



**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И НА ТРАНСПОРТЕ:  
ЗАДАЧИ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ**

**СБОРНИК ТРУДОВ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ  
(НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ НАУЧНЫХ, НАУЧНО-  
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ, АСПИРАНТОВ И  
СТУДЕНТОВ**

ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И НА ТРАНСПОРТЕ:  
ЗАДАЧИ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ**

**СБОРНИК ТРУДОВ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ  
(НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ НАУЧНЫХ, НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ  
РАБОТНИКОВ, АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ**

Челябинск

2022

УДК 656  
ББК 39  
С 56

**Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения:** сборник трудов VI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов / [науч. ред. А.Н. Ткачёв]. – Челябинск: ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», 2022 – 333 с.

Научный редактор – А.Н. Ткачёв, к.т.н, доцент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»;

Редактор-корректор – К.М. Фролова, специалист редакционно-издательского отдела ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет».

В сборник включены статьи участников VI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов «Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения» состоявшейся в г. Челябинске 25 января 2022 г.

**ISBN 978-5-6046573-7-9**

© ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», 2022

© Коллектив авторов, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

### Электроэнергетика и электротехника

Бочкарев Г.Д. Подход к определению баланса активной и реактивной мощностей	5
Епишков Е.Н., Ткачёв А.Н., Баженова С.В. Математическая модель распределения температуры по поверхности плёночного электронагревателя с токоведущей частью в виде ленты из высокоомного материала	10
Жилин Е.В., Саввин Н.Ю., Доценко О.В. Комбинированная гелиоустановка в качестве автономного и резервного источника энергии	18
Ильин Ю.П., Белов А.В., Ткачёв А.Н., Кузьмина Н.Ю., Скородумова Н.В. Исследование условий взвешенно-витающего слоя субстратов	22
Коробов Е.В. Интеллектуальная система мониторинга и управления уличным освещением	33
Кремлёва В.С., Ульянов В.В., Кошелев М.М. Исследование особенностей получения водорода за счет термоэлектрохимического разложения воды при ее непосредственном смешении с расплавами свинца или свинцововисмутовой эвтектики	39
Кремлёва В.С., Ульянов В.В., Асхадуллин Р.Ш., Кошелев М.М. Изучение кинетических закономерностей термической деструкции обработавших ионообменных смол в жидком свинце и в газе	47
Лукутин Б.В., Аль-Мажди К.Х. Генетический алгоритм оптимизации стоимости электроэнергии потребляемой активным тепловым потребителем от сетевой фотоэлектростанции	55
Марьин Г.Е., Сопина Ю.В. Перспективы водородного топлива в энергетическом секторе	62
Мифтахов А.Р., Рахматуллин С.С. Ключевые события в североамериканской электроэнергетической и транспортно-логистической отраслях в 2021 г.	66
Молчан А.М., Ткачёв А.Н., Гусейнов Р.Т., Новик И.В. Выбор контролируемого параметра технического состояния обмотки погружного электродвигателя при контрольных испытаниях	73
Нургатин И.М. Оценка фактического коммутационного ресурса высоковольтных выключателей	79
Опалько Е.Ю. Бизнес-аргументы в пользу возобновляемой энергии	86
Пустоветов М.Ю. Некоторые практические задачи проектирования электрической системы катеров и их решения	91
Рахматуллин С.С. Ключевые аспекты разработки оптоволоконных систем контроля и управления АЭС	104
Саплин Л.А., Прохоренко А.И. Сушка и испытания обмоток электродвигателей	113
Саплин Л.А., Распопова М.М. Особенности резерва элементов сети электроснабжения	118
Селунский В.В., Ткачёв А.Н. Модернизированная электростатическая установка для сезонного перерабатывающего пункта	122
Токтаров И.В. О выборе электродвигателя для легких мотоциклов и скутеров	130
Филимонов С.С., Лыткин К.А. Автоматизация работы внутреннего и внешнего освещения	136
Хайбуллин Р.Р. Модернизация схем электроснабжения с применением цифровых подстанций	144

### Транспортные технологии

Глемба К.В., Гриценко А.В. Особенности процесса очистки элементов вертикальной дорожной разметки	149
Игнатова Н.А. Совершенствование методов обеспечения безопасности школьных автобусов при организованной перевозке детей	158
Казакова А.А. Анализ причин возникновения дорожно-транспортных происшествий с участием грузовых автомобилей в Российской Федерации	165
Казиева Б.А., Мартынова М.С. Развитие транспортного комплекса России: оценка уровня технического и технологического развития	171
Качурин В.В., Крыгина Е.И. Анализ конструкций смесительных установок для приготовления органоминерального удобрения с использованием птичьего помета	177
Крыгина Е.И., Мухамадиев Э.Г., Шевцова В.В. Повышение качества транспортного обслуживания пассажиров	189
Саввин Н.Ю., Комоза Д.В. Лидеры электромобильной промышленности	199
Сахипгареев Д.Р., Ульянов В.В., Кошелев М.М., Асхадуллин Р.Ш. Изучение процесса дожигания продуктов пиролиза ионообменных смол в присутствии твердых окислителей	204
Севостьянов М.А., Степанов Н.А. Планирование и организация мультимодальных пассажирских перевозок в городах	217

Севостьянов М.А., Гуськов А.А. Выбор вместимости автобуса при организации городских пассажирских перевозок	222
Семенычева А.В. Управление энергосбережением и повышение энергоэффективности освещения городских территорий	229
Семченков С.С., Корольчук М.А. Повышение эффективности систем маршрутного пассажирского транспорта путём рационального использования рекуперированной энергии в подвижном составе трамвая	236
Сычёва С.В., Гуськов А.А. Доступность транспортных услуг на примере города Тамбова	246
Тарабара Д.А. Инновационные решения в координированном управлении дорожным движением	256
Татаринцев В.А., Буркун А.В. Оценка надёжности при внезапных хрупких разрушениях автосцепок подвижного состава с трещинами	263
Хабибуллозода Х.Х., Горяев Н.К. Исследование влияния возраста подвижного состава на затраты на ремонт	270
Шахова О.М. Выявление значимости влияния этического аспекта в проектном управлении инновационных инфраструктур высшего образования в области международных отношений Российской Федерации	275
Штрекер Д.С., Чамара Н.Д. Модернизация и исследование мехатронной ударной машины Lansmont M95/115	297
Шубин Д.М., Чабанова Е.В. Проблемы пассажирских перевозок	304
<b>Информационные технологии</b>	
Козлова Е.В. Сравнительный анализ сервисов маршрутизации для курьерских компаний	310
Коротких М.И. Обзор современных программных решений, применяемых при проектировании автомобилей	316
Батенков К.А. Взаимосвязь ключевых показателей качества и эффективности инфокоммуникационных систем	322
Алшаиби А.Д., Аль-Ани М.М., Аль-Азави А.Я., Конев А.А. Анализ и оценка киберугроз для промышленных ИОТ-систем	328

# ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

## ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ БАЛАНСА АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТЕЙ

*Бочкарев Г.Д. – студент, ГАПОУ «Самарский государственный колледж»*

### **Аннотация**

В работе предложен математический алгоритм, позволяющий количественно оценить баланс активной и реактивной мощностей. Алгоритм основан на оценке кривой полной мощности и состоит в анализе количества мощности находящегося в положительной отрицательной плоскостях графика.

Любая электроэнергетическая система (ЭЭС), основанная на переменном напряжении, непременно включает в себя взаимодействие многих электротехнических элементов, таких как источники электроэнергии (электрические станции), повышающие и понижающие трансформаторы и автотрансформаторы, распределительные устройства (открытые и закрытые) и потребители (предприятия промышленности и бытовые нужды населения) [1, 2].

Известно, что переменная электроэнергетика невозможна без выделения реактивной мощности со всех сторон взаимодействия (электростанция, распределительное устройство) перед специалистами встает вопрос своевременного получения точной информации о текущем состоянии баланса мощностей на отдельно взятом участке ЭЭС [3].

В работе предложен подход к решению данного вопроса наиболее простым и эффективным с точки зрения автора способом. Решение поставленного вопроса данным способом, позволяет с высокой степенью достоверности и точности, за счет простоты и краткости его программной реализации в устройствах телеметрии и мгновенной оценки получать текущие параметры сети.

В основе метода вычисления лежит математический аппарат, представляющий из себя ряд алгебраических операций над оцифрованным сигналом от аналоговых источников напряжения и тока. В работе показаны математические модели таких сигналов.

ЭЭС, основанная на переменном напряжении, всегда описывается законом синуса, который при соответствующих допущениях практически идеально

повторяет процессы. В работе представлен метод, в котором учтены все основные допущения:

- отсутствие гармонических составляющих в сигнале;
- отсутствие эффекта гистерезиса;
- отсутствие магнитного насыщения.

При питании потребителей, имеющих индуктивное сопротивление (трансформатор, электродвигатель, индуктор и пр.), происходит отставание вектора тока от вектора напряжения на некоторый угол  $\varphi$ , таким образом, что кривая сигнала тока опаздывает от кривой напряжения на некоторый отрезок времени (угол), создавая тем самым участки одновременного существования как положительных так и отрицательных участков значений тока и напряжения [4].

Как известно, активная мощность определяется как произведение напряжения и тока, но переменного напряжения это актуально только при одновременном существовании только положительных или отрицательных значений.

Автором предлагается представить ряд мгновенных значений полученной мощности, при наличии некоторого угла  $\varphi$  в виде кривой, положительные значения которых относятся к активной мощности, отрицательные к реактивной. Для того, чтобы количественно оценить получаемые величины, предлагается проинтегрировать полученную функцию на положительных и отрицательных участках.

За основу математической модели исследуемых сигналов, была взята функция синуса, для переменного напряжения:

$$U(x) = A\sin(x),$$

для переменного тока:

$$I(x) = B\sin(x+\varphi),$$

где  $A$  и  $B$  – амплитуды значений напряжения и тока,  $\varphi$  – угол сдвига между фазами напряжения и тока.

Выше сказано, что мгновенное значение электрической мощности является произведением напряжения  $U$  и тока  $I$ , и в случае отсутствия сдвига по фазе на угол  $\varphi$ , мгновенные значения в любой момент времени будут иметь положительные значения как при положительных, так при отрицательных полуволнах синусоид, то вся кривая полной мощности  $S$  будет находиться в положительной области графика:

$$S(x) = U(x) \cdot I(x), \quad (1)$$

В случае наличия сдвига по фазе на угол  $\varphi$  очевидно, что в один и тот же момент времени функции переменного напряжения и тока могут принимать уже как положительные, так и отрицательные значения на одной полуволне. Таким образом, кривая полной мощности будет разделена осью  $x$  на две части: положительную и отрицательную:

$$S(x) = U(x) \cdot I(x + \varphi), \quad (2)$$

Для наиболее корректного отображения на оси абсцисс будет отложена размерность в градусах и на рис. 1 и 2 представлены кривые функции полной мощности полученных по (1) и (2). По оси ординат мгновенные значения измеряемых величин  $U$ ,  $I$ , и  $S$  в относительных единицах.

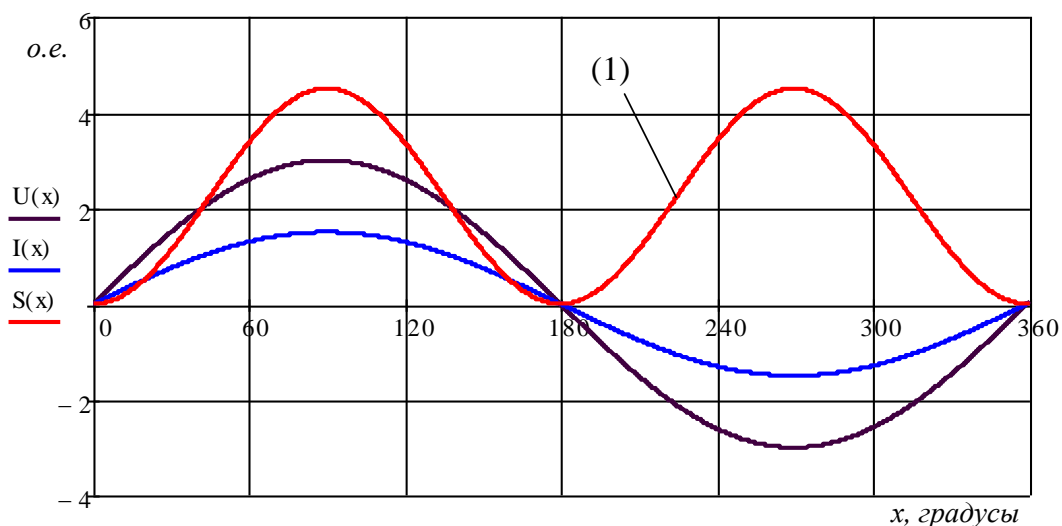


Рис. 1. Кривые мгновенных значений  $U$ ,  $I$ , и  $S$  при  $A=3$  о.е.,  $B=1,5$  о.е.

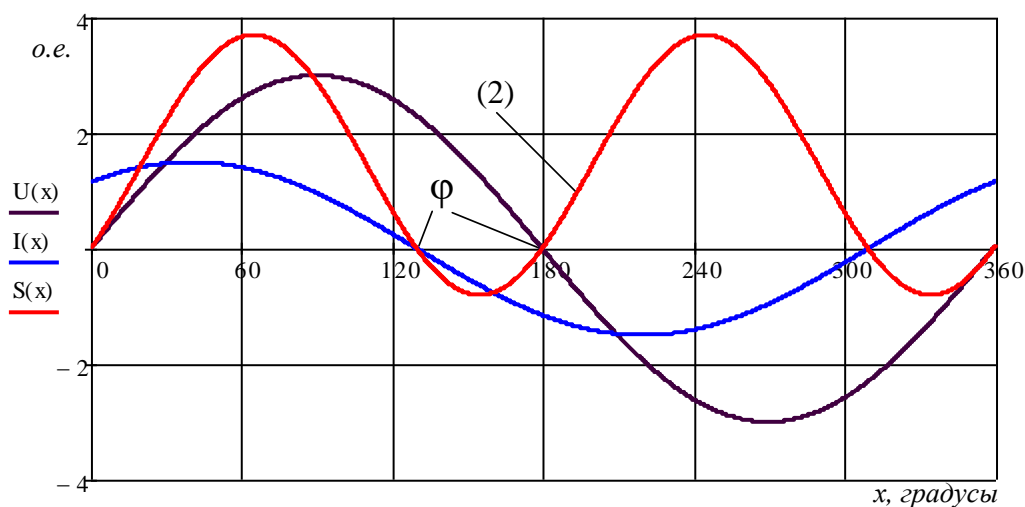


Рис. 2. Кривые мгновенных значений  $U$ ,  $I$ , и  $S$  при отставании  $I$  от  $U$  на угол  $\varphi=50^\circ$



Разрабатываемый метод предполагает количественное определение баланса активной и реактивной мощностей в пределах одного или двух периодов в относительных единицах. Для этого предлагается оценивать площадь положительных и отрицательных областей, образованных кривой функции полной мощности  $S$ .

Таким образом, чтобы количественно оценить активную и реактивную мощности предлагается выполнить ряд несложных вычислений по следующим формулам:

$$P = \int_0^{180-\varphi} S(x)dx,$$

$$Q = \int_{180-\varphi}^{180} S(x)dx,$$

где  $P$  – активная мощность,  $Q$  – реактивная мощность.

На рис. 3 представлена визуальная интерпретация предлагаемого решения, где видно, как распределена активная и реактивная мощности при данных условиях.

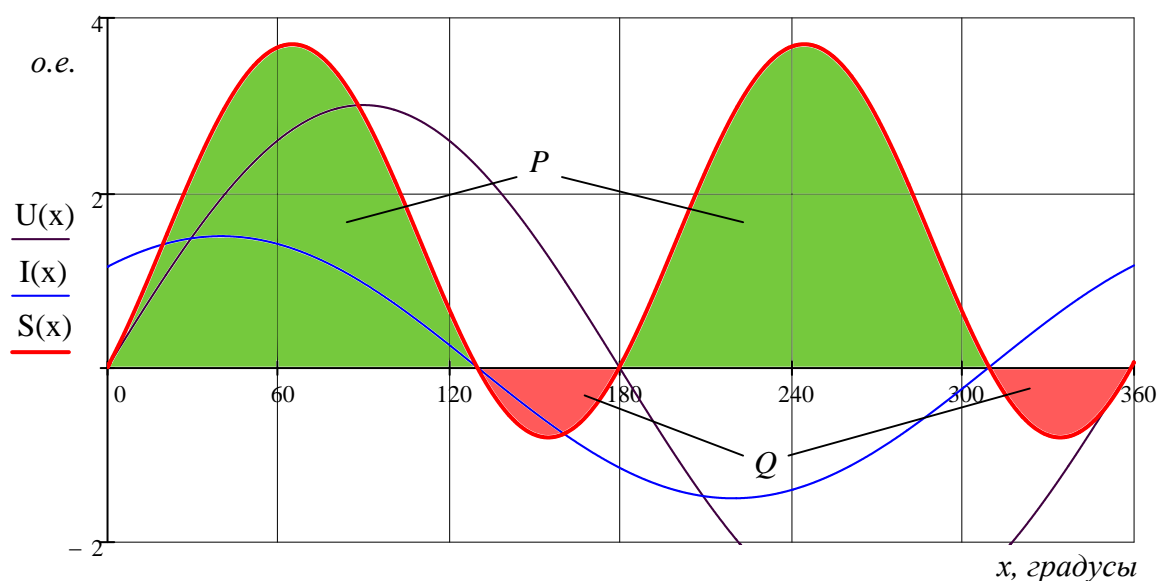


Рис. 3. Визуальная интерпретация предлагаемого способа определения баланса мощностей активной и реактивной энергии.

Таким образом, по данному методу предлагается высчитать интеграл функции кривой полной мощности  $S$  на выбранных интервалах. В данном случае, при  $\varphi=50^\circ$  этими интервалами являются от  $0^\circ$  до  $130^\circ$  и от  $180^\circ$  до  $310^\circ$  для активной

мощности  $P$ , а также от  $130^\circ$  до  $180^\circ$  и от  $310^\circ$  до  $360^\circ$  для реактивной мощности  $Q$ .

#### **Список используемых источников**

1. Минин Г.П. Реактивная мощность. Москва: Энергия, 1978. 88 с.
2. Мельников Н.А. Реактивная мощность в электрических сетях. «Энергия». Москва. 1975. 128 с.
3. Программа инновационного развития. ПАО «Россети» на период 2016-2020 гг. с перспективой до 2025 г. Москва 2016. 320 с.
4. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. Руководство для практических расчетов. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2016. 456 с.

