 с. – EDN VHQYYR.

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. – EDN JBRZXY.

УДК 62-1

## ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**Буш Г.А.**, студент 1 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: bush01@internet.ru

**Кочетышкин А.Е.**, студент 1 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: akochetyshkin29@gmail.ru

**Кирюхина А.О.**, студентка 1 курса факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: kiruhina905@mail.ru

*Электроснабжение в сельской местности решает огромное количество задач, преимущественно повышает эффективность агропромышленного производства, а также улучшает жизненные условия в сельской местности. В то время как запасы не возобновляемых энергоресурсов – нефть, уголь, газ и т.п. регулярно убывают, а возобновляемые источники - энергии солнца, ветра, рек и морей, биомассы, геотермальной энергии и др. являются актуальными по сей день.*

*Использование возобновляемых источников энергии в системах энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий на сегодняшний день является актуальной и реализуемой задачей. Сельское хозяйство обладает огромным потенциалом для раскрытия достоинств возобновляемых источников энергии при решении проблем сельского энергоснабжения.*

*Учитывая все потребности тепловой и электрической энергии в сельском хозяйстве, прежде всего нужно совершенствовать системы электрооборудования теплоэнергоснабжения, используя топливно-энергетические ресурсы и подобрать новые технологии и методы получения энергии на основе современных энергосберегающих технологий [1].*



*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: возобновляемые источники энергии, солнечный обогреватель, электроизгородь, энергосбережение, накопитель энергии.*

Учитывая все потребление электрической и тепловой энергии в сельском хозяйстве, необходимо - совершенствовать системы электрооборудования теплоэнергоснабжения, искать новые методы и технологии получения энергии и рационально использовать топливно-энергетические ресурсы. В этом плане применение возобновляемых источников энергии, позволит повысить энергообеспечение и электровооруженность сельскохозяйственных предприятий без нагрузки на централизованную электрическую сеть. Эффективность энергоснабжения в этом случае будет зависеть от экологических и технико-экономических показателей, используемых энергоустановок на ВИЭ и режимов их работы [2].

Используются различные схемные решения энергоустановок

1. Система со сбросом излишков энергии. Данный способ мощностей возобновляемых энергоисточников и потребителей отличается простотой и заключается в использовании части потенциала первичного энергоносителя, необходимой для энергообеспечения текущего значения нагрузки потребителя. Оставшаяся энергия возобновляемого источника не используется. Системы энергообеспечения такого типа широко применяются в конструкциях гидроэлектростанций, ветроэлектростанций с изменяемым шагом ветротурбин, в системах солнечного обогрева с управляемыми заслонками.

2. Системы с накопителями энергии. В качестве накопителей энергии могут использоваться различные устройства: гидроаккумулирующие системы, маховики, аккумуляторные батареи и др. Данные системы более эффективно используют первичный энергоресурс и широко применяются практически во всех типах энергоустановок возобновляемой энергетики.

3. Системы с регулированием нагрузки. Такие системы обеспечивают полное использование первичного энергоресурса за счет управления текущей мощностью нагрузки.

Для сельскохозяйственных предприятий необходимо использование как автономных, так и смешанных систем энергообеспечения, использующие альтернативные источники энергии. Работа автономных систем подразумевает собой работу без подключения к централизованным сетям, а смешанные системы работают с использованием энергоснабжение от централизованных сетей. В смешанных системах возобновляемые источники энергии могут быть резервным или основным источником. Система должна быть построена таким образом, чтобы энергия подавалась от возобновляемых источников, а от других источников только лишь при отсутствии такой возможности [3].

Рассмотрим практическое применение альтернативной энергетики в

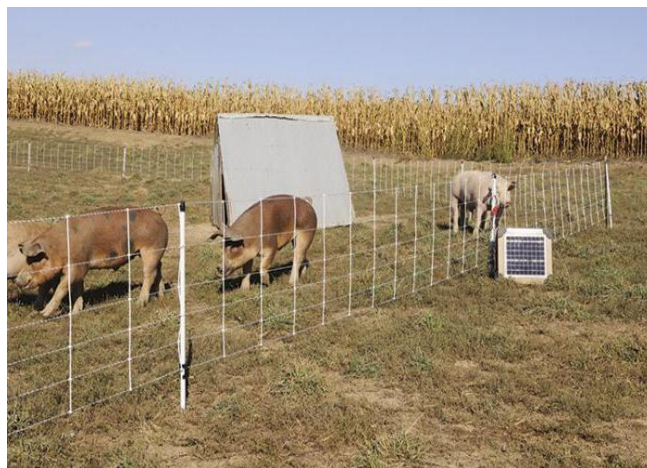
сельском хозяйстве.

Эффективно использовать солнечные батареи и в инженерных системах малой мощности. Например, различные водооткачивающие, поливные насосы, вентиляторы, питание к котлам, охранная система [4].

### **Электроизгородь**



*Рис.1. Поливной насос*



*Рис. 2. Электроизгородь*

Электропастух предназначен для контролируемого выпаса крупного рогатого скота, свиней, овец, коз, лошадей.

Электропастух на солнечной батарее (электроизгородь) представляет собой ограждение из оголенной проволоки, на которое подаются импульсы тока, производимые импульсным генератором.

При соприкосновении животного с электропастухом, электрический ток проходит через тело животного в землю. Животное получает слабый удар электрическим током и отходит от изгороди. Удар током не представляет опасности для жизни животных и вырабатывает у животного устойчивый рефлекс не приближаться к изгороди [5].

### **Солнечный обогреватель**

Автономная отопительная система, функционирующая за счёт переработки солнечной энергии, включает в свою конструкцию три основные составные части:

Коллектор, преобразующий прямые солнечные лучи в энергию, нагревающую теплоноситель (воду или антифриз).

Трубопроводную систему (контур теплообмена) для циркуляции теплоносителя, проходящую через аккумулятор.

Накопитель тепла. Как правило, в качестве используется ёмкость с прогревающейся впрямую водой [6].

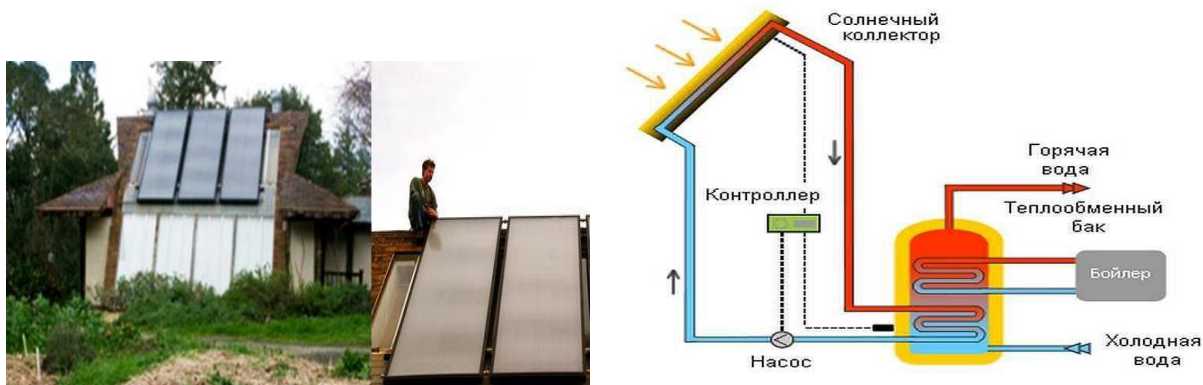


Рис.3. Солнечный водонагреватель

## Заключение

Развитие ВИЭ в мире представляется актуальным и перспективным проектом. Во-первых, развитие и использование ВИЭ благоприятно влияют на экологию мира. Во-вторых, в будущем нехватка традиционных ресурсов может сказаться на рынке, поэтому очень важно начать развивать нетрадиционные источники энергии.

## Литература:

1. Коваль А.А. Возможность использования возобновляемых источников энергии в системах энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий. / Материалы X Международной студенческой научной конференции. Нижегородск, 2016. - URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018008042>
2. Шеповалова О.В. Возобновляемые источники в энергоснабжении сельских объектов / О.В. Шеповалова, Е.А. Богомазова. Механизация и ресурсосбережение №1 (59). 2012. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozobnovlyaemye-istochniki-v-energосnabzhenii-selskih-obektov>
3. Как возобновляемые источники энергии могут стать конкурентоспособными по цене и стоимости вырабатываемой энергии [Электронный ресурс] - URL: <https://www.un.org/ru/chronicle/article/22064>
4. Использование солнечной фотоэлектрической энергии в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] Пай-укр. - URL: <https://пай.укр/articles/1339-primenenie-panelei-solnechnoi-energii-v-selskom-hozjaistve.html>
5. Электропастух для овец [Электронный ресурс] Агросервер - URL: <https://agroserver.ru/b/elektropastukh-dlya-ovets-krs-i-drugikh-838607.htm#:~:text>
6. Печь солнечная собственными руками. [Электронный ресурс] FB Инструменты и оборудование. - URL: <https://fb.ru/article/334147/pech-solnechnaya-svoimi-rukami-osobennosti-izgotovleniya-poleznyie-s>
7. Попова М.В. Оценка возможности применения альтернативной энергетики для получения водорода в условиях центральной России / М.В. Попова, А.В. Закабунин. // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности. Научные труды международной научно-практической конференции. Казань, 2021. С. 420-425
8. 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.

## ЭТАЛОННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА

**Войнова Н.Ф.**, к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: n-vojnova2011@yandex.ru, тел.: 8(929) 638-12-56

**Мамедкурбанов Т.А.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: timchel95@gmail.com, тел.: +7(900) 571-64-28

*В статье рассматриваются вопросы эталонной системы электроснабжения города, под которой понимается совокупность электрических сетей и трансформаторных подстанций, расположенных на территории города и предназначенных для электроснабжения его потребителей.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: система электроснабжения, электроэнергия, источники питания, электрические сети, электростанции, понижающие подстанции, распределительные сети, энергосистемы, электропотребление.*

Системой электроснабжения города является совокупность электрических станций, понижающих и преобразующих подстанций, питающих и распределительных линий и электроприемников, обеспечивающих снабжение электроэнергией технологических процессов, коммунально-бытовых, промышленных и транспортных потребителей, расположенных на территориальной части города и частично в пригородной зоне.

Система ограничивается с одной стороны источниками питания, с другой стороны - вводами электрических сетей к потребителям. В качестве источников питания служат местные электростанции и понижающие подстанции напряжением 35-110 кВ и выше, питание которых осуществляется в свою очередь от электрических сетей энергосистем.

Главными показателями системы являются местные условия, такие как размеры города, наличие источников питания, характеристиками потребителей и прочее. Для данной системы электроснабжения города предполагается местная электростанция и районная подстанция, питающаяся от общей энергосистемы. Указанные источники электроэнергии служат также для питания промышленных предприятий, расположившихся в небольшой удаленности от города.

Питание электроэнергией городских потребителей производится при помощи распределительных сетей с классом напряжений 6-10 и 0,38 кВ. Данная сеть 6-10 кВ выполняется по петлевой схеме, в нормальном режиме петли разомкнуты [1].

Под системой электроснабжения города понимается совокупность электрических сетей и трансформаторных подстанций, находящихся на

территории города и предназначенных для электроснабжения его потребителей [1].

При помощи распределительной сети 6-10 кВ производится питание ТП, которые могут быть использованы для питания распределительной сети 0,38 кВ, для общего пользования. Такие ТП на рис. обозначены ТП1. От данной же сети можно осуществить питание подстанций различных других потребителей.

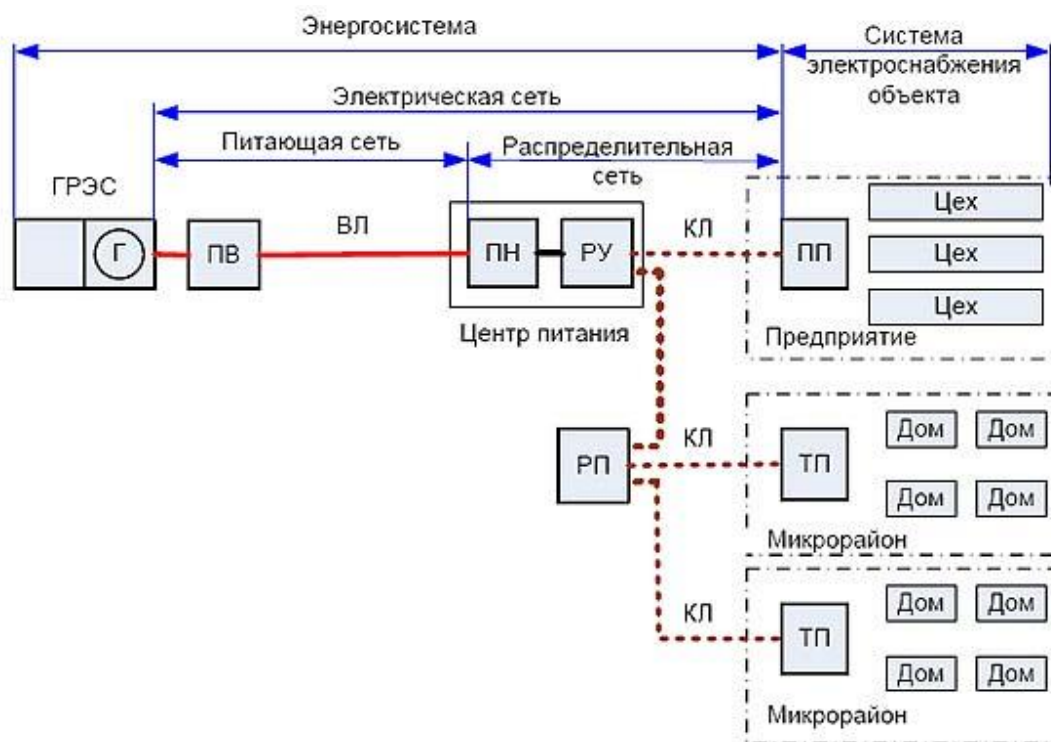


Рис.1. Уменьшенная структурированная схема электроснабжения города

Для построения рациональных путей использования системы электроснабжения устанавливаются общие принципы ее выполнения, компоновка сетей, принятых классов напряжений, расположение подстанций и источников питания, последовательность сооружения различных элементов системы, выбор схемы электроснабжения.

Любая схема электроснабжения города в первую очередь должна опираться на установленные оптимальные и реалистичные параметры и уровни классов напряжений всех элементов системы, а также количественной составляющей трансформации энергии до конечного потребителя.

Следует помнить, что многие системы предназначены для питания электроснабжения большого количества потребителей. При всех параметрах выбор схемы электроснабжения производится, не опираясь на характер потребителей, требуемый уровень надежности питания их приемников электроэнергии, главным критерием является общая сумма



мощности потребителей, с помощью которого будет показан уровень надежности их питания. Совокупность всех приемников мощностью более 10 МВА будет относиться к приемникам 1 категории потребления, а приемником 2 категории будет являться потребитель совокупной мощностью от 400 кВт-А до 10 МВА при выполнении сетей кабелями (за исключением приемников 1 категории).

Данная модель электроснабжения города основывается на predetermined энергисточниках.

Также должны быть выделены, источники питания:

- 1) отдельных городских районов и округов;
- 2) крупных потребителей в виде городских или промышленных подстанций.

С другой стороны, надо создать источники, предназначенные для питания энергосистемы города – районные электроподстанции.

Главной приоритетной особенностью энергопотребления города, будет являться непрерывное его увеличение, естественный рост, и новые промышленные потребители.

Безаварийность энергоснабжения, создаваемая системой, должна находиться на высоком уровне и содержаться в регламентируемых ПУЭ пределах, которые устанавливают общее количество резервных элементов питания для обеспечения электропотребления города на полную мощность в различных режимах. Решение выбора расчетных режимов нужно производить согласно требованиям соответствующих разделов ПУЭ, учитывающих плановые и аварийные отключения отдельных элементов системы, возможность совпадения этих отключений и т.д.

При рассмотрении модели электроснабжения следует опираться на такие свойства как - гибкость системы, т.е. ее приспособляемость к различным режимам работы по распределению мощностей, возникающим в процессе эксплуатации. В особенности совокупность резких изменений режимов, возникает при внеплановых и неожиданных отключениях отдельных элементов системы, вследствие аварийного повреждения различного оборудования, кабелей, проводов и т.д. Следует учитывать острую необходимость отключений выборочных элементов систем, при ремонтных работах, испытаниях, осмотрах и других эксплуатационных особенностях.

Система должна иметь возможность быть преобразованной в другую систему электроснабжения, если появляется необходимость для увеличения нагрузки после длительного промежутка времени или появления нового оборудования, с улучшенными технико-экономическими показателями.

Проектирование системной модели электроснабжения обязано выполняться с выявлением развития на срок не менее 10 лет, а также для возможности последующего ее расширения без больших экономических и

трудозатрат.

Одним из главных требований является необходимость поддержания мощности короткого замыкания в пределах, допустимых для используемой аппаратуры, на всех степенях развития системы. Последнее может проводиться за счет распределения системы на части, в зависимости от этапа развития системы: отдельной работы трансформаторов, использования реакторов и т.д.

При всех расчетных режимах работы данной модели должно обеспечиваться требуемое качество электроэнергии, подаваемой потребителям.

Требуемый уровень напряжения обеспечивается соответствующим выбором параметров отдельных элементов системы, а также за счет применения специальных мер, например, установки на ЦП трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой, но также для регулирования напряжения требуется использование конденсаторных установок промышленных предприятий для компенсации реактивной мощности, и т.п.

С учетом крупных и средних городов, может быть рассмотрена модульная система подачи питания, основывающаяся на использовании только двух классов напряжений: 110 и 10 кВ. Сеть 110 кВ строится в виде кольца, опоясывающего город. Принципиальная схема эталонной системы показана на рис.2.

Площадь территории города для выбора показателей основных элементов системы рассматривается состоящей из трех частей: центральной, с наибольшей плотностью нагрузки, средней части и окраины города, имеющей наименьшую плотность нагрузки.

Для снабжения электричеством центральной части города подразумевается сооружение довольно мощной подстанции 110/10 кВ, питание которой осуществляется за счет диаметральной электрической связи 110 кВ, проходящей через город (рис.2).

Трансформаторные подстанции, расположенные на территории города и за его пределами, передают электроэнергию прямо в кольцо 110 кВ, которое является по типу сборных шин всех источников питания города. При помощи кольца осуществляется их общая одновременная эксплуатация.







-  Электростанция
-  Подстанция системы с высшим напряжением 220 кВ и выше
-  Подстанция 110/10 кВ
-  ВЛ 110 кВ

Рис.2. Эталонная система электроснабжения города

Согласно с этим за счет городских подстанций 110/10 кВ, разбросанных по кольцу, в органах нагрузки отдельных районов города происходит передача энергии в распределительные сети 10 кВ. Количество кольцевых подстанций 110/10 кВ определяется условиями местного расположения, в частности, оптимальной мощностью подстанций и нагрузкой крупных потребителей электроэнергии.

Для создания наиболее положительных условий распределения электроэнергии в системе и установления выгодных режимов ее эксплуатации, рекомендуется соответствующее чередование по диаметрам кольца 110 кВ: подключения источников питания и понижающих подстанций.

Число линий кольца 110 кВ и их конструктивное выполнение определяется местными условиями. На окраине города оно может быть в виде воздушных линий, что делает систему электроснабжения гораздо дешевле, диаметральная связь подстанций 110 кВ осуществляется только кабелями.

Единая пропускная способность кольца 110 кВ должна быть такой, чтобы электроснабжение города не прекращалось при аварийных режимах: при повреждениях линий и аппаратуры, и внезапном выходе из строя различных частей системы. Режим эксплуатации кольца 110 кВ и модели



схемы кольцевых подстанций, должны учитывать все допустимые условия мощности короткого замыкания в распределительных сетях 10 кВ.

Данная система в течении длительного времени будет отвечать требованиям и всем отмеченным выше условиям. Прежде всего возможностям дальнейшего расширения без основной реконструкции системы. При всем этом по мере увеличения нагрузки потребителей и образовании новых объектов аналогичное развитие системы может производиться разными структурными частями. Пропускное свойство сети 110 кВ практически может увеличиваться за счет увеличения числа линий 110 кВ [2], точнее путем многократного повторения кольца 110 кВ. При этом новые линии 110 кВ могут прокладываться по другим трассам города с строительством дополнительных подстанций 110/10 кВ в центрах нагрузки.

В связи с этим могут предполагаться дополнительные противоположные связи 110 кВ с новыми подстанциями 110/10 кВ и подстанции глубокого ввода ПО кВ.

В зависимости от загрузки систем электроснабжения и местных обстоятельств ее питание может увеличиваться путем подачи электроэнергии от наружных источников питания при более высоком классе напряжений, например, 380 кВ. При этом в ключевых пунктах отдельные части кольца 110 кВ соединяются так, чтобы мощность короткого замыкания в каждой точке сети 110 кВ находилась в заданных рамках. В связи с этим каждое кольцо 110 кВ системы по местным условиям может работать независимо одно от другого, и в этом случае имеются как бы две самостоятельные системы электроснабжения, которые связываются между собой только на более высоком напряжении 380 кВ.