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ПОВЕРХНОСТИ ПЛЁНОЧНОГО ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЯ С ТОКОВЕДУЩЕЙ ЧАСТЬЮ В ВИДЕ ЛЕНТЫ ИЗ ВЫСОКООМНОГО МАТЕРИАЛА

*Епишков Е.Н. – к.т.н., доцент ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»; доцент кафедры «Энергообеспечения и автоматизации технологических процессов» Институт агроинженерии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»*

*Ткачёв А.Н. – к.т.н., доцент ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»*

*Баженова С.В. – старший преподаватель кафедры «Математических и естественнонаучных дисциплин» Институт агроинженерии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»*

## Аннотация

В настоящее время широкое распространение получили плёночные электронагреватели [4, 5, 6, 7]. Они имеют самый широкий спектр конструкций и отраслей применения [1, 2, 3, 10, 11], среди них имеют место нагреватели, резистивный элемент которых выполнен из проволоки. Они зарекомендовали себя надёжностью в системах отопления и обогрева теплиц. Однако в таких областях, как сушка древесины, сельскохозяйственной продукции и лакокрасочных изделий [8, 9] требуется повышенная плотность потока излучения, а, следовательно, повышенная температура поверхности нагревательного элемента. В этих случаях выгоднее использовать плёночные электронагреватели с токоведущей частью в виде ленты из высокоомного материала. Целью данной статьи является создание математической модели описывающей распределение тепла по поверхности нагревателя, для последующего определения предельной плотности мощности допустимой для безаварийного режима работы нагревателя на основе резистивного элемента в виде ленты.

Одномерный макет данного нагревателя представляет собой чередование плоских теплогенерирующих поверхностей (резистивный элемент в виде ленты) и плоских участков, распределяющих тепло по поверхности нагревателя (плёнка и металлическая подложка) (рис. 1).

Расчёт распределения температуры можно разделить на две части: 1) Расчёт температуры между токоведущими частями; 2) Расчёт температуры внутри ленты.

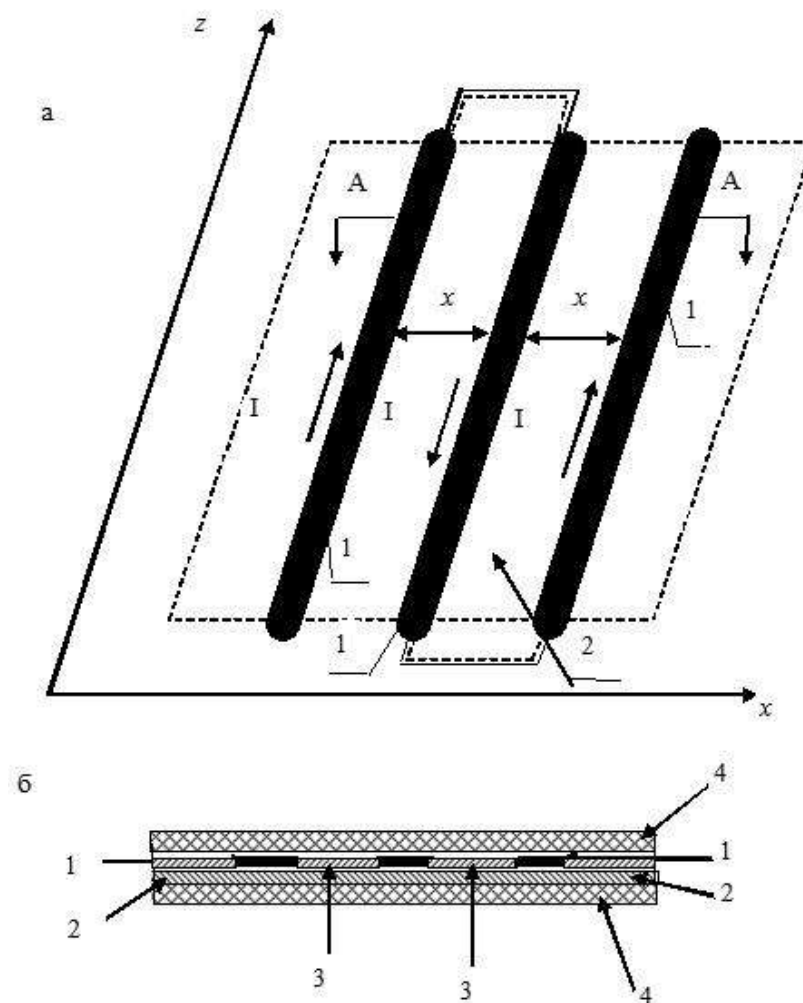


Рис. 1. Конструктивная схема электронагревателя:

1 – токоведущие резистивные элементы; 2 – алюминиевый излучающий элемент;  
 3 – электроизоляционная плёнка; 4 – внешние слои плёнки; а – пространственная  
 схема электронагревателя; б – поперечный разрез

1) Расчёт температуры между токоведущими частями.

Расчёт начинается с записи уравнения теплового баланса внутри элемента нагревателя  $dx \cdot dy \cdot dz$  (рис. 2). В установившемся тепловом режиме осуществляется приток тепла из более горячего элемента  $Q(x) \cdot dz \cdot dy$  и отток тепла в более холодный элемент  $Q(x + dx) \cdot dz \cdot dy$ . Разница данных тепловых потоков рассеивается в окружающую среду  $\alpha \cdot (T_1(x) - T_0) \cdot dx \cdot dy$  под действием излучения и конвекции.

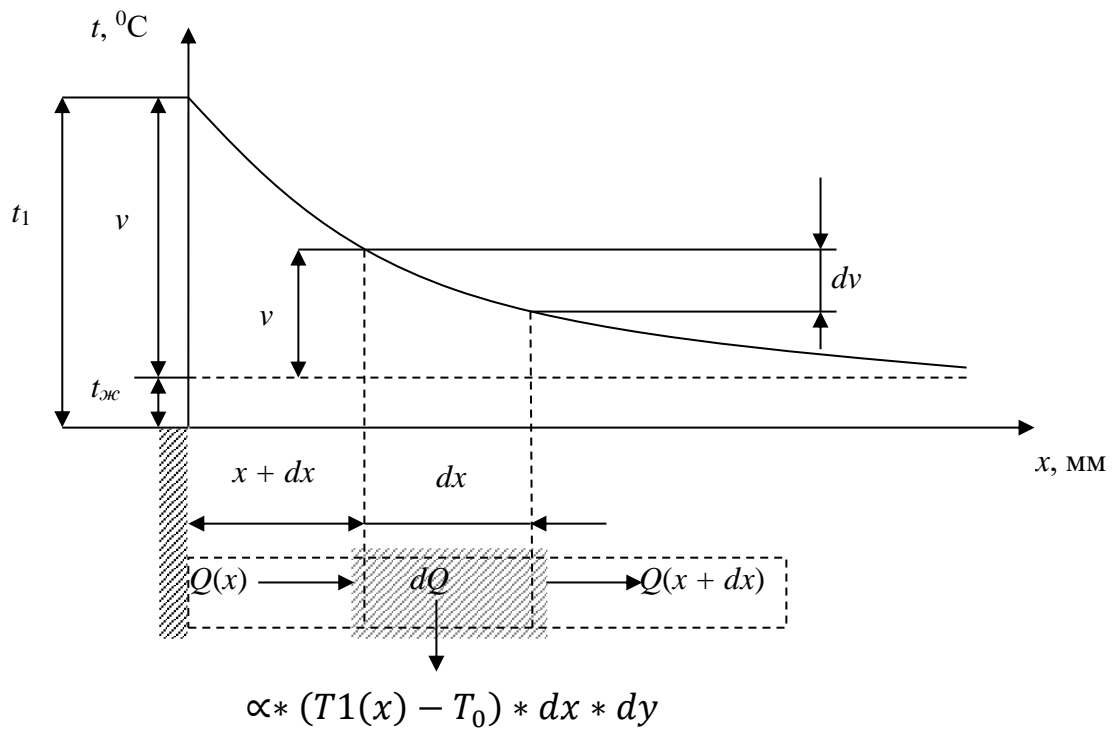


Рис. 2. Механизм переноса теплоты между токоведущими частями нагревателя

$$Q(x) * dz * dy - Q(x + dx) * dz * dy = \alpha * (T_1(x) - T_0) * dx * dy, \quad (1)$$

где  $T_1$  – температура между токоведущими полосками на поверхности плёночного лучистого электронагревателя в точке с координатой  $x$ ;  $Q(x)$  – плотность теплового потока в точке с координатой  $x$ ;  $T_0$  – температура окружающей среды.

Применяя разложение в ряд Тейлора и ограничивая точность вторым слагаемым ряда, записываем плотность теплового потока  $Q(x + dx)$  в виде:

$$Q(x + dx) = Q(x) + \frac{\partial Q(x)}{\partial x} * dx.$$

С учётом этого равенство (1) приобретает вид:

$$Q(x) * dz * dy - \left( Q(x) + \frac{\partial Q(x)}{\partial x} * dx \right) * dz * dy = \alpha * (T_1(x) - T_0) * dx * dy.$$

Следует учесть, что тепловой поток может быть выражен с помощью закона Фурье:

$$Q(x) = -\lambda_1 * \frac{\partial T(x)}{\partial x},$$

где  $\lambda_1$  – коэффициент теплопроводности материала между токоведущими частями нагревателя.

Переобозначим приращение координаты  $dz = h$ , где  $h$  – толщина плёночного электронагревателя.

Приводя подобные получаем дифференциальное уравнение для расчёта температуры между токоведущими частями нагревателя:

$$\frac{\partial^2 T_1(x)}{\partial x^2} = \frac{\alpha}{(\lambda_1 * h)} * (T_1(x) - T_0). \quad (2)$$

Решение данного дифференциального уравнения имеет вид:

$$T_1(x) = T_0 + C_1 * \exp\left(\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_1 * h}} * x\right) + C_2 * \exp\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_1 * h}} * x\right), \quad (3)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – некоторые постоянные.

2) Расчёт температуры внутри токоведущей части.

Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$\begin{aligned} Q(x) * dz * dy - Q(x + dx) * dz * dy + \delta * dx * dy * dz = \\ = \alpha * (T_2(x) - T_0) * dx * dy, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\delta$  – объёмная плотность активной мощности в точке с координатой  $x$ ;  $T_2(x)$  – температура на поверхности токоведущей части нагревателя в координате  $x$ .

Применяя формулу Фурье и разложение в ряд Тейлора слагаемого  $Q(x + dx)$  получаем дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial^2 T_2(x)}{\partial x^2} + \frac{\delta}{(\lambda_2 * h)} = \frac{\alpha}{(\lambda_2 * h)} * (T_2(x) - T_0). \quad (5)$$

Решение уравнения (5) имеет вид:

$$T_2(x) = T_0 + \frac{\delta * h * \lambda_2}{\alpha} + C_3 * \exp\left(\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_2 * h}} * x\right) + C_4 * \exp\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_2 * h}} * x\right), \quad (6)$$

где  $\lambda_2$  – коэффициент теплопроводность токоведущей части поверхности нагревателя.

Для завершения расчётов поля температуры поверхности нагревателя необходимо вычислить значение постоянных  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  и  $C_4$ .

Для определения коэффициентов воспользуемся краевыми условиями:

а) Первое краевое условие:

$$\frac{\partial T_1(a+b)}{\partial x} = 0. \quad (7)$$

б) Второе краевое условие:

$$\frac{\partial T_2(0)}{\partial x} = 0. \quad (8)$$

б) Третье краевое условие:

$$T_1(a) = T_2(b). \quad (9)$$

г) Четвёртое краевое условие:

$$\frac{\partial T_1(a)}{\partial x} = \frac{\partial T_2(b)}{\partial x}, \quad (10)$$

где  $a$  – половина ширины токоведущей полоски,  $b$  – половина расстояния между токоведущими полосками.

Решая систему из четырёх линейных уравнений на основе краевых условий, получаем значения постоянных.

$$C_1 = \frac{\delta \cdot h \cdot \lambda_2 \cdot \sqrt{\lambda_1} \cdot \exp\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_1 \cdot h}} \cdot b\right) \cdot \operatorname{sh}\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_2 \cdot h}} \cdot a\right)}{\alpha \cdot \left(\sqrt{\lambda_1} \cdot \operatorname{ch}\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_1 \cdot h}} \cdot b\right) \cdot \operatorname{sh}\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_2 \cdot h}} \cdot a\right) - \sqrt{\lambda_2} \cdot \operatorname{ch}\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_2 \cdot h}} \cdot a\right) \cdot \operatorname{sh}\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_1 \cdot h}} \cdot b\right)\right)}; \quad (11)$$

$$C_2 = C_1; \quad (12)$$

$$C_3 = \frac{\delta \cdot h \cdot \lambda_2 \cdot \sqrt{\lambda_2} \cdot \operatorname{sh}\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_1 \cdot h}} \cdot b\right)}{\alpha \cdot \left(\sqrt{\lambda_1} \cdot \operatorname{ch}\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_1 \cdot h}} \cdot b\right) \cdot \operatorname{sh}\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_2 \cdot h}} \cdot a\right) - \sqrt{\lambda_2} \cdot \operatorname{ch}\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_2 \cdot h}} \cdot a\right) \cdot \operatorname{sh}\left(-\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_1 \cdot h}} \cdot b\right)\right)}; \quad (13)$$

$$C_3 = C_4. \quad (14)$$

Наглядно распределение температур изобразим в виде графиков зависимости температуры и координаты и цветовых диаграмм. Расчёты проведены для двух случаев: распределение температуры при плотности активной мощности  $100 \text{ Вт/м}^2$  и при  $180 \text{ Вт/м}^2$ . Данные параметры чаще всего применяются в системах отопления жилых помещений.

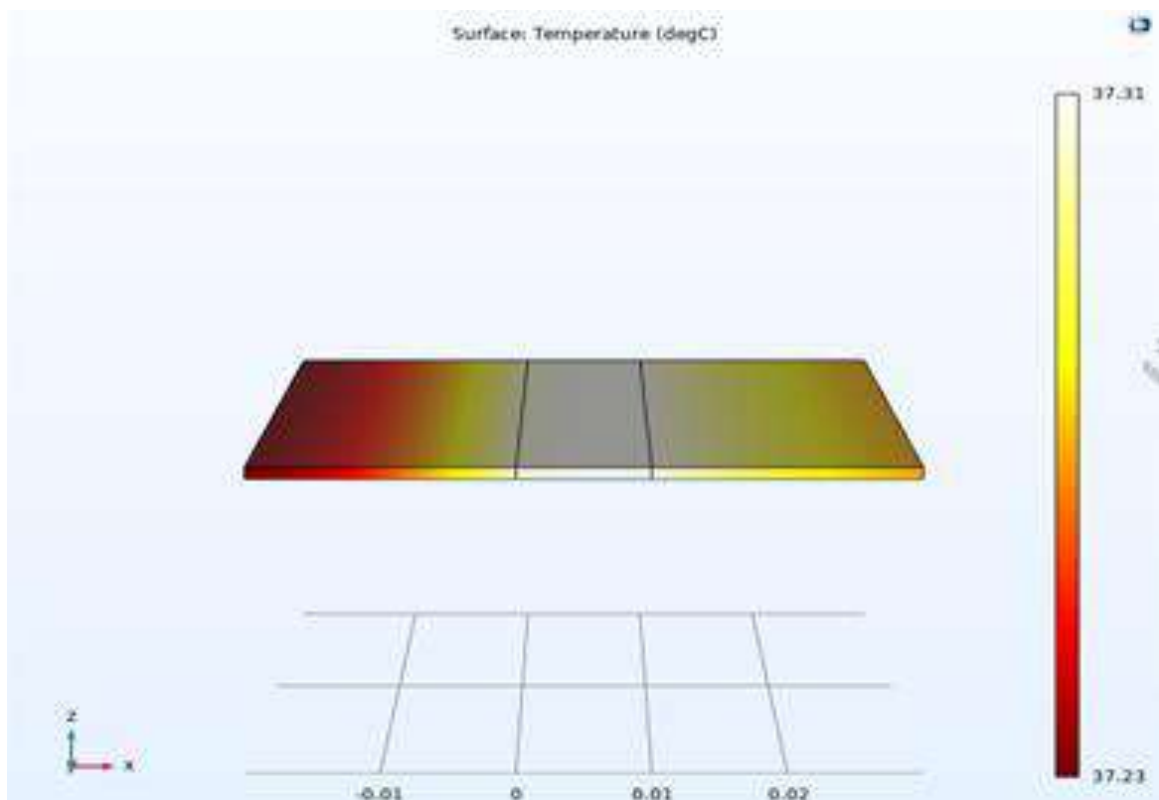


Рис. 3. Цветовая диаграмма распределения температуры по поверхности нагревателя для плотности мощности  $100 \text{ Вт/м}^2$

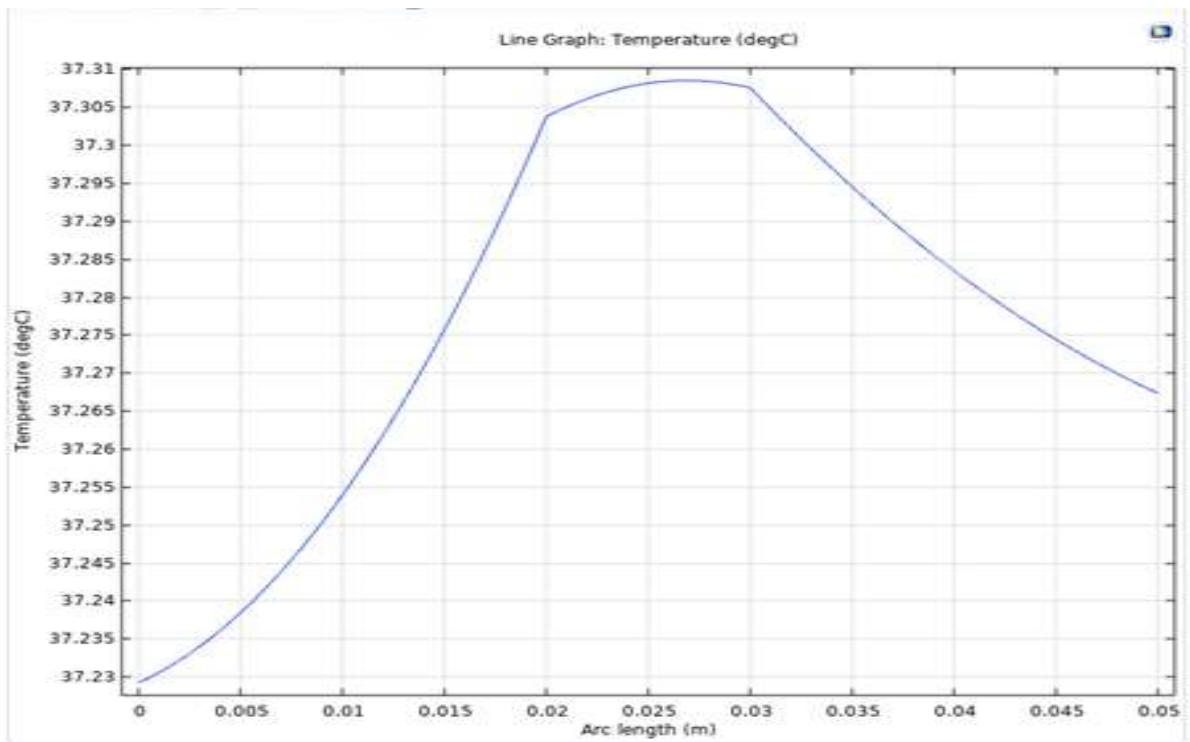


Рис. 4. График распределения температуры по поверхности нагревателя для плотности мощности  $100 \text{ Вт/м}^2$