По мере увеличения города дальнейший процесс развитие его системы электроснабжения выполняется за счет установки кольцевой сети 380 кВ и увеличения количества опорных подстанций 380/110 кВ.

С увеличением сети 380 кВ кольцевая сеть 110 кВ постепенно преобразуется в распределительную сеть. Ее развитие ограничивается. Увеличение пропускной способности системы снабжения электричеством производится за счет размыкания кольцевой сети 110 кВ и перемещении ее линий на новые электроподстанции 380/110 кВ. При этом сеть 110 кВ в системе электроснабжения города выполняет функцию глубокого ввода. Таким образом происходит естественный процесс введения в систему более высокого класса напряжений, что происходит с непрерывным увеличением электрической нагрузки городов.

#### **Литература:**

1. Козлов В.А., Билик Н.И., Файбисович Д.Л. Справочник по проектированию систем электроснабжения городов. «Энергия», 1974 стр 121-123
2. Шведов Г.В. Электроснабжение городов. Электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети. «МЭИ», 2012 стр 62-64

## УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

**Людин В.Б.**, д.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail: ludinv@yandex.ru

**Гаджекеримова Х.И.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, Khakize@mail.ru

**Шагин Р.Е.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем

*Рассмотрена реализация устройства мониторинга тяговой аккумуляторной батареи, оснащенного беспроводным интерфейсом.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аккумуляторная батарея, мониторинг, функциональная схема микроконтроллер, управляющая программа.*

В стационарных и мобильных системах электропитания на сельских территориях в качестве резервных и автономных накопителей энергии применяются аккумуляторные батареи (АБ). Наиболее широкое использование нашли свинцово-кислотные (СК), никель-железные (НЖ) и никель-кадмиевые (НК) типы батарей. Также в настоящее время начинают применяться литиевые (ЛИ) АБ [1,2].

Надежность функционирования систем электропитания, оснащенных АБ, во многом зависит от текущего состояния батареи. Имеется ряд неблагоприятных факторов, снижающих сроки службы и эффективность использования АБ. Так при регулярном недозаряде или хранении в разряженном состоянии у СК АБ происходит частичная потеря электрохимической емкости из-за необратимой сульфатации электродов. Регулярный перезаряд этих АБ сопровождается бурным газовыделением, что приводит к выходу из строя АБ из-за разрушения активных масс электродов [2,3].

У НЖ и НК АБ имеется эффект памяти разряда, в результате которого полностью заряженная батарея не отдаст часть энергии, накопленной в предпоследнем заряде. Поэтому производить заряд этого типа батарей рекомендуется только после их полного разряда [2,3].

ЛИ АБ не допускают глубокий разряд и перезаряд, в первом случае батарея необратимо теряет электрохимическую емкость, а во втором может самовоспламениться [4].

Необратимую сульфатацию электродов у СК АБ и влияние эффекта памяти последнего разряда у НЖ и НК АБ можно устранить, используя прогрессивные способы заряда реверсивным (знакопеременным) током в многократном контрольно-тренировочном цикле.

Для обеспечения надежного функционирования АБ в системах

электропитания необходимо обеспечить их своевременное периодическое обслуживание. Проведение процессов обслуживания сопряжено с учетом текущего состояния АБ, о котором можно судить по следующим параметрам: напряжениям на контрольном аккумуляторе и батарее; текущей, полученной и отданной в последних циклах заряд-разряд электрохимической емкости; текущей, наименьшей и наибольшей достигнутых температурах батареи [2]. В качестве контрольного аккумулятора обычно выбирается аккумулятор с самыми худшими параметрами в батарее.

Таким образом, для корректного обслуживания АБ необходимо проводить мониторинг ее параметров. С этой целью был разработан мобильный монитор, закрепляемый на батарее, обеспечивающий сбор и хранение перечисленных выше параметров этой аккумуляторной батареи. Для удобства использования разрабатываемый монитор оснащен беспроводным интерфейсом стандарта IEEE 802.15.4 (ZigBee).

На рис. 1 представлена функциональная схема разработанного мобильного монитора АБ. Основой устройства является микроконтроллер DD1 STM32W108CC, состоящий из 2,4 ГГц, IEEE 802.15.4-совместимого приемопередатчика, 32-разрядного микропроцессорного ядра ARM Cortex™-M3, встроенной оперативной и энергонезависимой памяти и другой периферии.

Для измерения тока через АБ на ее соединительную перемычку монтируется бесконтактный датчик тока ДТ1 MLX91206, позволяющий измерять токи до  $\pm 600$  А.

С помощью встроенного в микроконтроллер DD1 аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) осуществляется оцифровка сигналов датчика тока ДТ1, напряжений на контрольном аккумуляторе и аккумуляторной батарее GB. Эти напряжения предварительно обрабатываются в дифференциальных усилителях ДУ2 и ДУ1, соответственно. Использование дифференциальных усилителей позволяет измерять напряжения без привязки к общему потенциалу в измерительной цепи.

Для измерения температуры аккумулятора используется цифровой термометр ДТр1 TMP03, выходной сигнал которого широтно-импульсно модулирован (ШИМ) значением измеряемой температуры. Микроконтроллер DD1 с помощью таймера общего назначения (ТОН) преобразует этот сигнал в цифровые данные.

Для контроля реального времени в устройстве мониторинга применяются часы реального времени, информация от которых по интерфейсу I2C поступает на микроконтроллер DD3. К этому же интерфейсу подключено энергонезависимое электрически репрограммируемое запоминающее устройство (EEPROM) DD2. В данной памяти микроконтроллер периодически сохраняет информацию

мониторинга аккумуляторной батареи. Эта накопленная информация передается микроконтроллером DD1 по интерфейсу ZigBee при сеансе связи.

Для визуального контроля процессов передачи и приема информации по сети ZigBee в мобильном мониторе предусмотрены светодиоды HL1 и HL2, подключенные к цифровым входам-выходам (ЦВВ) микроконтроллера. С помощью кнопочного выключателя SB1 можно принудительно инициировать сеанс связи по интерфейсу ZigBee.

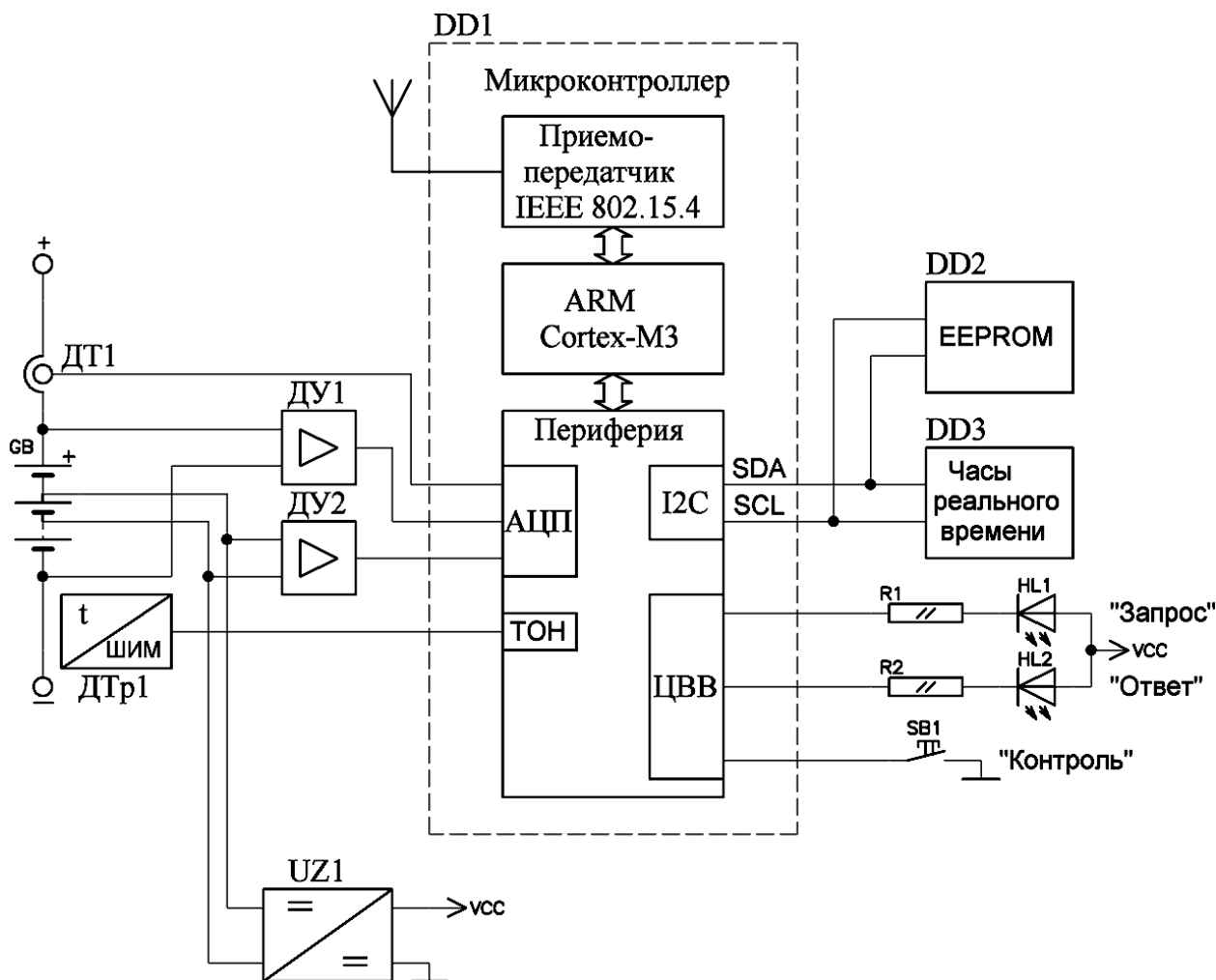


Рис. 1. Функциональная схема мобильного монитора АБ

Питание мобильного мониторинга осуществляется от контролируемого аккумулятора, на шинах которого и закрепляется устройство мониторинга. Стабилизация напряжения питания осуществляется с помощью регулятора постоянного напряжения UZ1.

Обработка данных в микроконтроллере осуществляется программно в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 2. Согласно этому алгоритму после подачи питания на контроллер осуществляется его инициализация (блок 2), в ходе которой активизируется интерфейс ZigBee,

системный таймер и контроллер прерываний.

В режиме работы – передача данных осуществляется через равные интервалы времени без запроса со стороны сети (инициализация передачи осуществляется по прерыванию программного таймера), а в спящем режиме осуществляется ожидание сетевого запроса.