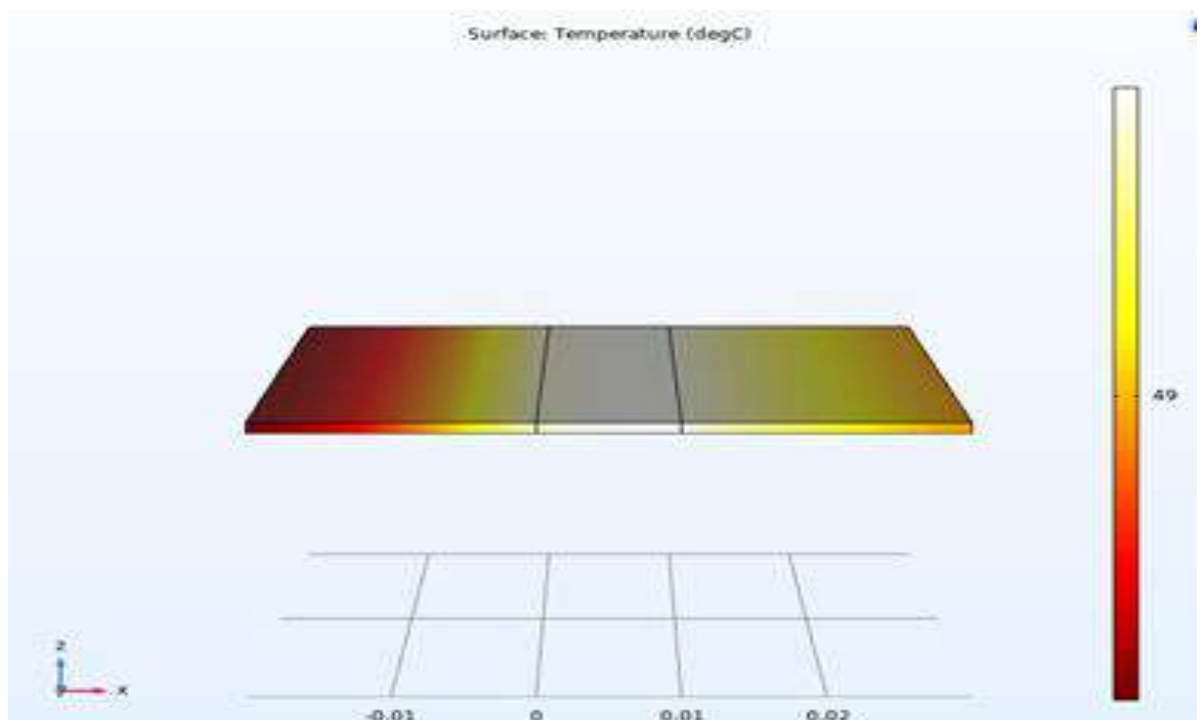


Рис. 5. Цветовая диаграмма распределения температуры по поверхности нагревателя для плотности мощности  $180 \text{ Вт/м}^2$



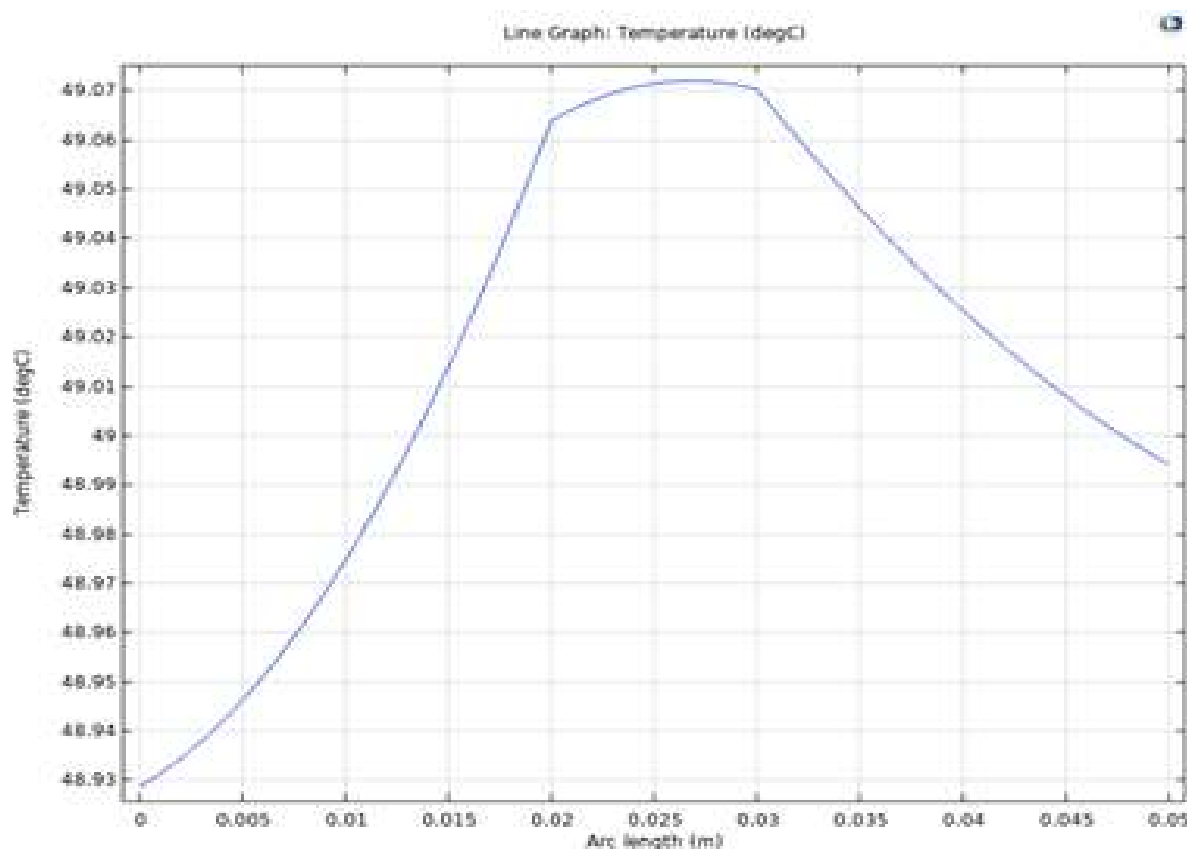


Рис. 6. График распределения температуры по поверхности нагревателя для плотности мощности  $180 \text{ Вт/м}^2$

**Таким образом,** анализируя график зависимости  $T(x)$  приходим к выводу о адекватности полученной математической модели.

Целью дальнейших исследований является определение постоянных коэффициентов данной зависимости.

Созданная модель позволит рассчитать критические значения плотности мощности нагревателей с резистивным элементом на основе ленты из высокоомного материала различной конструкции.

### Список используемых источников

1. Епишков Е.Н. Электрифицированная система теплового комфорта поросят-сосунов в условиях неотапливаемого свиарника-маточника. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Челябинск. ЧГАА, 2013.

2. Епишков Е.Н. Загидулин Р.Р. Расчёт размеров зоны гарантированного комфорта СТК Поросят-отъёмшей // Энергетика – агропромышленному комплексу России: материалы международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент научно-

технологической политики и образования; ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет. 2017. С. 67-74.

3. Епишков Е.Н. Знаев А.С. Потенциал энергосбережения системы теплового комфорта для поросят-сосунов // «Вестник ЧГАУ». 2009. Т. 55. С. 85–90.

4. Пат. на полезн. модель 76764 Российская Федерация. Плёночный электронагреватель [Текст] / Е.Н. Епишков, Н.Е. Епишков, С.В. Глухов; заявитель и патентообладатель Н.Е. Епишков. - №2006110752; заявл. 03.04.2006 ; опубл. 27.09.2006.

5. Патент. на изобретение 2321188 Российская Федерация.

6. Пленочный электронагреватель [Текст] / Н.Е. Епишков, Е. Н. Епишков, С. В. Глухов; заявитель и патентообладатель Н.Е. Епишков. – № 200614292/09 ; заявл. 04.12.2006.

7. Патент. на полезн. модель 84660 Российская Федерация. Пленочный электронагреватель [Текст] / Н.Е. Епишков, С.В. Глухов, Е.Н. Епишков; заявитель и патентообладатель Н. Е. Епишков. – № 2009106508; заявл. 24.02.2009.

8. Афонькина В.А. Инфракрасная сушка термомобильного растительного сырья на примере зеленых культур/ Южно-Уральский государственный аграрный университет. Челябинск 2015.

9. Попов В.М., Афонькина В.А., Шукшина Е.И. Сушка термомобильных культур в ик-диапазоне с учетом оптических свойств продукта// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2012. № 37 (296). С. 90-92.

10. Калинина Т.О., Полякова В.Ю., Кичин К.В. Создание оптимальных тепловых условий в теплицах в зимний период// Молодой учёный. 2016. №29 (133) С. 81-86.

11. Бледных В.В. Высокоэффективная технология обогрева жилых и производственных помещений // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (28). С.81-83.

## КОМБИНИРОВАННАЯ ГЕЛИОУСТАНОВКА В КАЧЕСТВЕ АВТОНОМНОГО И РЕЗЕРВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

*Жилин Е.В. – к.т.н., доцент, Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова*

*Саввин Н.Ю. – старший преподаватель, Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова*

*Доценко О.В. – аспирант, Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова*

### **Аннотация**

В статье рассматривается применение комбинированной гелиоустановки для увеличения энергетической эффективности системы теплоснабжения одного из учебных корпусов БГТУ им. В.Г. Шухова. Выполнен анализ пиковых нагрузок и сформулирован потенциал внедрения гелиоустановок в России.

Использование солнечной энергии для теплоснабжения коммунальных и промышленных объектов является одним из путей обеспечения энергетической безопасности Южных регионов России и занимает важное место в развитии нетрадиционной энергетики страны. Этому способствуют климатические условия, которые позволяют применять солнечные установки для создания комфортных условий проживания населения. В основе их работы заложено преобразование ультрафиолетового излучения в электрическую энергию с помощью кремневых полупроводниковых элементов [1].

Таким образом, очень актуальна задача увеличения энергоэффективности фотоэлектрических панелей для отдаленных районов не имеющих или имеющих частично возможность питаться от централизованной энергосистемы. В результате, можно сэкономить на строительстве высоковольтной линии электропередач, стоимость которой составляет до 65% от общего бюджета, заложенного на электрификацию [2].

В настоящее время суммарная вырабатываемая мощность гелиоустановками превосходит 190 ГВт, но и это еще не предел. Многие зарубежные страны ежегодно наращивают эти показатели. Так, например, в Австрии на одного человека приходится 0,45 м<sup>2</sup> солнечных панелей. На Кипре этот показатель еще выше и составляет 0,8 м<sup>2</sup>. Это объясняется благоприятным климатом, большим количеством солнечных дней в году и географическим островным расположением.

В Германии насчитывается 0,15 м<sup>2</sup>/чел. В нашей стране этот показатель гораздо ниже и составляет примерно 0,0003 м<sup>2</sup>/чел. [3].

В Российской Федерации проводится активная работа по разработке и внедрению альтернативных источников электроэнергии в жизнедеятельность зданий и производств. Так в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова уже несколько лет успешно работает комбинированная гелиоустановка (рис. 1).



Рис. 1. Комбинированная гелиоустановка БГТУ им. В.Г. Шухова

Она служит бесперебойным источником горячей воды в летний период и круглогодичным источником электроэнергии. Благодаря такому комбинированному исполнению удалось сократить потребление энергоресурсов в два раза. Кроме того, она используется в научных и учебных целях и имеет несомненную практическую пользу для обучения будущих специалистов.

Гелиоустановка полноценно функционирует в зависимости от температуры наружного воздуха и, обычно, этот период составляет с апреля по октябрь. Пороговым значением среднесуточной температуры является 13°C.

Нами были выполнены экспериментальные исследования по измерению выдаваемой мощности в течение одного солнечного дня в летний период времени. Результаты исследований представлены на рис. 2.

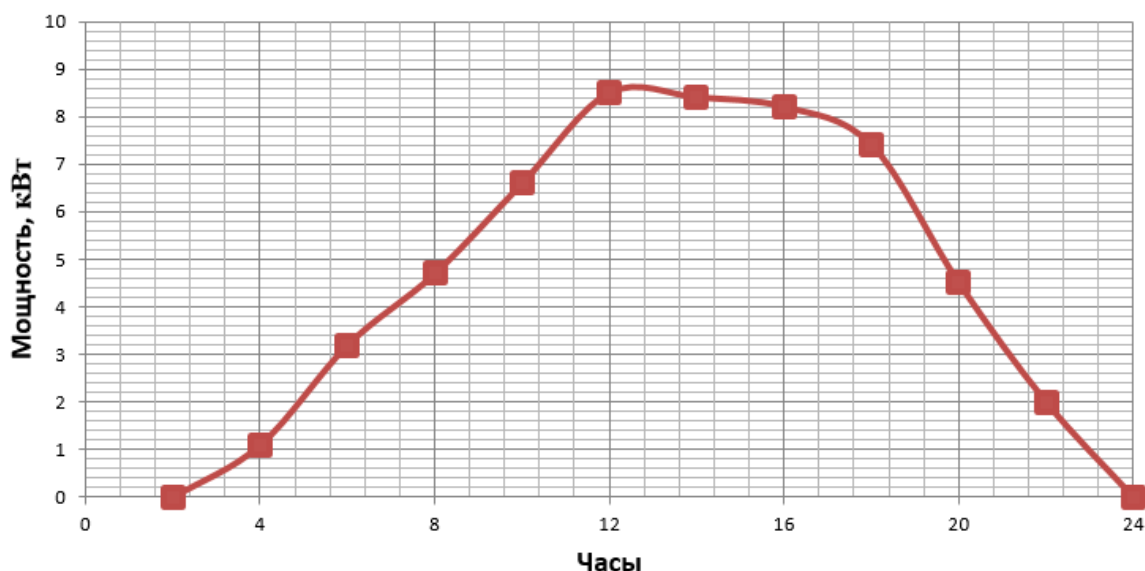


Рис. 2. Результаты экспериментальных исследований на комбинированной гелиоустановке

Удалось установить, что в среднем экономия составляет 90 кВт·ч электроэнергии, необходимые для нагрева 5 м<sup>3</sup> воды. В результате, путем несложных вычислений, можно увидеть итоговую экономию за пять месяцев работы гелиоустановки при нормальных погодных условиях, которая составит 13500 кВт·ч. Внедрение такого энергоэффективного оборудования позволяет сократить износ котельного оборудования (рис. 3) минимум на 10%.



Рис. 3. Внешний вид котельной БГТУ им. В.Г. Шухова

Кроме того, комбинированная гелиоустановка является частью автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) горячего водоснабжения и стабильного энергоснабжения. Таким образом, контроль основных параметров: температура теплоносителя, расход, выработка

электроэнергии и система контроля протечек, управляются в дистанционном режиме.

В результате внедрения таких установок в Российской Федерации удастся значительно сократить нагрузку на электрические сети и снизить экологическую напряжённость.

#### **Список используемых источников**

1. Саввин Н.Ю. Применение ветрогенераторных установок // КИП и автоматика: обслуживание и ремонт. 2021. № 7. С. 64-66.
2. Avoyan R. Alternative energy: the comparative analysis of solar flat and concentrator photovoltaics // Известия высоких технологий. 2021. № 1(15). Р. 34-38.
3. Романовская В.М. Альтернативная энергетика // Ломоносовские чтения. История и современность физики (ИСОФ-2020): Сборник тезисов докладов Вузовской студенческой конференции, Донецк, 25 апреля 2020 года. Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2020. С. 69.

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВЗВЕШЕННО-ВИТАЮЩЕГО СЛОЯ СУБСТРАТОВ

*Ильин Ю.П. – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»*

*Белов А.В. – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»*

*Ткачёв А.Н. – к.т.н., доцент кафедры «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»*

*Кузьмина Н.Ю. – ассистент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»*

*Скородумова Н.В. – ассистент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»*

### **Аннотация**

В статье рассматриваются экспериментальные исследования, включающие: оценку показателей взвешенно - витающего слоя навозных субстратов различного уровня свежести, при разных исходных влажностях сырья. Выполнение проектного задания необходимо при изготовлении лабораторного стенда для изучения условий смешения жидких компонентов и установления граничных параметров, определяющих различные режимы работы.

Стенд для изучения условий витания взвешенных частиц навоза КРС (рис. 1) разработан авторским коллективом и изготовлен на базе студенческого научного общества кафедры «Электроснабжения», аудитория 007 (ЮУРГАУ).

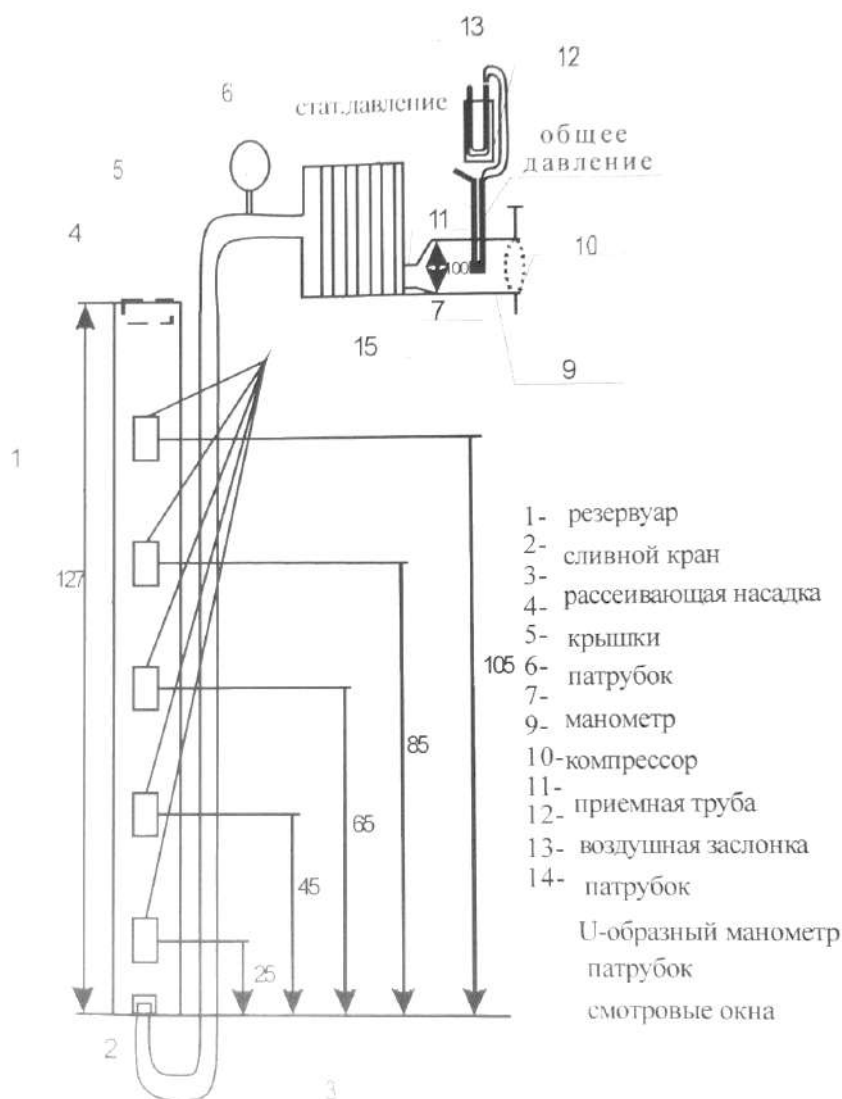


Рис. 1. Стенд для изучения условий витания взвешенных частиц навоза КРС

Комплект стенда включает: резервуар (1) – труба, оцинкованная  $D=13$  см.,  $H=127$  см. с пятью уровнями смотровых окон. Первое смотровое окно расположено на высоте 25 см от низшей точки резервуара, остальные – через 20 см друг от друга. Для удаления жидкого субстрата используется сливной вентиль (2) укрепленный в нижней части трубы. На соединительном патрубке (5), между компрессором и трубой, установлена рассеивающая насадка (3). Для выравнивания давления в резервуаре (чтобы компрессор не работал на себя) и закрытия выходного отверстия трубы установлена крышка (4) с отверстиями. Для измерения давления на подающем патрубке (5) компрессора (7) установлен манометр (6). В качестве компрессора (подаче воздуха) использован электромагнитный компрессор модели АСО-380, мощностью 300 Вт., диапазоном давления  $H=0.0,04$  МПа., производительностью  $Q=0.240$  л/мин  $(0-400) \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с.