При приеме или передачи данных, контроллер генерирует прерывание и вызывает подпрограмму обработки сообщения. В ходе этой обработки идентифицируется и принимается сетевой запрос или передается подготовленное сообщение.

При поступлении нового запроса в основной программе исполняются требуемые этим запросом действия (блоки 3-16). В зависимости от запроса это может быть: сброс таймера учета времени  $T_{\Pi}$  технологического процесса (блоки 4 и 5); сброс счетчика количества электричества  $Q_{\Pi}$  (блоки 6 и 7), отправка данных мониторинга (блоки 8 и 9), установка активного (рабочего) режима (блоки 10, 11) или спящего режима (блок 10 и 12), установка флага калибровки (блоки 13 и 14).

Результат обработки полученного запроса пересылаются по сети. Процесс передачи данных инициализируется установкой флага готовности сообщения (блок 15).

Если происходит заряд или разряд аккумуляторной батареи, то в этом случае не выполняется условие в блоке 16 и осуществляется учет (блок 17) времени технологического процесса обслуживания аккумулятора и количества электричества  $Q_{\Pi}$ , проходящего через электролит. Если же установлен флаг калибровки (блок 18), то выполняется подпрограмма (блок 19), в ходе которой определяются коэффициенты смещения нуля и множители масштаба в каналах измерения электрических параметров контроллера.

Обработка данных мониторинга осуществляется в подпрограмме обработчика прерывания (блоки 21-30). Это прерывание генерируется через равные интервалы, отмеряемые системным таймером. После вызова рассматриваемой подпрограммы осуществляется сброс флага прерывания (блок 22), ввод оцифрованных данных (блок 23), накопление (блоки 24-27), усреднение (блок 28), цифровая фильтрация (блок 29) и масштабирование (блок 30) полученных данных.

В переменной  $J$  подсчитывается количество накопленных выборок (блок 25). При достижении заданного количества выборок  $n$  (блок 26), соответствующего периоду изменения параметров мониторинга, происходит сброс этой переменной (блок 27) и затем осуществляется усреднение накопленных данных (блок 28). Последующая цифровая фильтрация усредненных данных (блок 29) позволяют получить устойчивый результат измерений параметров мониторинга.

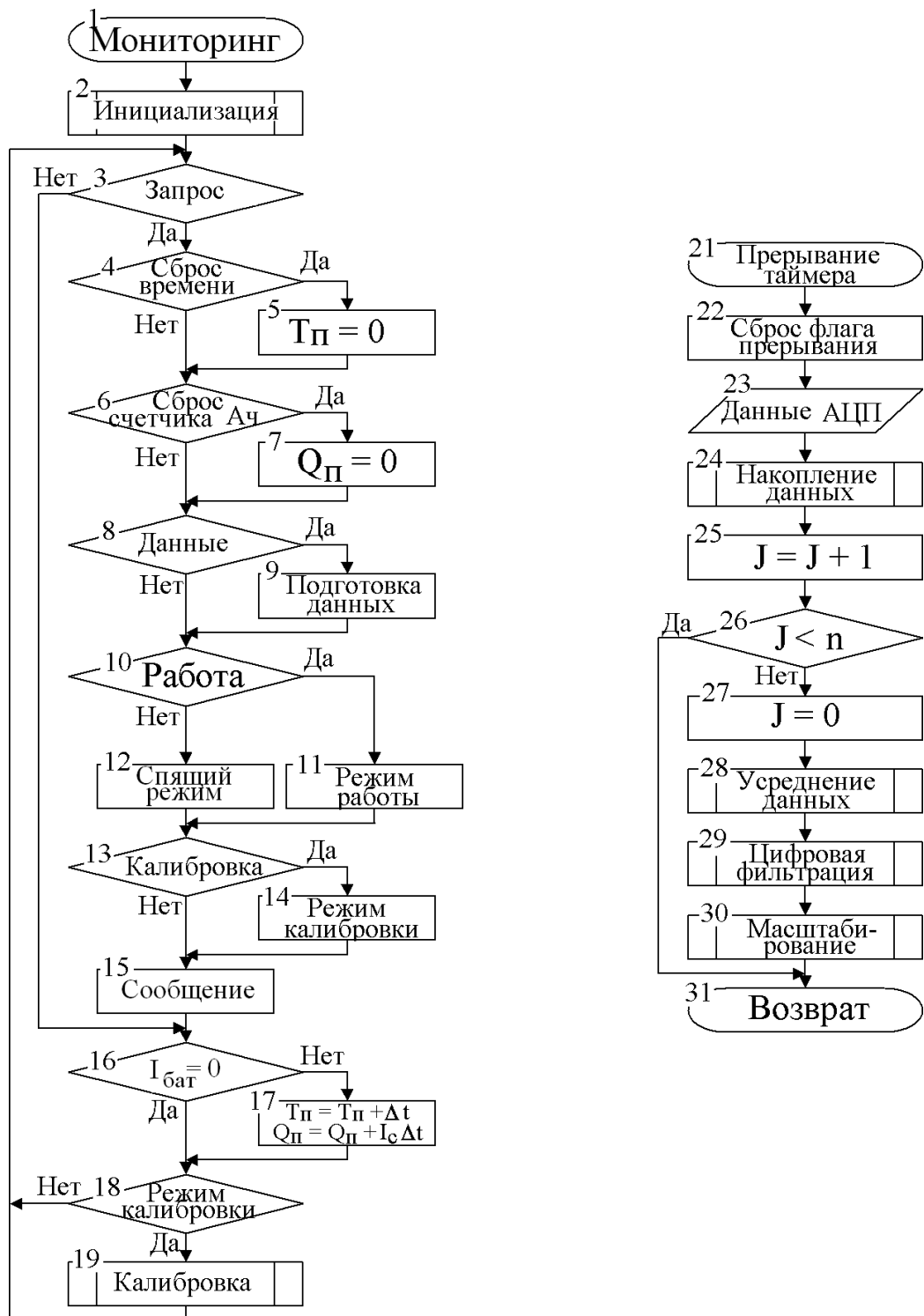


Рис. 2. Алгоритм управляющей программы

Был изготовлен макет мобильного монитора и проведена его экспериментальная апробация. В ее ходе было установлено, что зона уверенного приема данных по интерфейсу ZigBee составляет не менее 20 м, а зона неуверенного приема около 50 м. Также в результате этой апробации подтверждена корректность функционирования мобильного монитора при

работе с тяговой аккумуляторной батареей 36ТНЖ-300ВМУ2.

#### Литература:

1. Шичков Л.П., Людин В.Б. Методика технико-экономической оценки выбора аккумуляторных батарей электрокара при резервировании электроснабжения // Техника и оборудование для села. 2019. № 10. С. 34-37.
2. Шичков Л.П., Людин В.Б. Электротехнологические установки заряда аккумуляторов - М: РГАЗУ, 2003. 88 с.
3. Северный А.Э., Пучин Е.А., Мельников А.А. Использование, хранение и ремонт аккумуляторных батарей. М.: ГОСНИТИ, 1991. 112 с.
4. Кедринский И.А., Дмитриенко В.Е., Грудянов И.И. Литиевые источники тока. М.: Энергоиздат, 2012. 247 с.

УДК 621.355

### ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДА РЕВЕРСИВНОГО ТОКА ЗАРЯДА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКУЮ ЕМКОСТЬ СВИНЦОВО- КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

**Людин В.Б.**, д.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем, e-mail:ludinv@yandex.ru

**Абушайхов А.А.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, isa951984@mail.ru

**Савельев В.С.**, магистрант кафедры электрооборудования и электротехнических систем, savelev-89-89@mail.ru

*Приведены результаты исследований влияния периода реверсивного тока заряда на электрохимическую емкость свинцово-кислотных аккумуляторных батарей.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: свинцово-кислотная аккумуляторная батарея, реверсивный ток, ступенчатый способ заряда, электрохимическая емкость.*

В бортовых системах электропитания сельскохозяйственной техники и системах электроснабжения сельских территорий, предусматривающих резервирование электроэнергии, широко применяются электрохимические накопители энергии, в частности, свинцово-кислотные аккумуляторные батареи (САБ) [1,2].

Срок службы САБ во многом зависит от ее конструкции и условий эксплуатации и составляет от одного года у стартерных и может превышать пятнадцать лет у стационарных САБ [3]. Одним из факторов, существенно влияющим на срок службы и электрохимическую емкость САБ является способ их зарядки [2].

Наиболее эффективными способами зарядки САБ признаны, способы в которых зарядка осуществляется реверсивным (асимметричным) током - знакопеременным периодическим током с постоянной составляющей. При

этом токе минимизируются негативные влияния от недозаряда или перезаряда САБ, повышается электрохимическая емкость аккумуляторов и увеличивается срок службы [2,4].

Вместе с тем, нет однозначных рекомендаций о выборе значений периода реверсивного тока при проведении режимов заряда САБ. Эти значения могут составлять от 10 мс [2] до 20 мин [4].

Настоящая работа посвящена выяснению влияния периода реверсивного тока заряда батареи, на отдаваемую при последующем контрольном разряде электрохимическую емкость САБ.

Для проведения экспериментальных исследований использовался транзисторный преобразователь напряжения реверсивного тока [2]. Эти исследования проводились на мотоциклетных стартерных свинцово-кислотных аккумуляторных батареях 6МТС-9 (табл.1), выпускаемых саратовским аккумуляторным заводом “Электроисточник”.

Таблица 1.

**Технические характеристики аккумуляторной батареи 6МТС-9**

Параметр	Значение
Номинальная емкость, А·ч	9
Номинальное напряжение, В	12
Стартерный ток, А	27
Габаритные размеры, мм	153 x 77 x 142
Масса батареи с электролитом (без электролита), кг	3,4 (2,6)
Гарантийный срок эксплуатации, мес	12

Аккумуляторные батареи 6МТС-9 поставлялись сухозаряженными, поэтому после заливки электролита (ТУ 34-81-003-0558598-99) с плотностью 1,28 г/см<sup>3</sup> (рекомендуемая заводом изготовителем) и последующей пропитки в течение 3 часов был выполнен полный заряд САБ, и, затем, контрольный разряд этих батарей. Отданные в контрольных разрядах количества электричества приняты как исходные электрохимические емкости ( $Q_{po}$ ) исследуемых САБ.

Всего в экспериментальных исследованиях использовалось 13 исправных САБ и столько же САБ с необратимой сульфатацией пластин. Сульфатированные аккумуляторы получали в результате 10 дневного хранения полностью разряженных САБ при температуре  $+60 \pm 5$  °С.

При проведении исследований применялся четырех ступенчатый заряд реверсивным током. Ток заряда первой ступени составлял 3,6 А, каждая последующая ступень имела ток в 2 раза меньший, чем предыдущая. Переход от ступени к ступени, кроме последней, осуществлялся по достижению напряжения на САБ 14,4 В. На последней ступени заряд проводился до стабилизации напряжения на САБ в течение одного часа.



Амплитуды импульсов прямой и обратной составляющих реверсивного тока выбирали равными, а соотношение длительностей этих импульсов - 10:1.

Каждую САБ заряжали реверсивным током с одним из следующих периодом следования импульсов: 1 мс, 5 мс, 10 мс, 50 мс, 100 мс, 500 мс, 1 с, 5 с, 10 с, 50 с, 100 с, 500 с или  $\infty$  (постоянный ток).

После полного заряда батареи выполнялась 3-х часовая нормализация параметров батареи, и, затем – контрольный гальваностатический разряд постоянным током 0,9 А до напряжения на САБ 10,5 В. Электрохимическая емкость батарей измерялась по количеству электричества, отданного батареями в контрольном разряде.

Проводимые в экспериментальных исследованиях циклы полный заряд – контрольный разряд ( $N_c$ ) завершались при стабилизации электрохимической емкости ( $Q_p$ ) СКА, отдаваемой в соседних контрольных разрядах.

Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. Наибольшее приращение электрохимической емкости  $Q_p$  САБ относительно ее исходной емкости  $Q_{po}$  (отданной при первом разряде) с минимальным количеством циклов заряд-разряд, выполненных для достижения этого приращения, для исправных САБ наблюдается при периоде реверсивного тока заряда 50 мс. Близки также значения при периодах 10 мс и 100 мс.

У САБ с необратимой сульфатацией пластин электродов наилучшее восстановление электрохимической емкости наблюдается при периодах реверсивного тока 0,1-5 с.

Таким образом, можно рекомендовать проводить заряд исправных САБ на реверсивном токе с периодом 10-100 мс, а САБ с необратимой сульфатацией пластин электродов – с периодом 0,1-5 с.

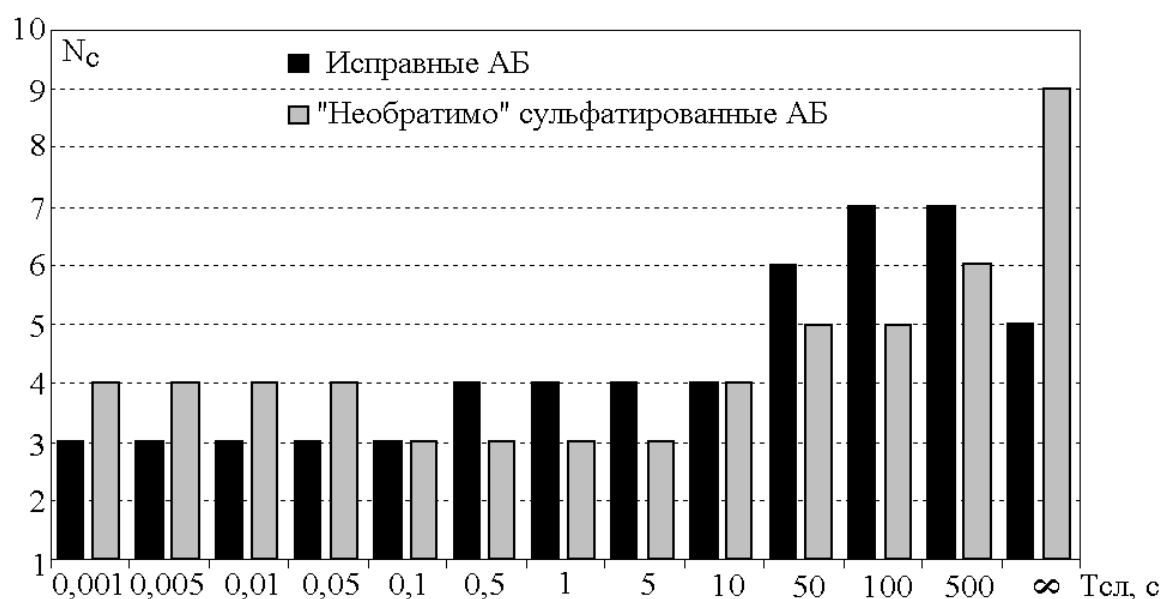
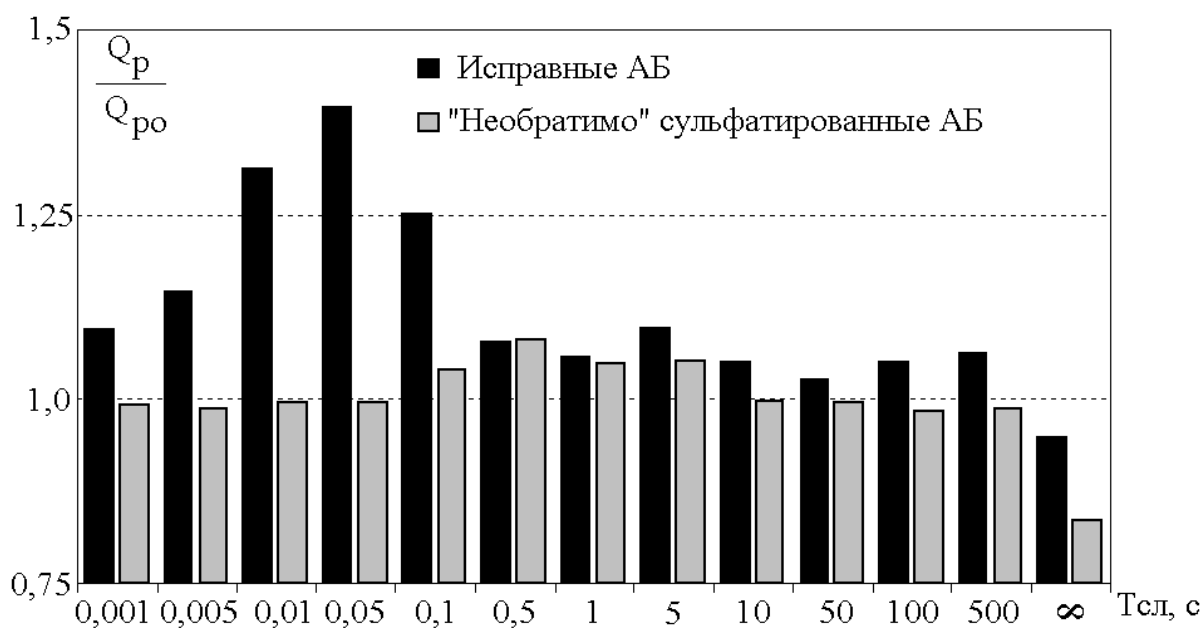


Рис. Гистограммы значений изменения электрохимических емкостей ( $Q_p/Q_{po}$ ) САБ, количества циклов ( $N_c$ ) заряд-разряд до стабилизации значений этих емкостей при различных периодах ( $T_{сл}$ ) реверсивного тока заряда

#### Литература:

1. Шичков Л.П., Людин В.Б. Методика технико-экономической оценки выбора аккумуляторных батарей электрокара при резервировании электроснабжения // Техника и оборудование для села. 2019. № 10. С. 34-37.
2. Шичков Л.П., Людин В.Б. Электротехнологические установки заряда аккумуляторов - М: РГАЗУ, 2003. 88 с.
3. Средства заряда аккумуляторов и аккумуляторных батарей: Справочник /А.И. Бухаров, И.А. Емельянов, В.П. Суднов // М.: Энергоатомиздат, 1988. 288 с.
4. Фурсов С.П. Как зарядить аккумулятор. // Кишинев: Штиинца, 1984. 176 с.

## **РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

УДК 639.311:631.115.1

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРУДОВ НА ЗЕМЛЯХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ**

**Тетдоев В.В.**, д.б.н., профессор кафедры природообустройства и воподопользования, e-mail: piv@rgazu.ru, тел.: 8(495) 521-38-85

**Романова Н.В.**, к.с-х.н, доцент кафедры зоотехнии, производства и переработки продукции животноводства, e-mail: romanovanv@rgazu.ru

*В статье рассмотрены возможности эффективного использования прудов на землях фермерских хозяйств для выращивания различных видов рыб. Выбор того или иного направления использования водоема зависит от возможностей и желания. С учетом разнообразных вариантов использования небольших водоемов рыбоводство на них представляется очень перспективной сферой.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:* прудовое рыбоводство, аквакультура, тилapia, длиннопалый рак, серебряный карась.

В современном обществе, главным условием развития выступают инновации. Еще несколько десятилетий назад считали, что ресурсы мирового океана неисчерпаемы. Между тем, население Земли неуклонно увеличивается. И если в развитых странах продовольственная проблема решена, то в отдельных регионах она ещё существует. Ежегодный мировой прирост составил за эти годы 10%.

Прудовое рыбоводство – одна из старейших отраслей аквакультуры, использующая для выращивания рыбы различные водоёмы: небольшие водохранилища и озёра, обвалованные и русловые пруды, торфяные карьеры, садки и бассейны.

Рыбоводное хозяйство имеет высокий потенциал своего развития, рыба является одним из обязательных продуктов на столе жителей России.

Рыба играет важную роль в питании человека, это связано с её ценными пищевыми качествами.

Мясо рыбы является источником полноценных животных белков, жиров, витаминов, микроэлементов.

Россия, как никакая другая страна в мире, располагает огромным потенциалом для развития рыбоводства.

Для полноценного использования земли на фермерском хозяйстве для выращивания рыбы, используют различные водоёмы с различным гидрохимическим режимом.

Очень популярные в настоящее время микроводоёмы, где можно

выращивать рыбу для домашнего стола (собственного потребления), а также для организации рыбалки. Пользу от небольшого водоёма на земельном участке трудно оценить (или переоценить).

Небольшие водоемы должны правильно эксплуатироваться. Водоём не должен быть перенаселен рыбой. Посадка небольшого количества рыбы приведет к увеличению объёмов задаваемого корма и, соответственно, к большому выделению продуктов обмена, что может отразиться на качестве воды, и может вызвать цветение пруда. Большое значение имеет, откуда будет поступать вода в водоем, и какие виды рыб будут выращивать. Во всех прудах должны быть выдержаны нормативные средние глубины. Площади мелководия с глубиной 0,5 метра, где создаются наилучшие условия для вывода комаров, они не должны превышать 15% от общего зеркала прудов. Заболоченные места следует осушить. Расход воды должен быть достаточным во все периоды года. Для наиболее эффективного использования построенных прудов необходимо выдержать нормативные глубины.