Воздушный входной фильтр компрессора патрубком (11) соединён с приёмной воздушной трубой (9). Подача воздуха в приёмную трубу (9) регулируется воздушной заслонкой (10).

Статическое и общее давление в приёмной трубе фиксируется трубками Прандтля-Пито и контролируется жидкостным демонстрационным манометром (12) с диапазоном измеряемого давления 0...0.004 МПа. Измерение напоров необходимо для оценки числа Рейнольдса ( $Re$ ) – критерия гидродинамического подобия:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}, \quad (1)$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость оживающего агента.

Скорость транспортирования воздушного потока определялась зависимостью:

$$v = \sqrt{2q} \cdot \Delta H, \quad (2)$$

где  $\Delta H = \frac{v^2}{2q}$ ,  $\Delta H$  – разность напоров.

По известной зависимости определялась подача:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3)$$

где  $Q$  – подача гидротранспортной установки.

И статическое давление:

$$P = \rho \cdot g \cdot h, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность среды (объемная масса жидкого навоза).

Эти формулы позволяют определить мощность электродвигателя биогазовой установки вертикального типа:

$$N = \frac{P \cdot Q}{\eta}, \quad (5)$$

где  $\eta$  – коэффициент полезного действия.

При перемешивании жидкого навозного субстрата в реакторах и подогревателях – выдерживателях БГУ выделяют две области работы смесителей:

– смешивание в зоне осаждённого шлама или в корке верхнего слоя субстрата без нарушения внутренних контактов между твёрдыми частицами. Условия взаимопроникновения ухудшены из-за значительной плотности состава смеси;

– смешивание с нарушением контактов между частицами, вследствие чего уменьшается коэффициент внутреннего трения, интенсифицируется движение частиц и улучшается качественный показатель состава навозного субстрата.

Наиболее благоприятный режим смешивания характерен для второго случая. Его можно получить, создавая в камерах брожения взвешенно-витающий слой. При анализе различных технологических процессов во взвешенно-витающем слое большое значение имеют его структурные характеристики:

- объёмный вес ключевого материала, основного и дополнительного смешиваемых материалов;
- порозность твёрдых частиц;
- концентрация частиц в единице объёма по высоте слоя.

Одной из основных структурных характеристик следует принимать порозность. Среднюю порозность  $\varepsilon_m$  определяем как отношение объёма взвешенно-витающего слоя к полному объёму сбразиваемого субстрата:

$$\varepsilon_m = \frac{V_c}{V_0}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon_m$  – средняя порозность частиц;  $V_c$  – свободный объем перемешиваемого взвешенно-витающего слоя;  $V_0$  – полный объём загруженного сброженного субстрата.

Рядом исследований доказано, что порозность сбразиваемого материала зависит от размера и плотности частиц, формы бродильной камеры и ряда других гидродинамических факторов, требующих определённых теоретических выводов [1].

Рассмотрим участок слоя взвешенного субстрата (рис. 2) в восходящем потоке биогаза.

Пренебрегая потерями давления на трение частиц о стенки камеры, составим условие равновесия во взвешенно-витающем слое:

$$[(P + dP) - P] \cdot F = (1 - \varepsilon) \cdot \gamma_T \cdot F \cdot dx, \quad (7)$$

где  $P$  и  $dP$  – статическое давление и приращение его по высоте слоя;  $F$  – сечение выделенного участка бродильной камеры;  $\varepsilon$  – порозность слоя;  $\gamma_T$  – удельный вес твердой фракции;  $dx$  – приращение слоя.

Из (7) получим:

$$dP = (1 - \varepsilon) \cdot \gamma_T \cdot dx. \quad (8)$$

Для оценки закономерности изменения порозности по высоте слоя используем экспоненциальную зависимость [2]:

$$dP = P_0 \cdot l^{-Ax} . \quad (9)$$

Продифференцировав уравнение (9) и решив его совместно с выражением (8), получим:

$$\xi = 1 - \frac{AP_0}{\gamma_T} \cdot e^{-Ax} , \quad (10)$$

где  $A$  – опытный коэффициент, характеризующий скорость изменения порозности частиц субстрата по высоте слоя, 1/м;  $P_0$  – начальное давление биогаза, Па.

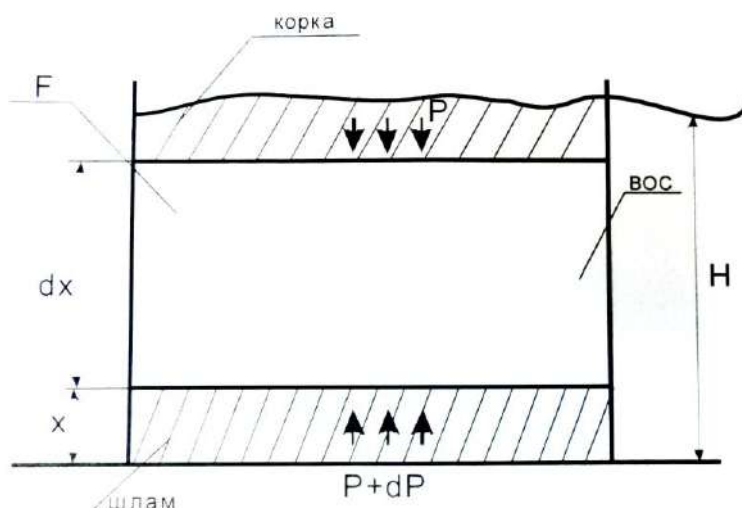


Рис. 2. Параметры к выводу уравнения сил сопротивления в взвешено-витающем слое

Полученная зависимость (8) представляет собой выражение известного закона гидростатики, что давление в любой точке взвешенно-витающего слоя равно произведению удельного веса на высоту слоя, тогда начальное давление  $P_0$ , входящее в формулу (10), находим из следующего условия, что во взвешенно-витающем слое столб навозного субстрата КРС удерживается силой, развиваемой восходящим потоком газа(биогаза):

$$F \cdot \gamma_0 \cdot H_0 = P_0 \cdot F_p \quad (11)$$

или

$$P_0 = \frac{G_T}{F_p} , \quad (12)$$

где  $F_p$  – живое сечение воздушных отверстий поверхности подачи,  $i^2$ ;  $G_T$  – вес взвешенно-витающего слоя навозного субстрата, Н;  $H_0$  – высота слоя сбрасываемой навозной массы, М;  $\gamma_0$  – объёмный вес навозно-подстилочного материала, Н/ $i^2$ . Опытный коэффициент  $A$  определяем из уравнения (9) при следующих допущениях:  $x = H$  и  $P = 1$  мм вод. ст.:

$$A = \frac{\ln P_0}{H}. \quad (13)$$

Выполнив замену в выражениях (9) и (10), получим:

$$P = P_0 \cdot \left(1 - \frac{X}{H}\right), \quad (14)$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{\ln P_0}{\gamma_T \cdot H} \cdot P_0. \quad (15)$$

Изменение концентрации смешиваемого навозного субстрата по высоте взвешенно-витающего слоя может быть определено по удельному весу твердых частиц навозного субстрата и порозности:

$$\gamma = \gamma_T (1 - \varepsilon). \quad (16)$$

Подставив выражение (15) в выражение (16), определим зависимость в окончательном виде:

$$\gamma = \frac{\ln P_0}{H} \cdot P_0^{\left(1 - \frac{X}{H}\right)}. \quad (17)$$

Для работы с навозным субстратом было смонтировано вытяжное устройство. Зависимость (17) даёт возможность определить изменение объёмного веса субстратов в бродильной камере реактора.

В зависимости от параметров взвешенно-витающего слоя. Её использование необходимо для пересчёта энергетических затрат на разбиение корки и перемешивание твёрдого осадка (шлама) (рис. 3, 4).



Рис. 3. Комплект оборудования на раме



Рис. 4. Комплект оборудования на раме

Соединение приемной трубы с всасывающим патрубком выполнялось гофрированным воздуховодом (рис. 5).



Рис. 5. Изменение подачи воздуха регулировалось поворотной заслонкой

Для проведения опытов по оценке граничных условий начала и конца витания частиц при влажности навоза КРС 88–90% от исходных 65% и 85% были определены объемы добавляемой воды к исходной массе навоза КРС согласно зависимости (18):

$$ОВ = Н \times ( (В2 - В1) : (100 - В2) ), \quad (18)$$

где Н – количество загружаемого навоза (3 кг); В1 – первоначальная влажность навоза; В2 – необходимая влажность сырья; ОВ – количество воды л.

Результаты расчета добавляемого количества воды приведены в табл. 1.

Табл. 1

Количество воды необходимое для получения рекомендуемой влажности  
навозного сырья

Влажность сырья, %	88	89	90
Количество воды для разбавления 3 кг навоза первоначальной влажностью 75%, л	3,24	3,8	4,5

Были определены начальная и конечная высоты столбов жидкости при отрыве частиц навозного субстрата, в условиях варьируемой влажности. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Табл. 2

Начальная и конечная высоты столбов жидкости при отрыве частиц субстрата

Влажность, $w_c$	88%	89%	90%
$h$ нач., см	6	8	12
$h$ конц., см	42	45,5	47,5

По результатам оценки давлений в подающем патрубке и скоростей движения частиц субстрата для различных влажностей и подачах воздуха получены (рис. 6, 7, 8).

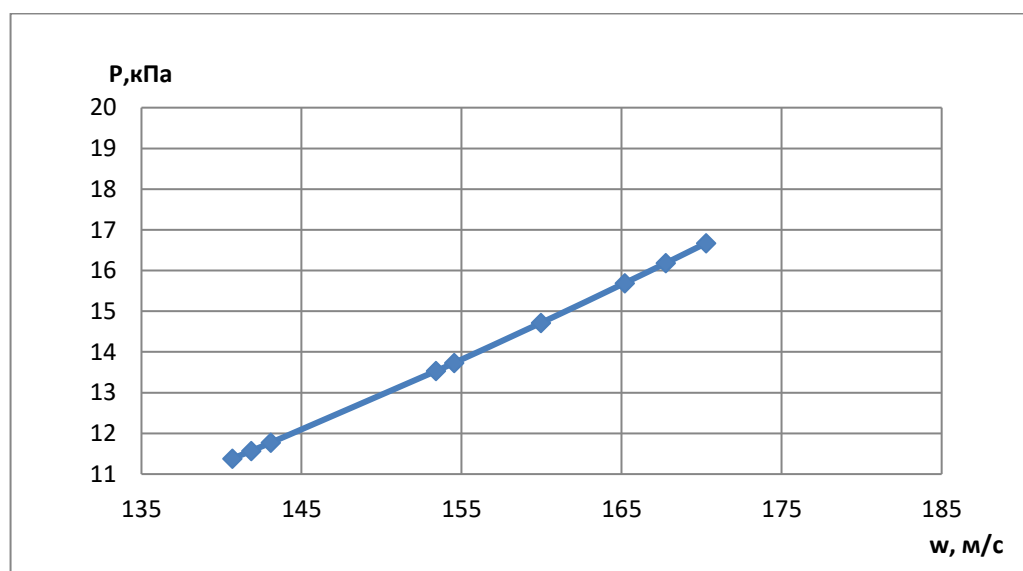


Рис. 6. Графическая зависимость  $P=f(w)$  для влажности субстрата 88%

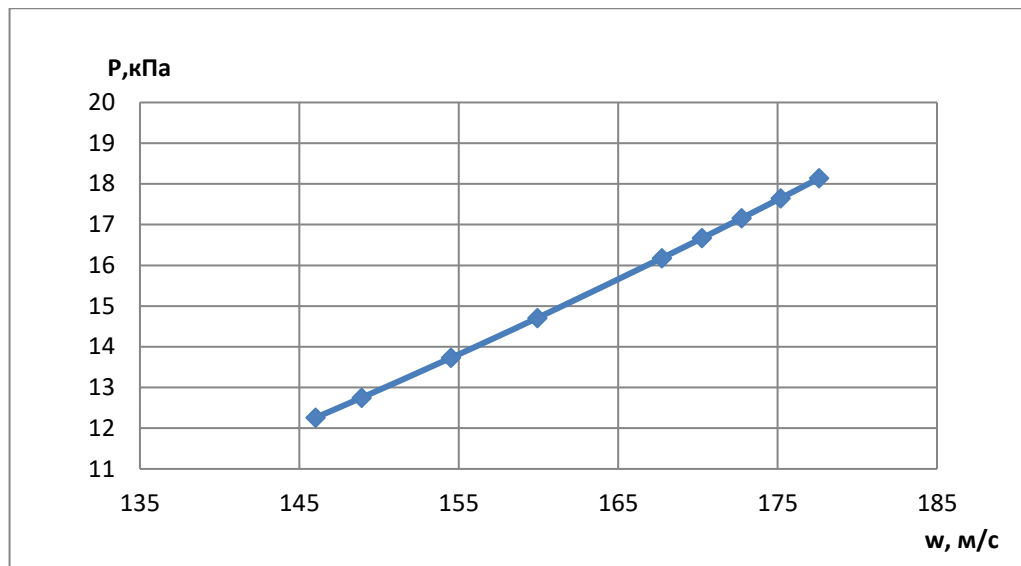


Рис. 7. Графическая зависимость  $P=f(w)$  для влажности субстрата 89%

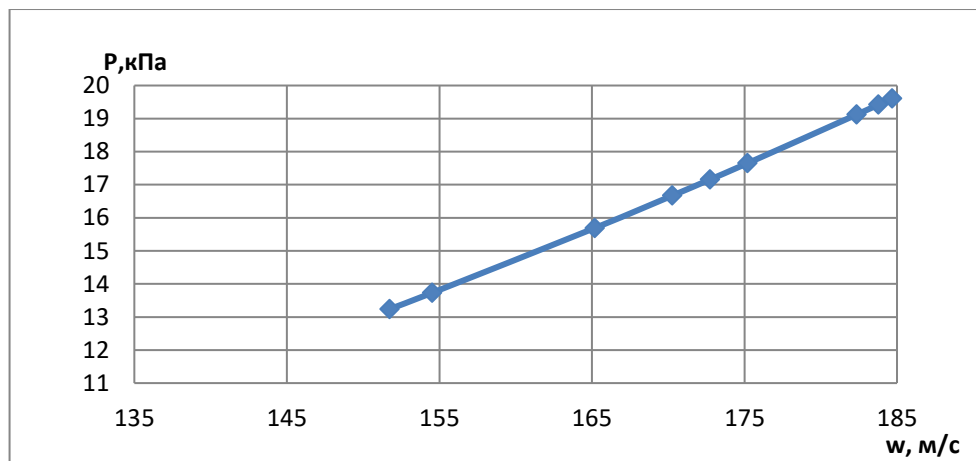


Рис. 8. Графическая зависимость  $P=f(w)$  для влажности субстрата 90%

Определены значения гидродинамических критериев Рейнольдса начала витания ( $Re'$ ) и выноса частиц ( $Re''$ ).

$$Re' = \frac{w_H \cdot d_э}{\nu}, \quad Re'' = \frac{w_B \cdot d_э}{\nu}, \quad (19)$$

где:  $w_H$  – скорость начала витания частиц;

$w_B$  – скорость выноса частиц материала;

$\nu$  – кинематическая вязкость ожижающего агента (для воды =1);

$d_э = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot d_1^2 \cdot d_2^2}{d_1 \cdot d_2}}$  – эффективный диаметр частиц навозо-пометного субстрата;

$d_1, d_2$  – наименьший и наибольший размер частиц.

Пределы существования устойчивого взвешенно-витающего слоя оценивались по значению коэффициента витания:

$$W = \frac{Re''}{Re'} = \frac{W_B}{W_H} \quad (20)$$

Результаты расчетов, параметров Рейнольдса и коэффициентов витания частиц, занесены в табл. 4.

Табл. 4

Значения параметров Рейнольдса и коэффициентов витания частиц

Влажность %	Параметры Рейнольдса		коэффициент витания W
	$Re'$	$Re''$	
88%	0,281	0,340	1,21
89%	0,292	0,355	1,216
90%	0,303	0,369	1,217

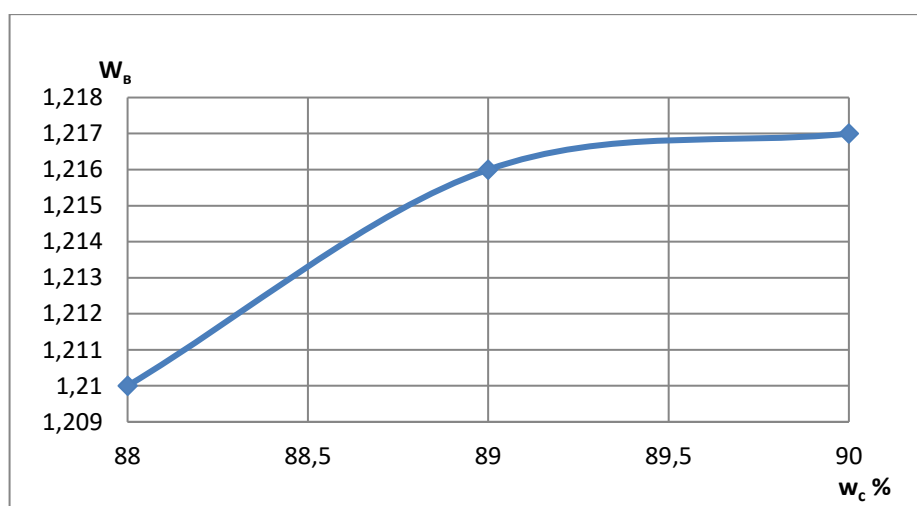


Рис. 9. Графическая зависимость коэффициента витания, в диапазоне влажностей 88-90%, для навозного субстрата КРС

На базе модернизированного лабораторного стенда получены значения начальных и конечных скоростей выноса частиц, определены параметры витания частиц навозного субстрата КРС. В результате исследования было установлено, что зависимости  $P=f(w)$  носят линейный характер с явно выраженными граничными условиями. При влажности субстрата в диапазоне 88-90% параметры Рейнольдса по выносу частиц изменяются до 8,5%, в интервале влажности 89-90% изменяется на 3,9%. Коэффициент витания для этих диапазонов остается неизменным (рис. 4) и составляет 0,5%. Это дает возможность, использования в условиях эксплуатации БГУ, принимать меньшую влажность, что позволяет экономить расход



технической воды и, как следствие, уменьшить затраты по выносу частиц сухого органического вещества.

Табл. 5

Разность чисел Рейнольдса и коэффициента витания в %

Влажность %	Параметры Рейнольдса		Коэффициент витания W
	$Re'$	$Re''$	
88% - 89%	3.9%	4.4%	0.5%
89% - 90%	3,8%	3.9%	0,08%
88% - 90%	7,8%	8.5%	0.5%

Для правильной постановки задачи и получения воспроизводимых результатов необходимо определить нужно количество экспериментов. Достаточное число повторности опытов определяем по доверительному интервалу для среднего значения переменной.

Доверительный интервал находим как:

$$h = \pm \frac{t \cdot \sigma}{n}, \quad (21)$$

где:  $t$  – критерий Стьюдента;  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение;  $n$  – необходимое число повторений.

Поделив обе части уравнения (21) на среднее значение параметра функции  $\bar{y}$  и умножив на 100, имеем:

$$\frac{h}{\bar{y}} \cdot 100 = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n} \cdot \bar{y}} \cdot 100. \quad (22)$$

Принимая  $\frac{h}{\bar{y}} \cdot 100 = k$ , где  $k$  – коэффициент вариации, и обозначая общую ошибку  $\frac{L}{\bar{y}} \cdot 100 = \beta$ , получим:

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot k. \quad (23)$$

Откуда необходимое число повторений опытов:

$$n = \frac{t^2 \cdot k^2}{\beta^2}. \quad (24)$$

Задаваясь ошибкой опыта  $\beta$  в пределах 10%, по таблицам находи  $t=3$  и, считая коэффициент вариации равно 14%, получим, что  $n=3$ . То есть, для получения достоверных результатов необходимо провести по три эксперимента для каждого уровня влажности [3].

Для получения результатов использовали прямое измерение прибором с заданными пределами допускаемой погрешности с известным классом точности выполняли обработку с учетом рекомендаций [4].

#### **Список используемых источников**

1. Ким В.С., Скачков В.В. Диспергирование и смешение в процессах производства и переработки пластмасс. – М.: Химия, 1988. 240 с.
2. Ким В.С. Исследование смешивающей способности экструзионных машин и разработка основ теории и методов расчёта процессов смешения полимерных материалов в экструдерах. Автореферат, дисс. докт. техн. наук – М.: МИХМ, 1979. 32 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / с основаниями статистической обработки результатов исследования – М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Гладиков И.А., Арбузова Е.В., Щеклеин С.Е. Экспериментальное влияние размеров частиц субстрата на глубину разложения органического вещества отходов КРС // Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно – практической конференции и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых. – Екатеринбург.: УрФУ, 2011. С. 407-410.

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ**

*Коробов Е.В. – магистрант, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

#### **Аннотация**

Проведен обзор и анализ предметной области и программного обеспечения в области уличного освещения. Сформированы базовые требования к системам удаленного управления и мониторингу уличным освещением.

Сети наружного городского освещения являются одним из крупных потребителей электроэнергии, поэтому их модернизация входит в перечень эффективных и обязательных энергосберегающих мероприятий [1]. Исходя из тенденции на техническую цифровизацию, можно сделать вывод, что необходимы разработки в области автоматизированных систем управления наружным

освещением, которые позволят регулировать энергопотребление, контролировать целостность оборудования, своевременно подавать сигнал оперативному персоналу об аварийных ситуациях в сети. При этом следует учитывать, что системы включения и отключения наружного освещения должны поддерживать не только автоматический, но и ручной режим, в котором диспетчер имеет возможность управлять освещением в аварийных ситуациях или во время ремонтных работ.

Интеллектуальная система управления уличного освещения является решением для удаленного управления уличного освещения, которая обладает возможностью управления лампами и уровня освещения каждого уличного светильника [2]. Также гарантирует нужное количество света при различных условиях.

Не менее важно наличие обратной связи в режиме реального времени, сообщающей о любых изменениях, происходящих вдоль линии, снижает потери энергии и предлагает передовые инструменты оптимизации технического обслуживания.

Интеллектуальная система управления наружного освещения не требует замены каких-либо компонентов. Система способна управлять и контролировать любыми лампами в уличных осветительных установках, в том числе декоративного и архитектурного освещения. Контроллеры подходят ко всем светодиодным и газоразрядным лампам высокой интенсивности (ртутные лампы, металлогалогенные лампы и натриевые лампы), также с использованием магнитных или электронных балластов. Данная система легко встраивается и быстро адаптируется к существующей инфраструктуре кабелей, столбов, балластов и ламп накаливания.

Контроллеры установлены внутри или снаружи светильников уличного освещения, в то время как коммуникационные устройства размещены внутри шкафов питания. Передача данных осуществляется между лампами и шкафами питания с использованием любого IP-решения на основе имеющихся коммуникаций между шкафами и управления программным обеспечением. Повторяющиеся механизмы и встроенный расширенный сигнал позволяют безопасно общаться даже на самых больших сетях уличного освещения. Общая схема управления освещением показана на рисунке 1:

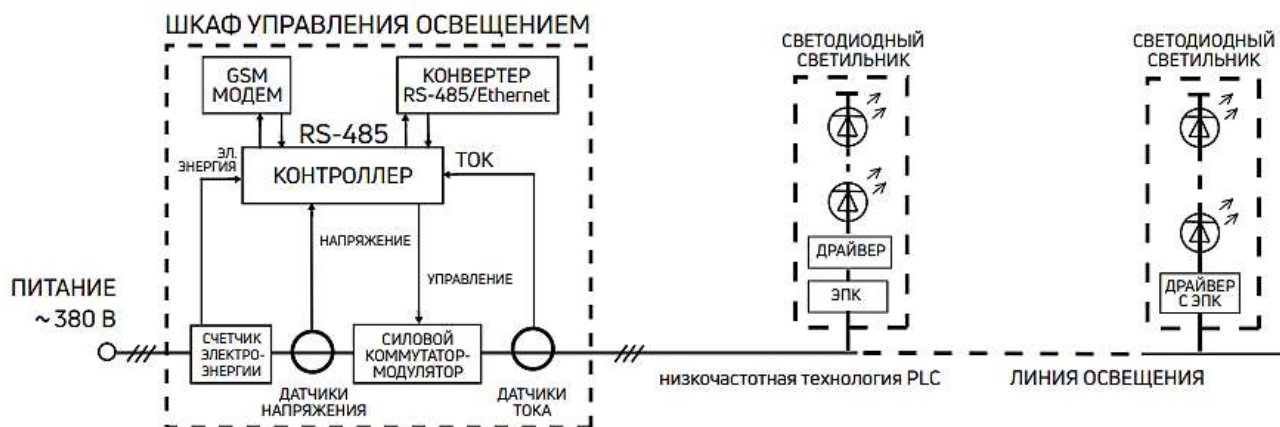


Рис.1. Схема управления освещением

Шкаф управления освещением предназначен для адресного управления режимами работы (0–100% мощности) светодиодных светильников и их автоматической диагностики. Команды управления от шкафа подаются в линию освещения адресно. Формирование команды происходит посредством силового оптоэлектронного коммутатора-модулятора под управлением контроллера шкафа. Контроллер шкафа может быть настроен на включение/отключение линии освещения, как по внутреннему астрономическому расписанию, так и внешнему воздействию: от датчиков освещенности, движения и (или) от автоматизированного рабочего места диспетчерского пункта.

Во время работы шкаф передает команды управления режимами работы светильников, производит их автоматическую диагностику, контролирует уровень GSM-сигнала, ведет учет потребляемой электроэнергии, измеряет значения фазных токов и напряжений в линии освещения, сигнализирует об аварийных режимах. Также предусмотрена защита от сверхтоков и перенапряжений, осуществляется сбор и передача информации о технологических параметрах через GSM или конвертер RS-485/Ethernet сеть на сервер системы управления. При необходимости диспетчер может внести коррективы в текущие настройки режимов или дистанционно управлять оборудованием.

Интеллектуальная система управления наружного освещения является решением для удаленного управления уличного освещения, которая предлагает подробные возможности управления лампами любого уровня в городе и гарантирует нужное количество света при любых условиях, где и когда это необходимо. Не менее важно наличие точной обратной связи в режиме реального времени о каких-либо

изменениях. Данная система готова управлять практически неограниченным количеством ламп уличного освещения.

Интеллектуальная система управления наружного освещения не требует значительных инвестиций, т.к. она приспособляется к существующей инфраструктуре городского освещения. Система может быть реализована без каких-либо замен в арматуре и без каких-либо строительных работ. Интеллектуальная система управления наружного освещения использует массив датчиков и дополнений в соответствии с требованиями к системе, обеспечивая тем самым высокую гибкость. Кроме того, с помощью открытых протоколов, она адаптируется к сторонним компонентам и интегрируется с другими настоящими и будущими городскими системами. Данную систему следует рассматривать как модернизацию электрической сети; система совместима с традиционными электромагнитными балластами уличных фонарей, а также с новейшими электронными балластами. Система также в дальнейшем может послужить в качестве основы для будущих установленных приложений (экологических, транспортных, мониторинга шума, светофоров и т. д.) и более требовательных технологий, такие как Smart Grid [3].

Применение интеллектуальной системы управления наружным освещением гарантирует нужное количество света при различных условиях. Не менее важно наличие обратной связи в режиме реального времени, сообщающей о любых изменениях, происходящих вдоль линии, снижает потери энергии и предлагает передовые инструменты оптимизации технического обслуживания.

Затраты на электроэнергию сразу снижаются до 35% за счет интеллектуального включения/выключения, выборочного затемнения и эффективного управления потреблением, в то время как общие эксплуатационные расходы снизятся до 42% за счет:

- затемнения уличного освещения в периоды низкого трафика и выключения в необходимое для нас время;
- путем мониторинга потребления энергии и уменьшения потерь энергии;
- продления срока эксплуатации оборудования за счет затемнения;
- прогнозирования и предотвращения неисправностей путем мониторинга в реальном времени 24/7;
- предоставления точной информации о неисправности в техническом отделе (подробную информацию проблемы, точное место нахождения);

- сокращения расходов на обслуживание путем очного мониторинга срока службы оборудования.

Интеллектуальная система управления наружного освещения работает в любое время, тем самым помогает практически полностью избежать риска аварий из-за неисправности системы освещения. Большинство проблем освещения будут обнаружены и устранены еще до того момента, как граждане могут их заметить. В целом общественная безопасность повышается, а также сохраняются значительные финансовые ресурсы, которые могут быть использованы для других проектов города.

Преимущества дистанционного управления:

- осуществление связи через кабели питания;
- не требует дополнительной инфраструктуры и каких-либо строительных работ;
- отсутствие помех от других сетей независимо от плотности городских застроек;
- оптимальное использование структурированных уличных осветительных сетей;
- работа происходит в режиме реального времени, осуществляется постоянный контроль и сбор данных;
- открытые коммуникационные протоколы;
- совместимость со сторонними компонентами, возможны интеграция с существующими и будущими системами города.
- быстрое и экономичное осуществление проекта.

Следует отметить, что у многих из рассмотренных систем [4] присутствует ряд повторяющихся от системы к системе недостатков. Так, в основе режимов управления освещением лежат различные статистические графики – суточные, месячные или годовые, с возможностью организации ночного режима освещения. Хотя это и является большим шагом вперед по сравнению с классической системой, всё же не обеспечивает должной гибкости в управлении освещением по непосредственному требованию в нём в конкретный момент времени. Возможность изменения графиков освещения и параметров ночного режима осуществляется по командам с диспетчерского пункта, что не позволяет создать в полной мере систему активно-адаптивного управления. Кроме того, такие системы строятся по принципу централизованного управления, что снижает их надежность и устойчивость [5], т. к. вся совокупность различных, зачастую не связанных друг с другом участков

освещения, ставятся в жесткую зависимость от функционирования центра управления.

Возможным решением указанных недостатков является переход на распределённую систему управления освещением, в которой функции отдельных устройств не зависят от их схемы подключения. В такой системе между локальными контроллерами установлены не только исполнительные функции, но и контроль за их исполнением. Выход из строя какого-либо устройства – это потеря лишь его функций, не оказывающая влияние на работу иных устройств. Предопределённые настройки управления заменены на «сценарии освещения» для самостоятельной работы системы. Система позволит довести процесс управления до полной автоматизации, при этом устройства будут передавать данные для последующей обработки, что позволит создавать все более эффективные алгоритмы управления, фактически сделав систему самообучающейся.

#### **Список используемых источников**

1. Бобков В.Д. Интеллектуальная система контроля уличного освещения / World science: problems and innovations: сборник статей XVII Международной научно-практической конференции: в 3 частях, Пенза, 30 января 2018 года. Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2018. С. 60-62.
2. Макарова И.М. Основные направления инновационного развития в системах уличного освещения // Транспортное дело России. 2018. № 2. С. 54-57.
3. Наумов А.А., Садыков М.Ф. Некоторые аспекты энергосбережения в осветительной технике // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 5-6. С. 109-118.
4. Эффективные решения в области управления и энергосбережения на примере АСУНО "Гелиос" / В.В. Бондарь, А.А. Полунин, Э.В. Аветян, С.А. Духанин // Новая наука: Современное состояние и пути развития. 2016. № 4-3. С. 64-67.
5. Юсупова И.В. Критерии развития городских агломераций в контексте стратегии-2030 Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 4(44). С. 102-111.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ЗА СЧЕТ ТЕРМОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДЫ ПРИ ЕЕ НЕПОСРЕДСТВЕННОМ СМЕШЕНИИ С РАСПЛАВАМИ СВИНЦА ИЛИ СВИНЦОВОВИСМУТОВОЙ ЭВТЕКТИКИ

*Кремлёва В.С. – инженер-исследователь, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»*

*Ульянов В.В. – к.т.н., начальник лаборатории, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»*

*Кошелев М.М. – заместитель начальника лаборатории, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»*

## Аннотация

Предлагаются результаты исследований, направленных на обоснование новой энергосберегающей и безопасной технологии производства водорода. Она основана термоэлектрохимическом разложении воды (водяного пара) в объеме тяжелых жидкометаллических теплоносителей (свинец, свинцововисмутовая эвтектика) и может быть применена для создания малогабаритных источников водорода. Интенсивность разложения воды достигается за счет непрерывного отвода растворенного водорода из теплоносителя.

**Введение.** Основной целью развития водородных технологий в мире является снижение зависимости от существующих энергоносителей – нефти и газа, составляющих сегодня основу как российской, так и мировой экономики. При этом многочисленные проведенные исследования показали, что использование водорода приведет к качественно новым показателям работы различных агрегатов: снижение выбросов вредных газов, таких как CO, NO<sub>x</sub> и др.; повышение коэффициента полезного действия разнообразного оборудования. Современные крупные производства водорода осуществляются под давлением, достигающим 3,5-4,0 МПа. Они включают ряд каталитических и некаталитических процессов. Данные производства отличаются многостадийностью, высокими материало- и энергозатратами, сложностью аппаратного оформления [1].

По этой причине многочисленные команды исследователей интенсивно работают над совершенствованием существующих технологий и в направлении



создания новых способов получения водорода. Существующие теоретически обоснованные решения можно условно разбить на 4 основные направления [2].

1. Низкотемпературное ( $<100^{\circ}\text{C}$ ) разложение воды электролизом является одним из наиболее простых способов. Недостатком данного способа является дороговизна получаемого водорода и, как следствие, слабая конкурентоспособность по отношению, например, к паровой конверсии метана). Причиной вышесказанному является тот факт, что для реализации метода используется только дорогостоящая электроэнергия.

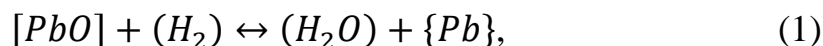
2. Термическое разложение воды, которое происходит при температурах выше  $2500^{\circ}\text{C}$ . При данных температурах химические связи внутри молекулы воды настолько ослабевают, что происходит отрыв атомов кислорода от атомов водорода без дополнительного воздействия.

3. Различные варианты окислительной конверсии и пиролиза газообразных и жидких углеводородов: паровая конверсия метана; парциальное окисление природного газа или попутного нефтяного газа; пиролиз метана; получение коксового газа из угля и др. Все эти методы хорошо отработаны. Они широко внедрены в промышленности, однако побочным продуктом всех вышеуказанных решений является углекислый газ. Таким образом, теряется первоначальная привлекательность водорода, как источника энергии, не приводящего к выбросам углекислого газа. Кроме того, техническая реализация технологий получения водорода из углеводородов весьма сложна.

4. Термохимические и термоэлектрохимические циклы получения водорода из воды. Термохимический процесс получения водорода использует последовательность ряда химических реакций. Он требует подвода тепла при температуре  $\sim 1000^{\circ}\text{C}$ , т. е. происходит колоссальное снижение температур по сравнению с термическим разложением воды, а в качестве побочного продукта не выделяется углекислый газ. На отдельных стадиях процессов такого типа наряду с термическим воздействием для отщепления водорода может использоваться электричество (электролиз, плазма). Именно к последнему направлению относится изучаемый способ. Предпосылкой для исследований являются многолетний опыт исследований в АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» технологии тяжелых жидкометаллических теплоносителей для реакторов транспортного назначения [3, 4], а также разработки Токийского Технологического института [5].

**Расчетное исследование возможности протекания реакции разложения воды в тяжелых жидкометаллических теплоносителях. При исследуемом**

способе взаимодействие водяного пара с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем происходит посредством обмена кислородом между газовой и конденсированной фазами по реакции:



где  $[PbO]$  – растворенный в теплоносителе оксид свинца;  $(H_2)$ ,  $(H_2O)$  – газообразные водород и водяной пар;  $\{Pb\}$  – жидкий свинец.

Учитывая, что растворимость кислорода в расплавах металлов подчиняется закону Сивертса, равновесное состояние в реакции взаимодействия воды с жидким металлом (для примера использована свинцововисмутовая эвтектика) можно представить в виде [6]:

$$\lg a_{PbO} = \lg \frac{p_{H_2O}}{p_{H_2}} - \frac{1617}{T} - 2.5, \quad (2)$$

где  $T$  – температура, К;  $a_{PbO}$  – активность оксида свинца, нередко называемая термодинамической активностью растворенного кислорода;  $p_{H_2O}$ ,  $p_{H_2}$  – равновесные парциальные давления водяного пара и водорода.

На рис. 1 представлена графическая зависимость равновесной активности оксида свинца в свинцововисмутовой эвтектике от температуры и отношения парциальных давлений газовых реагентов.