По первой классификации различают маленькие пруды до 5 м<sup>2</sup>; средние 5-15 м<sup>2</sup> и третья от 10-100 м<sup>2</sup>. Размер закладываемого пруда зависит от площади участка, но следует помнить, что чем больше площадь участка и объём водоёма, тем легче поддерживать в нем биологическое равновесие, меньше будут суточные колебания температуры, количество кислорода, растворенного в воде, рН и др. гидрохимических показателей.



*Рис. 1. Пруд в приусадебном участке*



С учетом разнообразных вариантов использования небольших водоемов рыбоводство на них представляется очень перспективной сферой приложения сил и средств.

Большое значение имеет, где находятся пруды в Российской Федерации, т.к. количество тепла имеет важное значение для выращивания различных видов рыб. К теплолюбивым рыбам относятся – карп, толстолобики, сомы, тилапии и т.д. Все эти виды рыб хорошо развиваются в хорошо прогретых водоемах с температурой до 35° С.

Совместно с рыбой на фермерских прудах в поликультуре выращивают уток и раков.

В странах Европы – Германии, Франции, Швеции и в США разводят сигнального рака.

В России наиболее распространен длиннопалый рак. Раки всеядны, в большинстве случаев не являются конкурентами рыбе, а зачастую приносят пользу, являясь санитарами водоёмов, поедая остатки, погибших животных. Плотность посадки до 5 экземпляров на 1 м<sup>2</sup>.



*Рис. 2. Длиннопалый рак*

Особенно много хозяйств выращивают раков с карпом и растительноядными рыбами – белым и пёстрым толстолобиками и белым амуром. На сохранность раков в период выращивания оказывает влияние совокупность факторов. Это внешние условия среды обитания, внутреннее состояние организма, экологическая чистота водоёма. Разведение раков выгодное дело на прудовых фермерских хозяйствах.

При рыбохозяйственном освоении малых водоёмов, они могут различаться по гидрохимическому режиму. В таких водоемах темп роста



может быть различен. Более перспективным объектом в этом плане могут быть гибриды (каarp и серебряный карась). Эти объекты обладают высокой жизнеспособностью устойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

Наличие в водоёме большого количества органики отрицательно сказывается на кислородном режиме, что в конечном итоге может отражаться на росте рыб, их выживаемости и продуктивности. Поэтому, часто сажают гибридов карпо-карасей в фермерские водоемы, где остальные виды не могут показать свой потенциал.

Выбор того или иного направления использования водоема зависит от возможностей и желания. С учетом разнообразных вариантов использования небольших водоемов рыбоводство на них представляется очень перспективной сферой.



*Рис. 3. Серебряный карась*

**Вывод:**

Таким образом, использование небольших фермерских прудов даст определенное количество товарной рыбы, которое может использовать семья.

С каждым годом растет число людей, занимающихся выращиванием рыбы. Причем, многие из них освоили не только азы разведения рыбы, но и эффективно сочетают выращивание рыбы с нагулом водоплавающей птицы.

**Литература:**

1. Плиева Т.Х. Перспективный объект рыбоводства на водоемах комплексного

назначения / Совещания по проблемам зоокультуры. М.: Росагропромнпт, 1986.

2. Устинов А.С. Современное выращивание разных видов рыб в условиях индивидуального хозяйства. // Рыбн. хоз-во. Аналитика и реферат. Информ. Сер. Пресноводная аквакультура / ВНИЭРХ. 2002. Вып.2.

3. Плиева Т.Х. Кормовая база прудов. Учебное пособие. М.: ТСХА, 1986  
Власов В.А. Приусадебное хозяйство. Рыбоводство. М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, Изд-во Лик пресс, 2001.

4. Тетдоев В.В. Репродуктивные показатели производителей голубой тилляпии при разном уровне кормления / В.В. Тетдоев, Г.Г. Рамазанова, Ю.Р. Хисматулина // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах: МАТЕРИАЛЫ МЕЖВУЗОВСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Балашиха, 2021. С. 148-151.

УДК 628.5

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДЫ И СООРУЖЕНИЯ**

**Заикина И.В.**, к.с-х.н, доцент кафедры природообустройства и водопользования, e-mail: zaikina-i78@yandex.ru

**Назаров А.А.**, старший преподаватель кафедры природообустройства и водопользования, e-mail: a.nazarov1982@yandex.ru

**Худайбердиев Р.Н.**, магистрант кафедры природообустройства и водопользования, e-mail: Nitryi1979@mail.ru

*Рассмотрены методы и сооружения биологической очистки сточных вод, а также плюсы и минусы этих методов.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биологическая очистка, аэротенк, сточные воды, активный ил, биофильтр, поля орошения, биопруды.*

### **Введение**

Сточные воды – образуются в результате использования воды, человеком для бытовых и других нужд.

Существует определенная классификация в зависимости от источника загрязнений

- 1) Бытовые (хозяйственно-бытовые).
- 2) Производственные.
- 3) Атмосферные.

В сточных водах могут содержаться различные загрязнения как органические вещества, соли тяжелых металлов, нефтепродукты, альдегиды, ароматические соединения, азот, фосфор, калий. Приемниками сточных вод в основном служат водоемы. Сточные воды перед сбросом в водоем необходимо частично или полностью очистить.

Сооружениям биохимического окисления принадлежит определяющая

роль в общем комплексе сооружений очистной станции.

Биологическая очистка перед другими методами имеет ряд значительных преимуществ. Микроорганизмы осуществляют полное разложение бытовых стоков до нейтральных продуктов (газ и вода), обеспечивая при этом круговорот веществ в природе [3].

Можно сделать вывод о том, что в отличие от других способов биологическая очистка не извлекает и не переводит загрязнения в другие формы, что обеспечивает практически безотходность производства и ее эффективность и экологичность неоспоримы на сегодняшний день.

Биологические методы очистки предназначены в основном для удаления из сточных вод органических веществ, а главный элемент, необходимый для процесса очистки – микроорганизмы.

Сточные воды протекают через резервуары, в которых находятся колонии специальных бактерий. Эти микроорганизмы питаются органикой, содержащейся в стоках и тем самым, очищают их.

Различают аэробную (в присутствии кислорода) и анаэробную (в отсутствии кислорода) очистку. Это два разных условия среды, которые создают для жизнедеятельности бактерий [1].

Наиболее распространенным элементом биологических очистных сооружений является аэротанк с активным илом, который состоит из бактерий, простейших грибов, водорослей и т.п., способных сорбировать органические загрязнения и окислять их.

Процессы переработки органики бактериями происходят при наличии богатой кислородом среды.

Также можно использовать природные ресурсы, например, поля орошения, поля фильтрации, биопруды и т.п.

Отходы с биологических сооружений раньше также можно было применять в сельском хозяйстве. Однако в 90х годах прошлого века законодательно запретили использовать даже осадок коммунальных сточных вод, не говоря уж о промышленных отходах. Однако в некоторых странах эта практика еще продолжается.

Биофильтр – это установка, в которой имеется фильтрующая засыпка из керамзита, шлака, гравия или аналогичного материала. Колонии микроорганизмов образуют на нем пленку. Аэрофильтр устроен аналогичным образом, но в нем предусмотрена принудительная подача воздуха в фильтрующий слой. Это позволяет увеличить его мощность до 4-х м и сделать процессы окисления значительно более интенсивными. В аэротенках полезная биомасса существует в виде активного ила, который с помощью различных механических устройств перемешивается с поступающими стоками в однородную массу [2].

Для переработки сточных вод, содержащих только органические загрязнения, применяют биологический метод. От биохимического он отличается только отсутствием химикатов. Наиболее производительными



являются аэробные микроорганизмы, для жизнедеятельности которых необходим кислород. Если они работают в сооружении с искусственными условиями, либо в биопруду, в стоки приходится закачивать с помощью компрессора воздух. Менее затратными, но и менее производительными являются анаэробные бактерии, которые кислород не используют. Чтобы поднять степень биологической фильтрации, переработанные стоки подвергают доочистке. В ходе очистки биологическим методом вода избавляется от токсичных веществ, но насыщается фосфором и аммонийным азотом. Если такую воду сбросить в естественный водоем, эти элементы спровоцируют «демографический взрыв» среди водорослей (фосфор в количестве 1 мг обеспечивает появление 115-ти мг биомассы), что нежелательно для экосистемы водоема.

Человечество с давних времён осознавало ценность воды и понимало необходимость её очистки. Прежде чем вернуть воду природе, человек древности отстаивал её в резервуарах. Расслаиваясь, верхний слой воды возвращался в природу, а осадок служил удобрением [3]. Ещё много тысячелетий назад человечество заметило способность воды к самоочищению. Принцип биологических очистных сооружений придуман самой природой. Однако в настоящее время развитие человеческой цивилизации идёт такими прогрессирующими темпами, что у нас просто нет времени на ожидание очистки стоков естественным способом. Вторая проблема, стоящая перед современным человеком, это рост потребления водных ресурсов, а соответственно и рост количества стоков, рост объёмов воды, которые нужно вернуть природе. У нас нет таких площадей и территорий для того, чтобы стоки самоочищались в естественных условиях.

### **Заключение**

Искусственное вмешательство человека, в данном случае, позволяет не нанося вред природе осуществить ряд задач:

- Сократить время очистки воды по сравнению с природным процессом.
- В окружающую среду возвращаются продукты распада осадков сточных вод – вода, метан, углекислый газ. Осаждённый во вторичном отстойнике избыточный ил может служить хорошим удобрением.
- Низкая себестоимость процесса биологической очистки. Для процесса биологической очистки не требуется большое количество дополнительных реагентов или сложных конструкций, сооружений и обслуживающего персонала.

В связи с невозможностью самостоятельного и быстрого очищения стоков в природных условиях и широким потреблением водных ресурсов возникла необходимость в искусственном очищении. Если очистить воду от неорганических компонентов можно с помощью осаждения, то для удаления органических веществ потребуется биологическая очистка.

### Литература:

1. Жмур Н.С. Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками: Пособие для инспекторов, аналитиков и гидробиологов специально уполномоченных органов, осуществляющих государственный экологический контроль. М.: Луч, 1997. 172с.
2. Харькина, О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод / О.В. Харькина. Волгоград: Панорама, 2015. 433с.
3. Плиева Т.Х., Лаврентьева Н.М., Заикина И.В. Оптимизация работы сооружений очистки сточных вод сельских поселений // Вестник Российского Государственного Аграрного Заочного Университета, номер: 19 (24), 2015. стр. 36-40.