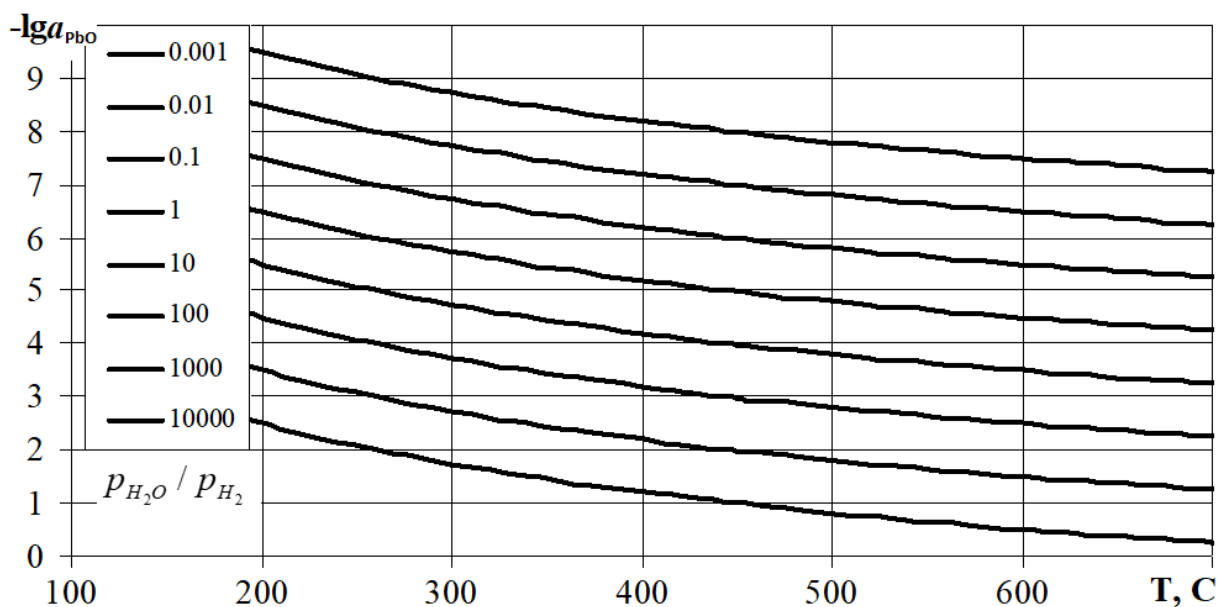


Рис. 1. Зависимость равновесной активности оксида свинца от состава газовой смеси и температуры свинцововисмутовой эвтектики

Преобразуя уравнение (2), можно получить равновесную долю водорода в газовой смеси. Предполагается, что газовая смесь полностью состоит из

вступающих в реакцию водорода и водяного пара. В случае наличия в газовой смеси примеси инертного газа, например, азота или аргона, он пропорционально своему содержанию в исходной смеси уменьшит равновесную долю водорода, добавив своё парциальное давление к знаменателю:

$$\frac{p_{H_2}}{p_{H_2} + p_{H_2O}} = \frac{1}{1 + a_{PbO} \cdot 10^{\frac{1617}{T} + 2.5}}. \quad (3)$$

Зависимость (3) показывает, что при использовании тяжелых жидкометаллических теплоносителей возможно эффективное разложение водяного пара с образованием водорода практически при любых температурах. При этом для обеспечения эффективности разложения водяного пара необходимо поддерживать в теплоносителе минимально возможную активность оксида свинца ( $a_{PbO} < 10^{-5}$ ), т. к. ее увеличение приводит практически к полному прекращению реакции (1) и проявлению у теплоносителя химической инертности по отношению к воде и водяному пару (например, нижняя кривая на рисунке 1 соответствует газовой смеси, в которой на одну молекулу водорода приходится десять тысяч молекул водяного пара). Для условий циркуляционных контуров, которые, как правило, эксплуатируются при температурах от 350 до 700 °С, а в качестве конструкционных материалов используется жаростойкая сталь, минимальное значение активности оксида свинца определяется условиями термодинамической стойкости защитных оксидных покрытий на конструкционных сталях [7].

Анализ зависимостей (2), (3), а также рисунка 1 показывает, что возможный достижимый выход водорода по реакции (1) может превышать 50 %об., увеличиваясь по мере увеличения температуры.

**Экспериментальное изучение процесса взаимодействия водяного пара с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями.** Одна из возможных схем реализации исследуемого способа получения водорода приведена на рис.2, обеспечивающей корректную работу следующим образом. В реакционную емкость циркуляционного контура осуществляется подача воды под уровень свинцововисмутовой эвтектики. Температура процесса (см. рис.1) приводит к тому, что вода мгновенно испаряется и в дальнейших процессах участвует водяной пар.

При малой активности оксида свинца водяной взаимодействует со свинцововисмутовой эвтектикой с образованием водорода и увеличением активности оксида свинца. Кислородный насос непрерывно «откачивает» кислород из полости с теплоносителем во внутреннюю полость насоса, тем самым уменьшая активность оксида свинца в теплоносителе. Как следствие, во внутренней полости

насоса образуется молекулярный кислород, который сам по себе является не менее ценным продуктом реакции (1), чем водород. Образовавшаяся в газовой полости реакционной емкости смесь водяного пара и водорода поступает в холодильник-конденсатор, где происходит разделение конденсирующегося пара и водорода.

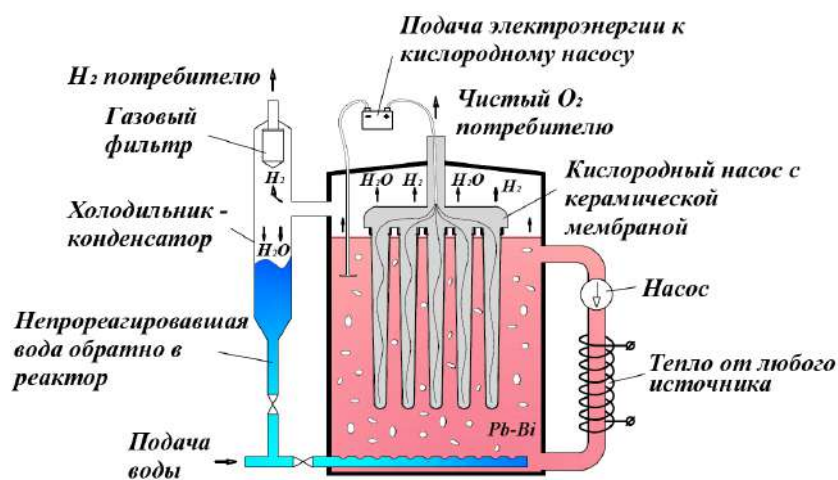
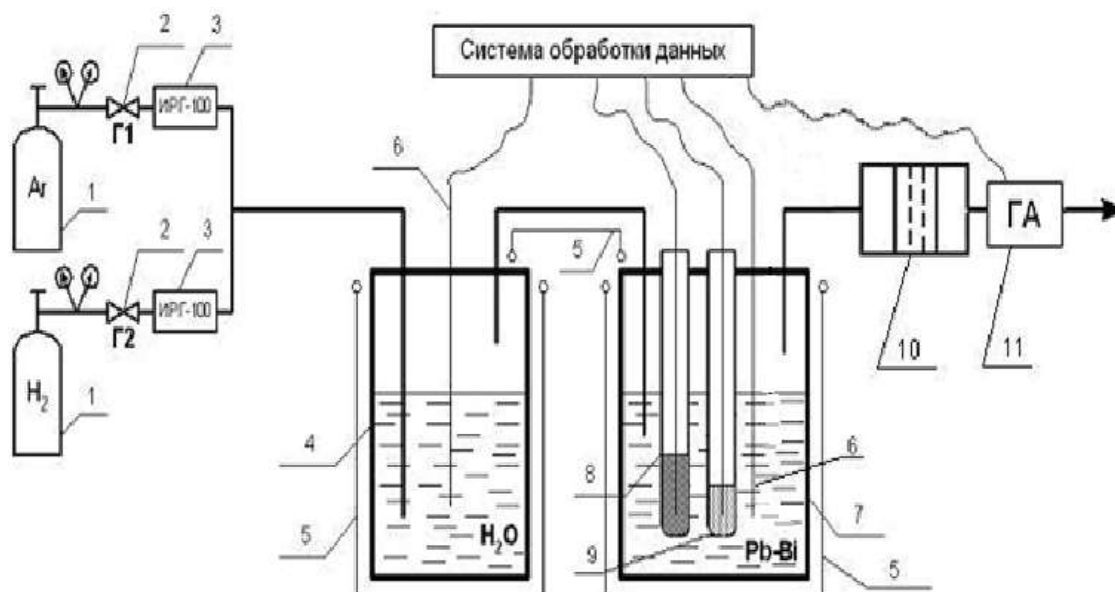


Рис. 2. Схема генератора водорода за счет термоэлектрохимического разложения воды в свинцововисмутовой эвтектике

Следует дополнительно пояснить принцип работы кислородного насоса, который представляет из себя твердооксидную электрохимическую ячейку. Твердый оксид, как правило, состоит из диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия, имеющего ионную проводимость по кислороду. Поверхность внутренней полости кислородного насоса представляют собой благородный металлплатину, способную сохранять свои свойства при высокой температуре в атмосфере кислорода. Проводимость ионов кислорода происходит следующим образом: молекулы оксида свинца адсорбируются на внешнем электроде насоса, после чего, на границе электрод/диоксид циркония происходит разложение молекул на ионы кислорода и ионы свинца. Ионы свинца отдают заряд источнику тока насоса и возвращаются в состав теплоносителя, а ионы кислорода двигаются сквозь кристаллическую решетку диоксида циркония, на обратной стороне которого получают заряд положительного электрода, превращаясь в атомы, которые рекомбинируют до молекул кислорода и десорбируются во внутреннюю газовую полость насоса.

Изучение особенностей процесса выделения водорода при разложении воды в тяжелом жидкометаллическом теплоносителе авторы проводили на лабораторной

установке (см. рис. 3), устройство которой упрощенно моделировало схему, приведенную на рис. 2.



1 – газовые баллоны; 2 – газовые вентили; 3 – измерители расхода газа; 4 – генератор водяного пара; 5 – нагреватели; 6 – термопары; 7 – реакционная емкость; 8 – кислородный насос; 9 – сенсор измерения активности оксида свинца; 10 – газовый фильтр; 11 – газоанализатор.

Рис. 3. Схема лабораторной установки для изучения процесса выделения водорода при термоэлектрохимическом разложении воды в свинцововисмутовой эвтектике

Методика проведения эксперимента была следующей: 1) разогрев реакционной емкости до  $-400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 2) ввод в теплоноситель сенсор измерения активности оксида свинца, кислородного насоса и термопары, герметизация рабочей емкости; 3) заполнение реакционной емкости водородом и осуществление его потока над поверхностью теплоносителя столько, сколько потребуется, чтобы показания сенсора измерения активности оксида свинца достигли значений от 470 до 480 мВ; 4) установление температуры реакционной емкости  $600\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , подача в реакционную емкость водяного пара; 5) повторение п.4 при температурах  $700\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $800\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $820\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Параметры, которые контролировались в ходе эксперимента: активность оксида свинца; температура теплоносителя; ток, протекающий в насосе; концентрация водорода на выходе из реакционной емкости.

При выполнении п.4 и п.5 достигалась стабилизация показаний сенсора измерения активности оксида свинца и характеристик кислородного насоса после каждого изменения условий проведения эксперимента и определялась скорость окисления теплоносителя при фиксированных характеристиках кислородного насоса с учетом соотношения [8]:

$$q = k \cdot I, \quad (4)$$

где  $q$  – скорость вывода кислорода из теплоносителя,  $\Gamma_{[O]}$ /ч;  $I$  – ток, протекающий в насосе, А;  $k$  – коэффициент, учитывающий размерности  $q$  и  $I$ ,  $k = 0.278\Gamma_{[O]}/(\text{ч}\cdot\text{А})$ .

Показания кислородного насоса позволили выявить непротиворечивость показаний газоанализатора водорода, т.к. знание скорости вывода из теплоносителя кислорода позволяет выявить скорость генерации водорода.

Результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Табл. 1

Результаты эксперимента по изучению процесса термоэлектрохимического разложения воды в свинцововисмутовой эвтектике

t, °C	Расход водяного пара, л/ч	Активность оксида свинца	Равновесная концентрация водорода по формуле (3), %	Характеристики получения водорода	
				Скорость генерации водорода, л/ч	Концентрация водорода, %
595	45,5	$2,7 \cdot 10^{-3}$	2,1	0,5	1,1
690	45,3	$4,1 \cdot 10^{-3}$	7,4	2,9	6,4
810	45,2	$8,5 \cdot 10^{-4}$	22,8	4,2	9,3
830	46,7	$\sim 1 \cdot 10^{-4}$	46,7	7,1	15,2

Относительно небольшие концентрации полученного водорода авторы объясняют несовершенством кислородного насоса, доработка которого является приоритетной задачей дальнейших исследований. Из полученных результатов также следует, что термоэлектрохимическое разложение воды в свинцововисмутовой эвтектике целесообразно проводить при повышенных температурах ( $t \geq 800^\circ\text{C}$ ).

**Выводы.** Предложена оригинальная концепция получения водорода в процессе термоэлектрохимического разложения воды при ее непосредственном смешении с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями (свинец, свинцововисмутовая эвтектика).

Термодинамические расчеты показали, что возможный достижимый выход

водорода при термоэлектрохимическом разложении воды может превышать 50 %об., увеличиваясь по мере увеличения температуры реакции.

Эксперименты подтвердили принципиальную возможность получения водорода в исследованном процессе. Применительно к условиям эксперимента концентрация водорода превысила 15 %об. при 830 °С, а скорость его наработки превысила 7 л/ч (нормальные условия). Основное выявленное авторами ограничение в достижении больших концентраций водорода – несовершенство конструкции кислородного насоса. Задачей дальнейших исследований является доработка кислородного насоса для увеличения площади его поверхности, контактирующей с жидкометаллическим теплоносителем.

Авторы выражают благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований, при поддержке которого (проект № 19-48-400003) выполняется обоснование технологии свинецсодержащих теплоносителей в тепло-массообменных аппаратах различного назначения.

#### **Список используемых источников**

1. Дуников Д.О. Водородные энергетические технологии / Семинар ОИВТ РАН: сборник научных трудов. М.: ОИВТРАН, 2017. 190 с.
2. S.A. Sherif, D. Yogi Goswami, Elias K. Stefanakos, Aldo Steinfeld. Handbook of Hydrogen Energy. CRC Press Taylor & Francis Group. 2014. 1020 p.
3. Гулевский В.А., Орлов Ю.И., Ефанов А.Д. и др. Гидродинамические, физико-химические и технологические аспекты использования жидких металлов в ЯЭУ // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов. 2008. Выпуск 4. С. 15-33.
4. Мартынов П.Н., Рачков В.И., Асхадуллин Р.Ш. и др. Анализ современного состояния технологии свинцового и свинцово-висмутового теплоносителей // Атомная энергия. 2014. Т.116. №4. С. 234-240.
5. Takahashi M., Uchida S., Hata K. Pb-Bi – cooled Direct Contact Boiling Water Small Reactor // Progress in Nuclear Energy. 2004. Vol.47, N.1-4, p. 190-201.
6. Handbook on Lead-bismuth Eutectic Alloy and Lead Properties, Materials Compatibility, Thermal-hydraulics and Technologies // OECD/NEA Nuclear Science Committee, 2007. ISBN 978-92-64-99002-9. 693 p.
7. Ulyanov V.V., Gulevsky V.A., Storozhenko A.N., Teplyakov Y.A. Control of oxidizing potential of Pb and Pb-Bi coolants // Oriental Journal of Chemistry. 2015.

8. Rickert H. Elektrochemische Messung der Sauer – Stoffdiffusion in flüssigem Silber und flüssigem Kupfer // Z. Metallkunde. – 1968. – Н. 8. – S. 635 – 641.

## **ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ В ЖИДКОМ СВИНЦЕ И В ГАЗЕ**

*Кремлёва В.С. – инженер-исследователь, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»*

*Ульянов В.В. – к.т.н., начальник лаборатории, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»*

*Асхадуллин Р.Ш. – к.т.н., начальник лаборатории, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»*

*Кошелев М.М. – заместитель начальника лаборатории, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»*

### **Аннотация**

Работа посвящена исследованию кинетических особенностей термической деструкции органических веществ в свинецсодержащем теплоносителе и в газе применительно к решению задачи утилизации отработавших ионнообменных смол. В качестве сырья для проведения термической деструкции были использованы ионнообменные смолы, применяемые в фильтрах систем очистки питьевой воды. Результаты экспериментальных исследований показывают, что процесс пиролиза протекает на границе переходной кинетической области.

**Введение.** Невозможно представить жизнь человека без использования электрической энергии. По статистике каждый день один человек потребляет около 3.2 кВт·ч. Для выработки электроэнергии по всему миру используют несколько типов топлива. В России устойчиво развивается использование атомных электростанций на урановом топливе как производителей электроэнергии. В энергетическом балансе России доля атомной энергетики составляет около 20% [1].



Работа атомной электростанции основана на применении ядерного топлива, процесс деления которого сопровождается образованием новых радионуклидов. Таковыми являются продукты деления урана, а также активированные продукты коррозии конструкционных материалов первого контура реакторной установки. В связи с этим в первом контуре реакторных установок с водяным теплоносителем предусмотрена система, в которой производится очистка теплоносителя первого контура от химических и конструкционно-материальных примесей. Средством обеспечения качества теплоносителя первого контура в спецводоочистке, является ионообменная смола. Ионообменная смола находится в специальных фильтрах, через которые пропускают теплоноситель. После выработки ресурса ионообменную смолу заменяют на новую, а отработавшую смолу направляют в хранилище радиоактивных отходов.

На сегодняшний день существует необходимость переработки отработавших в условиях атомной электростанции ионообменных смол, так как объем их непрерывно растет. Также на прирост темпов накопления отработавших ионообменных смол влияет строительство десятков новых энергоблоков по всему миру [2].

**Литературный обзор технологий переработки отработавших ионообменных смол.** Уменьшению объема отработавших ионообменных смол посвящены национальные программы всех государств со сформировавшейся атомной энергетикой. В проектах предлагается ряд технологий переработки ионообменных смол.

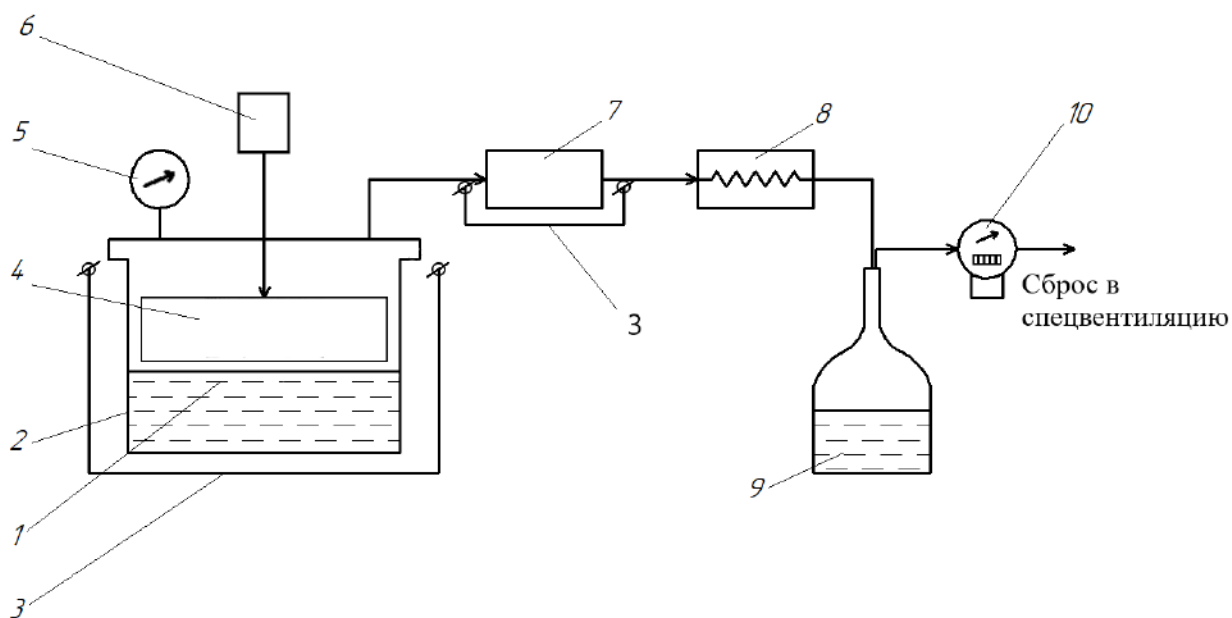
Прямое включение в цементную матрицу – основной метод переработки отработавших ИОС в настоящее время. Предпочтение, как правило, отдается цементированию по сравнению с другими матричными материалами в связи с более простым технологическим оформлением, негорючестью полученного продукта, высокой радиационной стойкостью цементных вяжущих материалов и цементной матрицы [3].

Центрифугирование – способ обезвоживания ИОС путем удаления межзерновой и основной части внутризерновой воды при помощи центробежных сил [3]. Смола в состоянии поставки имеет влажность около 38.5-44.0%. После центрифугирования выполняется термическая обработка для еще более глубокого обезвоживания ионообменной смолы и уменьшения ее объема.

Глубокая дезактивация – регенерация ионообменных смол специально подобранными растворами, далее отмытые смолы направляются на полигоны для промышленных отходов [4].

Авторы считают [5, 6], что перспективным способом переработки отработавших смол по отношению к цементированию в матрицы и глубокой дезактивации, является их термическая деструкция без доступа кислорода еще называемая пиролизом. Реализация пиролиза в свинецсодержащем теплоносителе ускоряет процессы разрушения молекул ионообменных смол за счет плотного контакта реагентов и устойчивого теплообмена в реакционном объеме.

**Экспериментальная часть.** Экспериментальная часть исследований проводилась на лабораторной установке. схема которой представлена на рисунке 1.



1 – свинец; 2 – бак – реактор; 3 – электрический нагреватель; 4 – кассета с ИОС; 5 – манометр; 6 – электропривод кассеты; 7 – аэрозольный фильтр; 8 – конденсатор; 9 – ёмкость для жидкости; 10 – газовые часы.

Рис. 1. Схема лабораторной установки

Исследование велось следующим образом. Проведена серия экспериментальных исследований при температурах свинца 400, 450, 500°C. В начале эксперимента в кассету (4) было загружено 10л ионообменных смол. В расплавленный свинец с помощью электропривода (6) погрузили кассету с ИОС. К кассете приварены перфорированные крышки, через которые свинец заполняет кассету при её погружении, выходят газообразные продукты пиролиза, но не

проникают твердые продукты пиролиза. К крышке бака – реактора прикреплён фильтр (7), служащий для очищения газа от аэрозолей свинца [2]. Через фильтр газ поступает в конденсатор (8), в котором в качестве охладителя является техническая вода с температурой 10 °С. С конденсатора жидкость поступает в ёмкость (9). Несконденсировавшиеся газы направляются в газовые часы (10) для оценки интенсивности протекания процесса и объема наработанного газа, а далее сбрасываются в спецвентиляцию.

Для сравнения характеристик протекания процесса пиролиза авторами был также организован аналогичный эксперимент, но без свинцового теплоносителя (пиролиз протекал в газе).

**Обсуждение результатов.** При проведении кинетического анализа экспериментальных данных во времени главной задачей было определение лимитирующей стадии процесса. Знание последней позволяет найти способ интенсифицировать процесс пиролиза отработавших ионообменных смол. Зачастую процессы описываются полуэмпирическими уравнениями, не связанными с конкретной физико-химической моделью данного процесса. Тем не менее наиболее распространенной математической формой зависимости степени превращения во времени, является степенное уравнение Казеева-Ерофеева-Колмогорова [8]. Для свинцового и газового теплоносителей по уравнению построены графики (см. рис. 2, 3) в линеаризованных (дважды логарифмированных) координатах  $\ln(-\ln(1-a)) = n \ln t + \ln k$ . Тангенс угла наклона соответствует значению  $n$ , а пересечение с осью ординат соответствует  $\ln k$ .

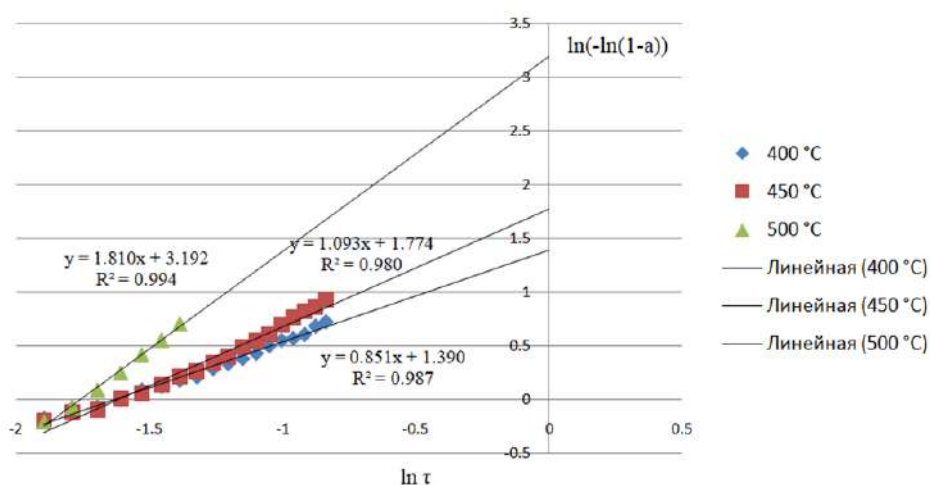


Рис. 2. Линеаризация временной зависимости степени превращения ионообменных смол в свинцовом теплоносителе по уравнению Казеева-Ерофеева-Колмогорова

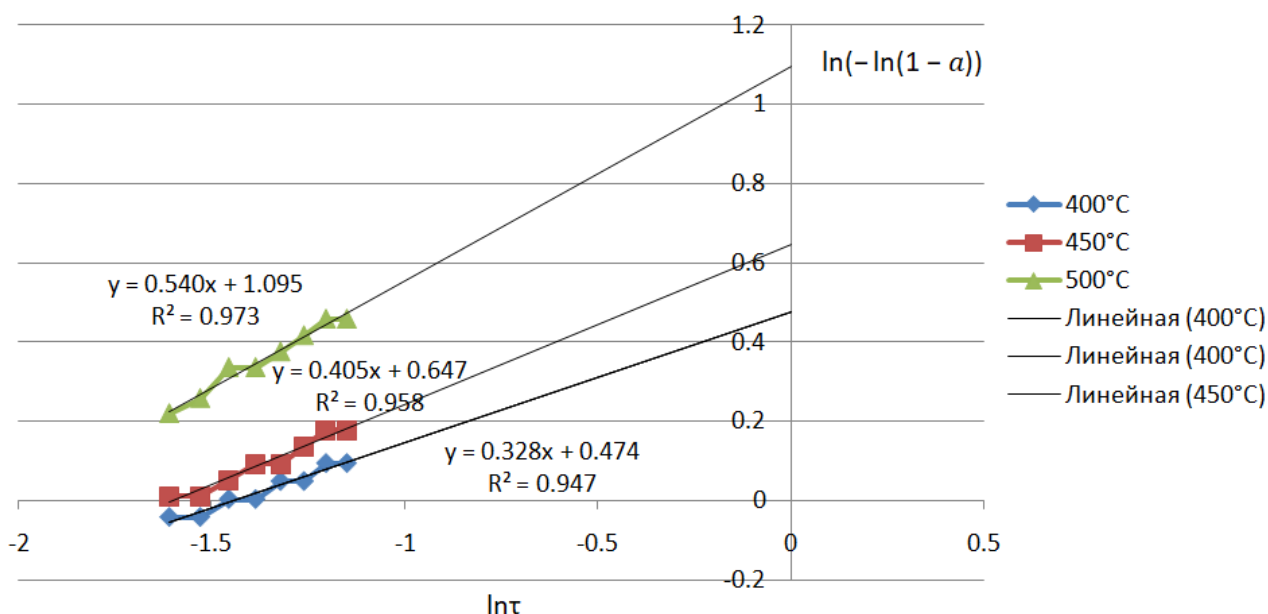


Рис. 3. Линеаризация временной зависимости степени превращения ионообменных смол в газе по уравнению Казеева-Ерофеева-Колмогорова

Коэффициенты уравнения Казеева-Ерофеева-Колмогорова в линеаризованных координатах представлены в таблице 1 и таблице 2.

Табл. 1

Полученные данные для свинцового теплоносителя

Температура	400°C	450°C	500°C
n	0.851	1.093	1.810
lnk	1.390	1.774	3.192

Табл. 2

Полученные данные для газового теплоносителя

Температура	400°C	450°C	500°C
n	0.328	0.405	0.540
lnk	0.474	0,647	1,095

Как видно из полученных результатов, значение n изменяется в зависимости от температуры.

По полученным данным, построили график (рис. 4, 5) зависимости константы скорости реакции от обратной температуры.

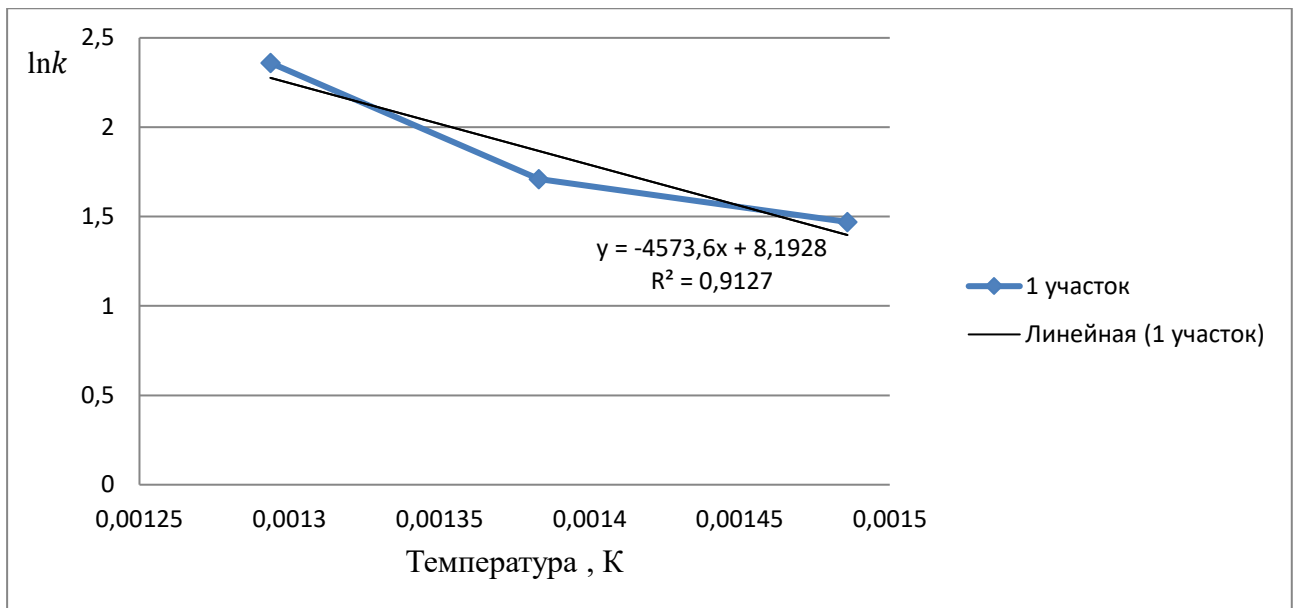


Рис. 4. Зависимость  $\ln k$  от  $\frac{1}{T}$  для реакции пиролиза ионообменных смол в свинцовом теплоносителе

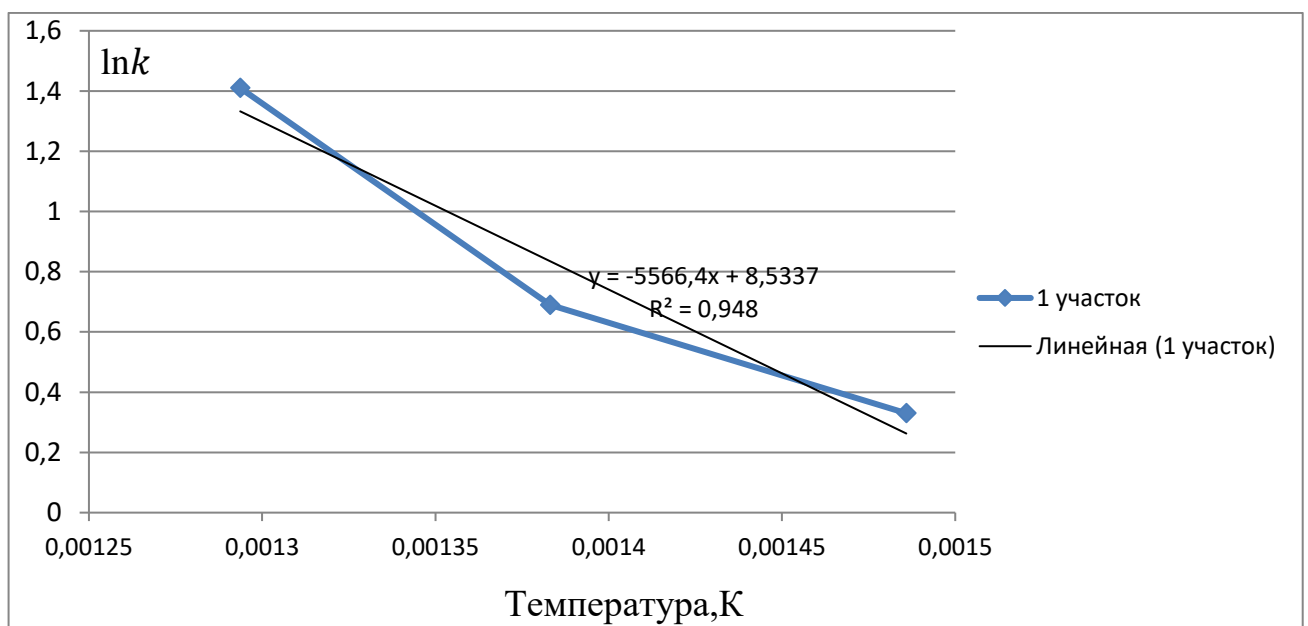


Рис. 5. Зависимость  $\ln k$  от  $\frac{1}{T}$  для реакции пиролиза ионообменных смол в газе

Полученная зависимость для свинцового теплоносителя описывается уравнению  $\ln k = -4574x + 8,2$ . Полученная при этом энергия активации составляет  $E_a = 40 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ . Полученная зависимость для газового теплоносителя описывается уравнению  $\ln k = -5566x + 8,5$ . Полученная при этом энергия активации составляет  $E_a = 53 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ .

Отметим основные четыре области реагирования и энергии активации, соответствующие им в таблице 3

Табл. 3

Характеристика областей гетерогенного реагирования

Область реагирования	Кинетическая	Переходная	Внешняя диффузионная	Внутренняя диффузионная
Энергия активации КДж/моль	Более 40	40-20	20-10	Менее 10
Способ ускорения процесса	Повышение температуры	Определяется экспериментально	Перемешивание среды	Измельчение частиц

**Заключение.** Энергия активации, полученная в процессе пиролиза в свинецсодержащем и газовом теплоносителях в температурных пределах от 400°С до 500° лежит на границе переходной кинетической области. Так как процесс протекает на границе переходной кинетической области, то для увеличения скорости термической деструкции возможно перемешивание ИОС и повышение температуры в процессе пиролиза.

#### Список используемых источников

1. Бабкин Д.Н, Прохоров Н.А, Сорокин В.Т., Демин А.В. и др. Технология переработки и хранения отработавших ионообменных смол для АЭС нового поколения// Атомная энергия. 2011. Т. 111. Вып. 4. С. 214-219.
2. Басманов П.И., Кириченко В.Н., Филатов Ю.Н., Юров Ю.Л.Высокоэффективная очистка газов от аэрозолей фильтрами Петрянова. М.: Наука, 2003. С. 271.
3. Дмитриев С.А., Баринов А.С., Батюхнова О.Г. и др. Технологические основы системы управления радиоактивными отходами. М.: ГУП Мос НПО Радон, 2007. С. 376.
4. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р., Ожован М.И. Шлакощелочные вяжущие, растворы и бетоны для защиты от экологической и радиационной опасности// Вопросы радиационной безопасности. 2012. № 3. С. 11-17.
5. Ульянов В.В., Гулевский В.А., Кошелев М.М., Харчук С.Е., Мельников В.П. Способ переработки отходов из резинотехнических и полимерных материалов // Патент RUS 2672295, 2017.
6. Ульянов В.В., Кошелев М.М., Харчук С.Е., Гулевский В.А., Тимочкин

А.В. Исследование закономерностей пиролиза твердых органических полимеров при их нагреве расплавом металла// Нефтехимия. М.: Российская академия наук, 2018. Т. 58, № 1. С. 72-79.

7. Козлова, М.М., Марков, В.Ф., Маскаева, Л.Н., Смольников, М.И., & Савиных, С.Д. Кинетика окислительной деструкции катионита КУ-2×8 с использованием пероксида водорода // Журнал физической химии, 2020 Т.94, № 12. С. 1805 – 1813.

8. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций: пер. с фр. М.: Мир, 1972. 554 с.

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ СТОИМОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ АКТИВНЫМ ТЕПЛОВЫМ ПОТРЕБИТЕЛЕМ ОТ СЕТЕВОЙ ФОТОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

*Лукутин Б.В. – д.т.н., профессор, ФГАОУ ВО «Национальный  
Исследовательский Томский Политехнический Университет»*

*Аль-Мажди К.Х. – аспирант, ФГАОУ ВО «Национальный  
Исследовательский Томский Политехнический Университет»*

## **Аннотация**

В статье предложена и обоснована концепция гибридной системы аккумулирования солнечной энергии с использованием генетического алгоритма оптимизации планирования бытовых электрических нагрузок в соответствии с техническими и пользовательскими ограничениями и входными сигналами, выполненного в программном обеспечении MATLAB. График загрузки составляется на один день. Исследования проведены для типичного социального объекта – спортивного зала в г. Багдад (Ирак), нуждающегося в электрической энергии и горячем водоснабжении. Показаны преимущества комбинированных систем аккумулирования электроэнергии фотоэлектростанций объектов, показаны технико-экономические преимущества использования подобных систем в Ираке.