УДК 502.656

## **БЛАГОУСТРОЙСТВО ВОДОЕМА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ГОРОЖАН И СОХРАНЕНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА ОТ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА "БОРИСОГЛЕБСКОЕ" г. РАМЕНСКОЕ**

**Колодей Е.А.** магистрант кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАЗУ, преподаватель ГБПОУ МО «Раменский колледж» г.Раменское, e-mail: kolodeuwka@mail.ru

*В ходе проделанной работы мы отметили её актуальность, так как главная задача данной тропы единение человека и природы в процессе получения новых навыков и знаний в благоприятной, умиротворённой обстановке. Уникальный объект, оазис природы в большом городе. Данная территория прошла проверку по широкому спектру показателей. Назначение: обеспечение доступности информации относительно экологической обстановки в крае для широких слоев населения, активизация природоохранной деятельности, проведение занятий с учащимися разных возрастных групп для уроков природоведения, ботаники, зоологии, экологии, а также для внепрограммных занятий в кружках и секциях естественного цикла, расширение представлений о природных процессах, протекающих на данной территории, видах и последствиях антропогенной нагрузки на природную среду, актуальная тематика для репортажей и статей. Группы пользователей: администрация Раменского района, преподаватели и учащиеся, жители города, СМИ, экскурсоводы. Экономическая выгода данного проекта также очевидна.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: озеро, вода, экотропа, экскурсия, благоустройство, мониторинг, заболачивание*

Целью данной работы является благоустройство водоёма в условиях городской среды для улучшения качества жизни горожан и сохранения водного объекта от заболачивания. Основными задачами проекта является:

Комплексный мониторинг территории озера "Борисоглебское" Раменского района;

Анализ и зонирование территории с целью организации «Эктория»;

Создание план размещения информационных табло и инфраструктуры

(лавки, беседки, урны, домики для насекомых, кормушки и др.) на территории «Экотория»;

Цифровизация данного объекта.

Назначением данной территории является, обеспечение доступности информации относительно экологической обстановки в районе для широких слоев населения: активизация природоохранной деятельности, проведение занятий с учащимися разных возрастных групп для уроков природоведения, ботаники, зоологии, экологии, а также для внепрограммных занятий в кружках и секциях естественного цикла, расширение представлений о природных процессах, протекающих на данной территории, видах и последствиях антропогенной нагрузки на природную среду, актуальная тематика для репортажей и статей.

Группы пользователей: администрация Раменского района, преподаватели и учащиеся, жители города, СМИ, экскурсоводы.

«Экотория» - территория для отдыха, интеллектуального просвещения и развития в естественной природной среде.

Человек внедряясь в природу, часто нарушает её до невозвратного состояния. «Экотория» напротив объединяет человека и природу. Популяризация созерцательного обращения с природой и альтернатива санаторному отдыху. Пребывание на свежем воздухе, вдали от городской суеты приводит к нормализации давления, профилактика сердечно-сосудистой дистонии и отличное средство от депрессии и хандры.

Примерные виды использования «экотория»: пешие прогулки, отдых в благоустроенных местах, обзорная экскурсия по экологической тропе, уроки в зеленом классе (для проведения уроков под открытым небом, научно-исследовательская деятельность обучающихся, природоохранные экологические акции), тематические экскурсии, тропа здоровья [1].

### **Местонахождение «Экотория»**

Экологическая тропа располагается в г. Раменское Московской области.

Территория ее прохождения отличается привлекательной особенностью – необычным сочетанием удобств современного города и близостью живой природы.

Общее число площадок – 7

Протяженность маршрута – 1,652 км.

#### **Остановка №1: «Мимикаки»**

Первая видовая площадка маршрута находится на прогулочной дорожке в юго-западной части Борисоглебского озера.

#### **Остановка № 2: «Апсайклинг»**

Со второй видовой площадки маршрута открывается потрясающий вид, на городской парк в котором горожане могут укрыться от палящего летнего солнца.

#### **Остановка №3: «Фурушики» (Окрестности Собора Троицы)**

Третья видовая площадка маршрута экотуризма находится на юго-восточном берегу Борисоглебского озера, вход в Раменский городской парк, окрестности Собора Троицы. Находясь на этой точке можно полюбоваться невероятно красивым собором Троицы Живоначальной.

**Остановка №4: «Капшеринг»** (Окрестности Борисоглебской церкви)

Четвертая видовая площадка маршрута находится в центре Раменского городского парка.

**Остановка №5: «Ресайклинг»** (Берег Борисоглебского)

**Остановка №6: «Своп»** (Родник)

Шестая видовая площадка маршрута экологической тропы находится у родника.

**Остановка №7: «Пластиквотчинг»** - Мост через Дергаевский канал

Седьмая видовая площадка маршрута находится на мосту через Дергаевский канал. Самая проблемная точка нашего участка, через которую проходят сливы промышленного города.

**Животный мир**

Фауна данной территории представлена водоплавающей дичью: утками, селезнями, птицами – воробьями, воронами, сороками.

В основном животный мир представлен синантропными видами, то есть такими видами животных и птиц, которые активно используют плоды жизнедеятельности человека, например, домовыми и полевыми мышами и пр.

**Геологические условия**

На освещенной солнцем лицевой стенке почвенного разреза можно легко выделить почвенные горизонты, сменяющие друг друга в вертикальном направлении и отличающиеся по цвету, структуре, механическому составу, влажности и другим признакам.

Почвенные исследования являются неотъемлемой частью комплексного изучения природы. Представления о строении местных почв, их разновидностях и распространении в своей местности являются основой для углубленного изучения остальных компонентов ландшафта – рельефа, растительности и животного мира. Почвенные исследования были проведены на выделенной площадке.

**Состояние воды в озере «Борисоглебское»**

Гидрохимическое опробование вод озера проводилось с целью изучения химического состава поверхностных вод, выявлению источников загрязнения с сентября 2019 г по сентябрь 2021г. По результатам опробования в створе на юго-западном берегу озера состояние воды – грязная.

Превышение ПДК отмечено по следующим показателям: железо в 7 раз и аммоний в 2 раза по данным Московско-окского Агентства водных ресурсов и учебной лаборатории.

**Радиационно-экологические исследования**

Проведены измерения МЭД (мощности эквивалентной дозы) по исследуемому участку №1.

Измерены показатели МЭД в 10-ти точках, на расстоянии 0,1 и 1,0 м от поверхности земли.

Интервал значений составил от 0,08 до 0,19 мкЗв/ч. Допустимый уровень 0,30 мкЗв/ч. Превышений не обнаружено.

Определение уровня шума

Проведена поисковая пешеходная гамма-съемка. Аномалий не обнаружено.

Эквивалентный и максимальный уровни звука для шума, создаваемого на селитебной территории не должны превышать в дневное время соответственно – 55 и 70 дБА.

По результатам измерений эквивалентный и максимальный уровни звука на участке превышают допустимые нормативы (СН 2.2.4/ 2.1.8.562-96) в точке 3, что преимущественно обусловлено шумом от автомобильного транспорта, проходящего по ул. Карла Маркса.

Экономическая часть

Стоимость на сегодняшний день одного кв.м данного участка составляет 1120 руб. по данным <https://varvaragreen.ru/>

Наименование	Кол-во	Цена	Ссылка
Скамейка Французская лоза большой вензель	7	7500	<a href="https://hozotdel.ru/product/skamejka-francuzskaya-loza-boljshoj-venzelj/">https://hozotdel.ru/product/skamejka-francuzskaya-loza-boljshoj-venzelj/</a>
Урна для раздельного сбора мусора Акцент	2	17,400	<a href="https://hozotdel.ru/product/urna-dlya-razdeljnogo-sbora-musora-akcent-4/">https://hozotdel.ru/product/urna-dlya-razdeljnogo-sbora-musora-akcent-4/</a>
Урна уличная ЭКОНОМ, 25 литров (УУ-1)	5	970	<a href="https://hozotdel.ru/product/urna-ulichnaya-ekonom-25-litrov-uu-1/">https://hozotdel.ru/product/urna-ulichnaya-ekonom-25-litrov-uu-1/</a>
Уличный информационный стенд-планшет ВКПЛ-002	7	6,500	<a href="https://reklama-a.ru/street-stends/tproduct/271835782-510161567341-ulichnii-informatsionnii-stend-planshet">https://reklama-a.ru/street-stends/tproduct/271835782-510161567341-ulichnii-informatsionnii-stend-planshet</a>
Эко отель для насекомых	1	5,578	<a href="https://amaazon.ru/petsupplies/4546006031/zzxx6l170b">https://amaazon.ru/petsupplies/4546006031/zzxx6l170b</a>

### Заключение

Данная территория прошла проверку по широкому спектру показателей и на наш взгляд является лучшим местом в городе для реализации социально-культурно и досугового объекта под названием «Экотория»

Группы пользователей: администрация Раменского района, преподаватели и учащиеся, жители города, СМИ, экскурсоводы.

#### Назначение:

1. Обеспечение доступности информации относительно экологической обстановки в крае для широких слоев населения,
2. активизация природоохранной деятельности.
3. Проведение занятий с учащимися разных возрастных групп для уроков природоведения, ботаники, зоологии, экологии, а также для внепрограммных занятий в кружках и секциях естественного цикла.
4. Расширение представлений о природных процессах, протекающих на данной территории, видах и последствиях антропогенной нагрузки на природную среду.
5. Актуальная тематика для репортажей и статей.
6. Пособие для проведения лекций и экскурсий

В данный момент создан сайт объекта [ekotori.ru](http://ekotori.ru)

Администрацией города данный проект одобрен. Ведутся работы по благоустройству территории.

#### Литература:

1. Методические рекомендации по оформлению экологических и научных троп на ООПТ г. Москвы. М.: изд. Департамента природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы, 2004.
2. Мосолов В.И. Долина Гейзеров и туризм: последствия и перспективы рекреационного освоения // Растительный и животный мир Долины Гейзеров. Под науч. ред.
3. Лобкова Е.Г. Петропавловск-Камчатский: Кн. изд-во «Камч. Печат. Двор», 2002. – С. 283–296.
4. Чижова В.П. Принципы организации туристских потоков на особо охраняемых территориях разного типа // Экологические проблемы сохранения исторического и культурного наследия. Мат-лы VII Всерос. конф. Сборник научных статей. М.: Институт Наследия, 2002. С. 390–405.
5. Чижова В.П. Определение допустимых нагрузок на туристско-экскурсионных маршрутах // Экологический туризм на пути в Россию. Принципы, рекомендации, российский и зарубежный опыт. Тула: Гриф и К., 2002. С. 99–107.
6. Чижова В.П. Разработка программ эколого-экскурсионной деятельности в заказнике «Воробьевы горы» // Туризм и устойчивое развитие регионов: Мат-лы Второй всерос. науч.-практ. конф. – Тверь, Изд-во Твер. ун-та, 2005. С. 119–121.
7. Trapp S., Gross M., Zimmerman R. Signs, Trails, and Wayside Exhibits: Connecting People and Places. UW-SP Foundation Press, inc/University of Wisconsin. Second Edition, 1994.
8. Strasdas W. The Ecotourism Training Manual for Protected Area Managers. German Foundation for International Development, Center for Food, Rural Development and the Environment. Zschortau, Germany, 2002.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ПОДМОСКОВЬЕ

**Ильинкова И.Ю.**, специалист факультета электроэнергетики и технического сервиса, ФГБОУ ВО РГАЗУ, e-mail: tek11a@mail.ru, тел.: 8(495) 521-53-62

*В статье проводится анализ качества питьевой воды в подмосковных городах, приведена сравнительная таблица результатов исследования воды пригодной и опасной к употреблению. Представлены виды и источники загрязнений, а также рассмотрены способы очистки в домашних условиях. Предложены методы подготовки воды к дальнейшему использованию в быту.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** вода, очистка, загрязнение, качество, вид загрязнения, питьевая вода, химические загрязнения, методы, стандарты.

На территории РФ качество питьевой воды регламентируется действующими с 2002 г. Санитарными правилами и нормами (СанПиН). В соответствии с ними, питьевой считается жидкость, имеющая соответствующие органолептические показатели. В их число включают такие характеристики как отсутствие неприятного запаха и вкуса, прозрачность, отсутствие вредных примесей и болезнетворных бактерий.

Показатель жесткости не должен превышать 7 ммоль/л, рН приравнивается к 7-7,5, а уровень содержания полезных минералов не может быть выше 1 г/л. Вредные химические примеси в норме составляют десятые или сотые доли ПДК либо отсутствуют совсем. Лишь соответствующую перечисленным требованиям жидкость считают питьевой.

На данный момент качество подаваемой водопроводом воды в Подмосковье оставляет желать лучшего. Так, более 50% проб, взятых на территории Можайского, Клинского, Солнечногорского, Егорьевского и Серебряно-Прудского районов не соответствуют действующим санитарным нормам и правилам.

Почти 90% водоснабжения в Московской области обеспечивается подземными источниками, в которых достаточно высоко содержание солей марганца и железа. А потому неудивительно, что вода, подающаяся из крана, в Подмосковье часто имеет выраженный специфичный «железный» вкус и запах, а также желтоватый цвет. Ее длительное употребление может спровоцировать болезни легких и печени, сократив жизнь человека на несколько десятилетий. К тому же, она отличается повышенной жесткостью, что приводит к быстрому выводу из строя различных бытовых приборов. Наибольшее содержание железа было выявлено в Клинском, Егорьевском, Солнечногорском, Шатурском и Павлово-Посадском

районах, а также в городах Электросталь, Лобня и Балашиха (микрорайон Железнодорожный).

**Сравнительная таблица качества питьевой воды  
в Подмосковных городах**

<b>Город</b>	<b>Качественная питьевая вода</b>	<b>Питьевая вода, требующая дополнительной очистки</b>	<b>Некачественная питьевая вода</b>
Ногинск		+	
Пушкино		+	
Луховицы			+
Коломна		+	
Воскресенск	+		
Домодедово		+	
Балашиха	+		
Лыткарино	+		
Чехов		+	
Щелково		+	
Наро-Фоминск			+
Звенигород		+	
Одинцово		+	
Руза			+
Красногорск		+	
Солнечногорск		+	
Клин		+	
Дмитров			+
Дубна	+		
Сергиев-Посад		+	
Химки		+	

В настоящее время качественная питьевая вода подается 83% жителей Московской области, однако, это лишь усредненный показатель по региону. Поэтому население ряда районов области обеспечивается водой действительно хорошего качества, в то время как в других районах Подмосковья жители продолжают получать непригодную для употребления жидкость.

Вся восточная часть Подмосковья, а также Талдомский, Луховицкий и Клинский районы обеспечиваются водой, имеющей значительную примесь торфа. К тому же, грунт в Химках и Долгопрудном содержат фтор, в источниках, находящихся на территории Можайского, Истринского и Люберецкого районов находят аммиак, а в источниках, расположенных на территории Луховицкого, Дмитровского и Домодедовского районов - нитраты.

К еще одной очень распространенной причине загрязнения относят так называемые «старые трубы». Проходя через старые трубы, внутри которых



содержится большое количество грязи, даже качественный и чистый продукт теряет свои свойства, в результате чего из крана жильцы получают жидкость с неприятным вкусом и болотным запахом.

### **Виды и источники загрязнений. Способы очистки**

К основной причине биологического загрязнения вод относят проникновение болезнетворных бактерий. Среди основных источников загрязнений такого типа следует отметить давно не подвергавшиеся санитарной очистке аварийные канализационные сети, колодцы, скважины, выгребные ямы, зоны фильтрации. Кроме того, нередко биологическое загрязнение является следствием нарушения правил эксплуатации водозаборных сооружений, а также нарушения режима зон санитарной охраны открытых водоемов.

Главной причиной химического загрязнения является попадание в окружающую среду сельскохозяйственных и промышленных стоков, а также твердых отходов.

*Аммиак.* К главным источникам поступления аммиака в водопровод относят канализационные сети и сельское хозяйство. Он не опасен для человека в малых дозах, но имеет неприятный запах. Очистить жидкость от аммиака можно методом длительного кипячения.

*Нитраты.* К основным путям поступления нитратов относят чрезмерное использование удобрений и нарушение условий хранения содержащих нитраты веществ на складах. Они хорошо растворяются, а потому быстро накапливаются в колодцах, озерах и неглубоких скважинах. Удалить нитраты можно при помощи мембранных и бытовых фильтров, содержащих анионообменные смолы.

*Свинец.* Этот тяжелый и токсичный металл обладает рядом мутагенных свойств. Основным источником его поступления в природную среду являются крупные химические, металлургические и машиностроительные предприятия. Очистить жидкость от свинца можно методом обратного осмоса, либо бытовым фильтром с ионообменными (т.е. устраняющими жесткость) смолами. Довольно действенными методиками очистки выступают в данном случае замораживание и оттаивание на протяжении нескольких часов.

*Фенол.* Канцероген, попадающий в грунт вследствие неправильной утилизации отходов предприятий химической промышленности. Очистка от фенола представляет собой довольно длительный и сложный химический процесс, проводимый в промышленных условиях. На дому очистку проводят, используя фильтры с активированным углем.

*Нефтепродукты.* Чаще всего нефтепродукты попадают в природу в результате больших разливов. Основными источниками их поступления считаются военные предприятия и аэродромы. При промышленной очистке от нефтепродуктов используются фильтры с адсорбентами и специальные микроорганизмы, питающиеся нефтепродуктами. На дому очистить

жидкость можно с помощью фильтра с активированным углем или же воспользоваться методом отстаивания.

*Продукты разложения свалок.* К наиболее опасной составляющей такого типа загрязнений относят жидкий фильтрат, он образуется при проникновении атмосферных осадков в накопившуюся массу твердых бытовых отходов. Эффективных и действенных способов по избавлению от фильтрата на данный момент нет.

*Радиоактивные загрязнения.* Источником радиации являются использующие в работе радиоактивные изотопы предприятия, а также места захоронения радиоактивных отходов. Для частичной очистки от радиационного загрязнения на дому используют фильтры с катионообменными смолами.

### **Выводы**

К наиболее известным и действенным способам очистки питьевой воды на дому относят кипячение, отстаивание, заморозку, процеживание, фильтрацию и обработку ультрафиолетом. Самым распространенным и эффективным методом является кипячение предназначенной для питья жидкости с ее последующим оставлением на воздухе в открытой посуде на три или четыре часа (ровно столько времени потребуется для удаления, к примеру, избытка хлора). Нередко применяется и такой метод обеззараживания как озонирование, хотя его применение приводит к образованию перекисей и озонидов. Помимо этого, уничтожить вредные примеси можно посредством применения ультрафиолетового излучения, но эта методика относится к довольно дорогостоящим способам очистки. Большая часть населения очищает воду в домашних условиях при помощи систем бытовой фильтрации.

Описанные выше способы имеют собственные плюсы и минусы, а потому при выборе конкретного метода следует отталкиваться от уместности и эффективности его использования в тех или иных условиях. Для этого можно провести анализ жидкости в специализированной лаборатории, получив точные сведения о ее качестве и содержащихся в ее составе примесях. А наиболее правильным вариантом станет приобретение комплексной установки, благодаря которой можно не только очищать предназначенный для употребления продукт, но и насыщать его полезными минералами.

### **Литература:**

1. Зверев В.П. Вода в Земле. Введение в учение о подземных водах: учеб. пособие для вузов / В.П.Зверев. - М.: Научный мир, 2009. - 251с.
2. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды: примеры и расчеты: учеб. пособие для вузов и сред. спец. образования / В.Ф.Кожин. - 4-е изд., репр. М.: Бастет, 2008.
3. Очистка природных и сточных вод: сб. науч. тр. / НИИ ВОДГЕО. М., 2009.
4. Природообустройство [Электронный ресурс] / Голованов А.И., Зимин Ф.М., Козлов Д.В., Корнеев И.В. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. 560 с.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ  
ТРАНСФОРМАЦИИ**

*МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ*

*19 мая 2022 года*

Подписано в печать 07.06.2022 г.    Формат 60x84 1/16

Отпечатано на ризографе.

Печ. л. 11,0    Уч.-изд. л. 8,30

Тираж 500 экз.    Заказ 57

Издательство ФГБОУ ВО РГАЗУ  
143907, Московская обл., г. Балашиха, ш. Энтузиастов, д. 50



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

**ФГБОУ ВО РГАЗУ**

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

ПЕРЕНИМАЕМ ОПЫТ  
СОЗДАЕМ СЕТЕВУЮ  
РАБОТУ 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**

#### ПРОФИЛЬ

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

**ВНЕБЮДЖЕТ**

#### ПРОФИЛЬ

- ▶ **БИОЛОГИЯ** - «БИОЭКОЛОГИЯ» / «ОХОТОВОДЕНИЕ»
- ▶ **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»

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

### СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

НА БАЗЕ 9 И 11 КЛАССОВ

**БЮДЖЕТ**

**СРОК ОБУЧЕНИЯ**

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

### МАГИСТРАТУРА

**БЮДЖЕТ**

#### ПРОГРАММА

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

**ВНЕБЮДЖЕТ**

#### ПРОГРАММА

- ▶ **БИОЛОГИЯ** - «ЭКОЛОГИЯ» / «ОХОТОВОДЕНИЕ»
- ▶ **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: ПРИЕМКОМ@RGAZU.RU INTERNET: WWW.RGAZU.RU