Глобальное потепление стало одной из самых актуальных проблем в современном мире. Его причиной явился быстрый рост населения планеты, вызвавший увеличение спроса на энергию. Использование углеводородных энергоресурсов для удовлетворения этого спроса является основной причиной глобального потепления [7]. Кроме того, сжигание углеводородного топлива оказывает серьезное негативное влияние на окружающую среду [8]. В настоящее время ископаемое топливо расходуется быстрее, чем образуется в недрах Земли. В будущем под воздействием тепла и давления оно полностью исчезнет. Потребление энергии во всем мире составляет около 10 млрд т условного топлива в год. Доля нефти в общем потреблении составляет 40%, а доля газа – 50% [2]. Согласно прогнозам научных исследований, концентрация углекислого газа увеличится на 75–350% к 2100 г. по сравнению с уровнем 1850 г., что приведет к увеличению парникового эффекта в атмосфере Земли [3]. Воздействия энергетической отрасли на окружающую среду могут быть намного меньше, если использовать возобновляемые источники энергии [6]. Для этого энергетический сектор должен приложить серьезные усилия в области возобновляемых источников энергии в дополнение к мерам по улучшению традиционной энергетики. Возобновляемые источники энергии, такие как энергия ветра, солнечная энергия,



геотермальная энергия и др., могут в значительной степени заменить существующие топливные источники первичной энергии и усовершенствовать процессы преобразования, транспортировки и распределения электроэнергии. Солнечная энергия является одним из наиболее важных источников экологически чистой энергии в мире, который можно использовать для удовлетворения потребностей в энергии, необходимых для повседневных нужд в промышленности и быту. Кроме электроэнергии, существует большой потенциал использования солнечной энергии для удовлетворения потребностей в тепле на фабриках, фермах, в зданиях, в развлекательных заведениях и т. д. [1, 4, 5].

При применении любого оптимизационного подхода к проблеме ELD учитываются различные ограничения. В этой статье рассматриваются два отдельных ограничения. Ограничение равенства утверждает, что сумма всей генерирующей мощности должна равняться спросу на нагрузку, тогда как ограничение неравенства утверждает, что генерируемая мощность должна быть в пределах максимальной и минимальной активной мощности каждого блока. Блок-схема предлагаемого метода для задачи ELD представлена на рис. 1. Последовательные шаги предлагаемого метода Рао перечислены ниже.

Обширная территория и низкая плотность населения Ирака с высоким потенциалом солнечной энергии определяют перспективы использования фотоэлектрических станций. Территория Ирака находится под влиянием солнечной энергии и получает около 2000 кВтч /м<sup>2</sup>/ год, что определяет актуальность использования технологий солнечной энергии для поддержки экономики страны за счет сокращения потребления электроэнергии в иракской национальной электрической сети. Выбор оборудования для децентрализованных фотоэлектрических установок определяется графиками изоляции и потребления электроэнергии. Диаграмма предлагаемой независимой гибридной фотоэлектрической установки с избыточностью от дополнительного источника энергии: дизель-генератора или централизованной сети показана на рис. 2. Схема отличается от обычной фотоэлектрической установки комбинированным хранением электроэнергии: электрохимическим и тепловым в присутствии тепловых нагрузок, которые питаются непосредственно от массива фотоэлектрических модулей с помощью специального теплового контроля.

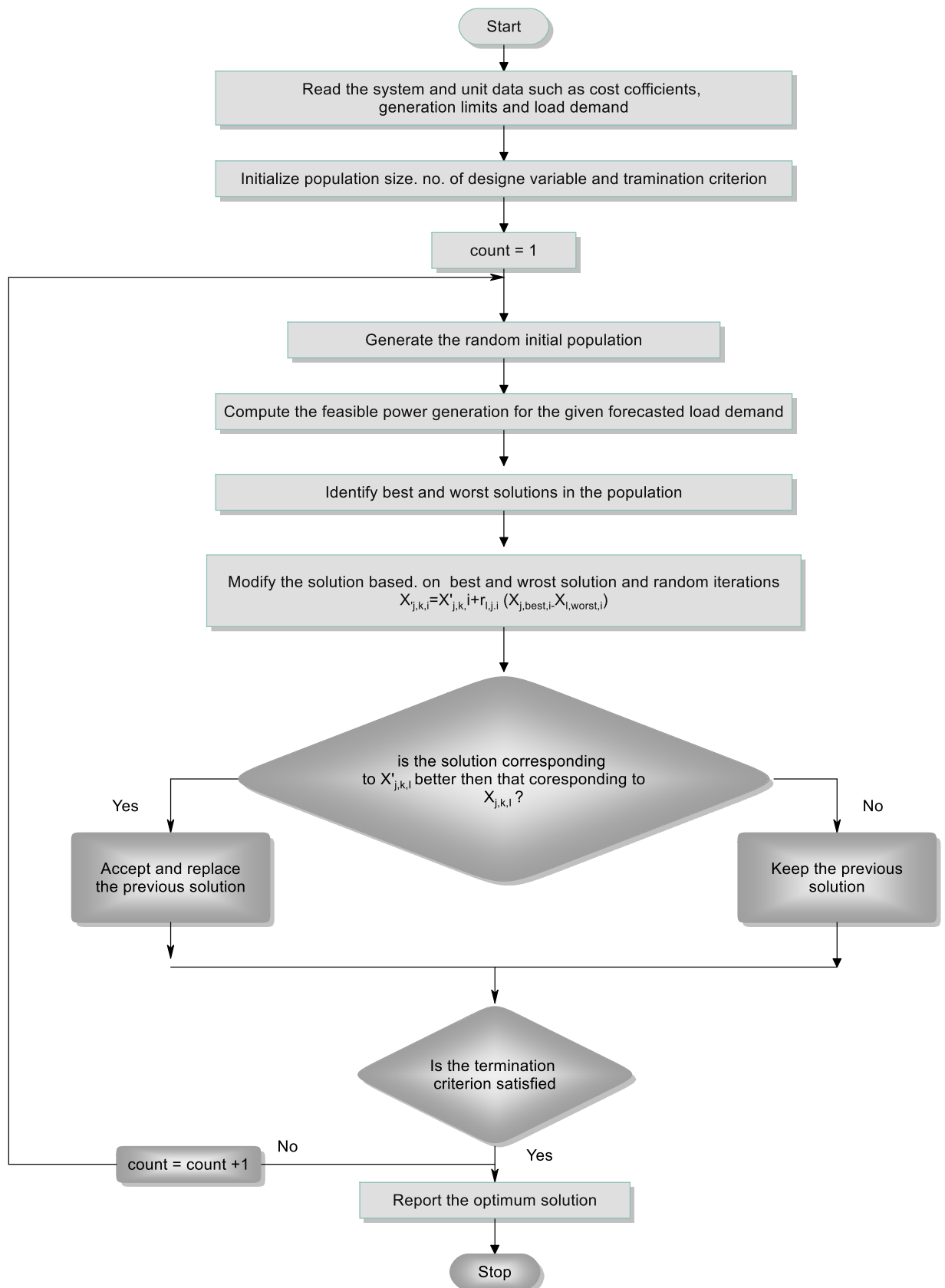


Рис. 1 Блок-схема планирования нагрузки

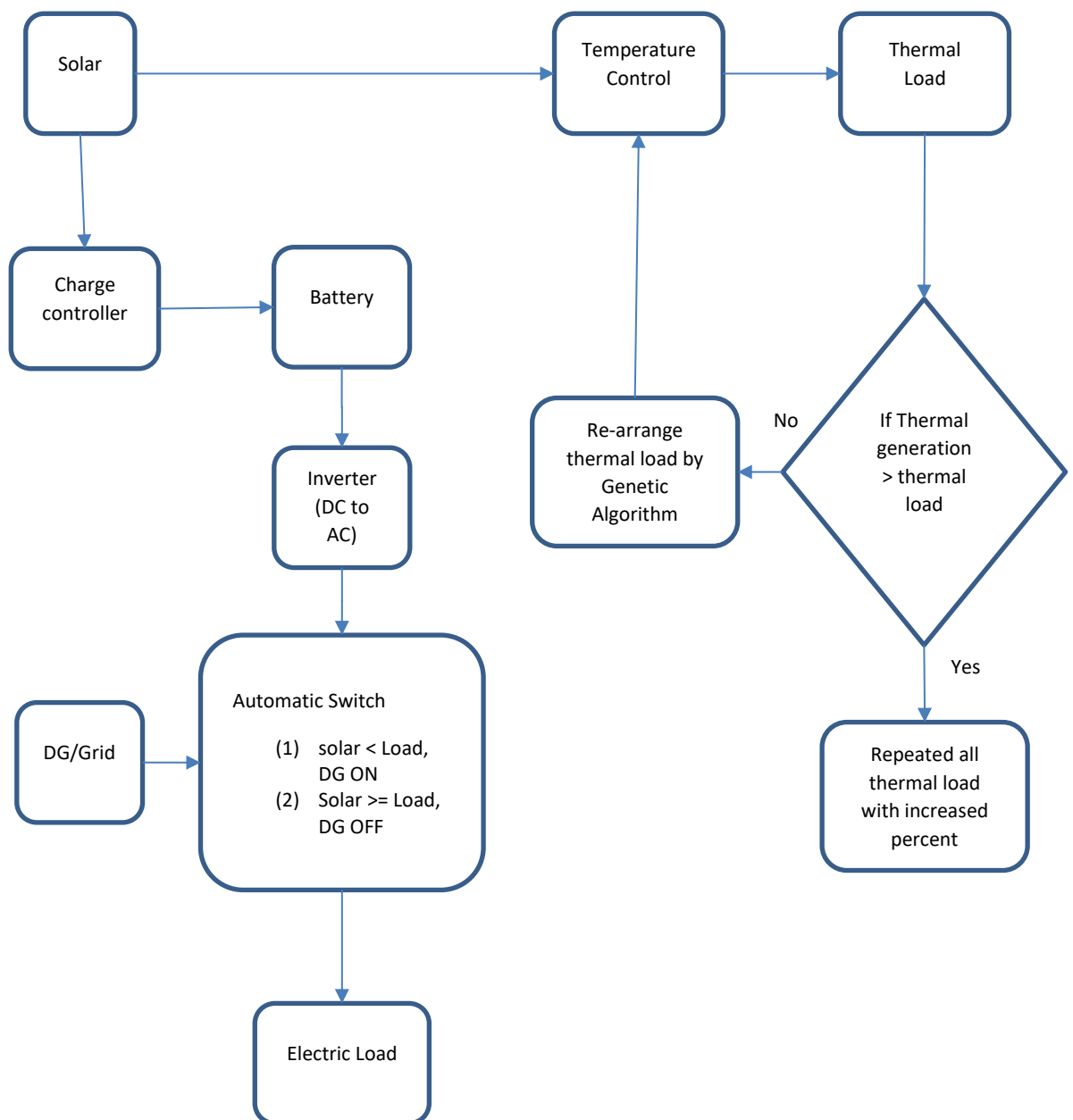


Рис. 2. Модель системы

На рис. 3 показана стоимость (\$) увеличенной нагрузки для четырех сезонов, стоимость снижается за счет увеличения потребления энергии от солнечной батареи. Ось x показывает количество итераций (поколений). Эта эволюция обычно начинается с популяции случайно сгенерированной совокупности, после завершения итеративного процесса она завершается для следующего процесса и начинается для второй популяции.

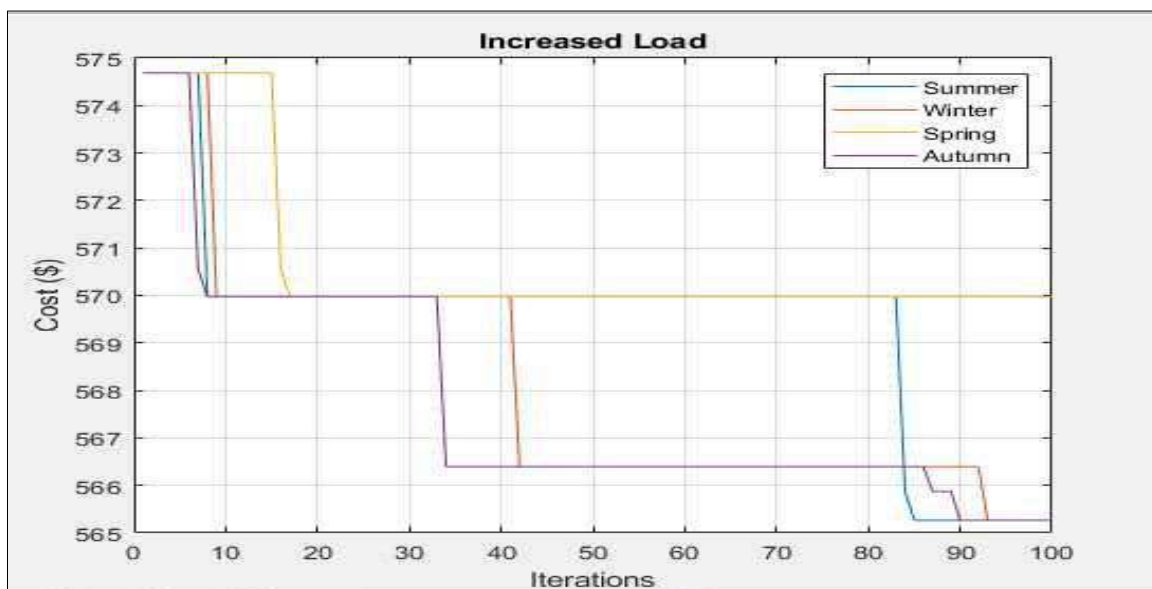


Рис. 3. Стоимость электроэнергии для четырех сезонов при увеличении тепловой нагрузки

На рис. 4 показана стоимость (\$) обычной нагрузки, снижение стоимости (в процентах, введенных пользователем), нормальная нагрузка запланирована как тот же процесс.

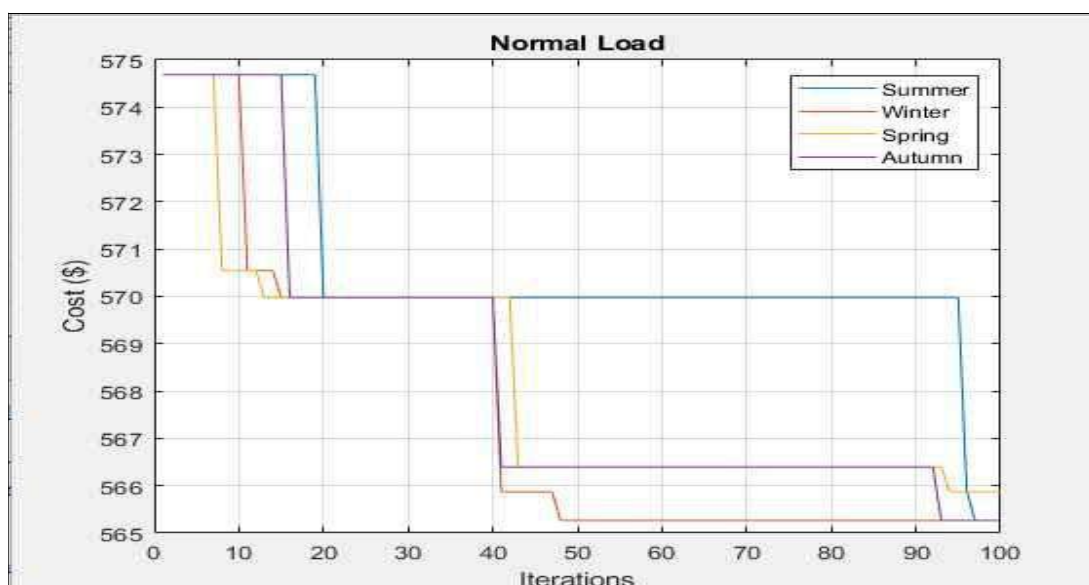


Рис. 4. Стоимость электроэнергии для четырех различных сезонов при нормальной тепловой нагрузке

В результате моделирования установлено, что для полного обеспечения объекта электроэнергией в осенний сезон расход электроэнергии от фотоэлектростанции и сети оптимизируется при нормальных параметрах

тепловой нагрузки, расход солнечной электроэнергии составляет 170,4 кВтч. Энергия, потребляемая из сети – 795,8 кВтч. При увеличении объёмов тепловой нагрузки оптимизируется потребление солнечной и сетевой энергии, потребление солнечной энергии составляет 154,8 кВтч, а потребление электроэнергии от сети составляет 1380 кВтч в сутки. В весенний сезон оптимизируется потребление энергии от солнечной батареи и сети; при нормальных условиях тепловой нагрузки потребление энергии от солнечной батареи составляет 147,2 кВтч, а энергия, потребляемая из сети, составляет 821,8 кВтч. При увеличении тепловой нагрузки оптимизировано потребление от солнечной и сетевой энергии, потребление электроэнергии от солнечной батареи составляет 165,7 кВтч, энергия, потребляемая от сети, составляет 1370 кВтч в сутки. В зимний период потребление энергии от солнечной батареи и сети оптимизировано при нормальных условиях тепловой нагрузки, потребление энергии от солнечной батареи составляет 169,3 кВтч, энергия, потребляемая от сети, составляет 796,9 кВтч. При увеличении тепловой нагрузки оптимизировано потребление солнечной и сетевой энергии, потребление электроэнергии от солнечной батареи составляет 165,7 кВтч, энергия, потребляемая от сети, составляет 1370 кВтч в сутки. В летний сезон потребление электроэнергии от солнечной батареи и сети оптимизировано при нормальных условиях тепловой нагрузки, потребление энергии от солнечной батареи составляет 171,6 кВтч, энергия, потребляемая от сети, составляет 794,7 кВтч. При увеличении тепловой нагрузки оптимизировано потребление солнечной и сетевой энергии, потребление электроэнергии от солнечной энергии составляет 170,4 кВтч, а потребление электроэнергии от сети составляет 1363 кВтч в сутки.

В этой статье предложена улучшенная структура планирования тепловых нагрузок, основанная на алгоритме генетической оптимизации, который учитывает изменяющиеся нагрузки, соответствующим различным сезонам года. Планирование нагрузки выполняется по при нормальной нагрузке и повышенной тепловой нагрузке. Эффективность алгоритма была протестирована для четырех разных сезонов Ирака, что позволило сопоставить затраты на энергию для разных сезонов при нормальной и повышенной тепловой нагрузке. В результате моделирования было установлено:

– использование гибридных систем накопления солнечной энергии совместно с электрохимическими и тепловыми аккумуляторами позволяет

снизить требуемый запас энергии электрохимических аккумуляторов за счет высвобождения энергии, потребляемой тепловыми нагрузками;

– в работе показано снижение стоимости комбинированной термоэлектрической и электрохимической системы накопления энергии и, следовательно, снижение стоимости электроэнергии, вырабатываемой фотоэлектрической электростанцией.

#### **Список используемых источников**

1. Jaaz A.H., Hasan H.A., Sopian K., Kadhum A.A.H., Gaaz T.S., Al-Amiery A.A. Outdoor performance analysis of a photovoltaic thermal (PVT) collector with jet impingement and compound parabolic concentrator (CPC) // *Materials*.2017.DOI: <https://www.mdpi.com/1996-1944/10/8/888>.
2. Jaaz A.H., Sopian K., Gaaz T.S. Study of the electrical and thermal performances of photovoltaic thermal Collector-Compound parabolic concentrated // *Results in Physics*. 2018. V. 9. P. 500–510.
3. DIERET – Distance Internet Education on Renewable Energy Technologies. INFORSE,CD version. 2005.
4. KEY WORLD ENERGY STATISTICS. International Energy Agency. Pdf file. 2010. URL: <http://www.iea.org>. . (дата обращения: 09.12.2021 г.)
5. Nicolas S.E. Asphalt solar collector and borehole storage design study for a small residential building area, M.Sc. thesis // Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology, Sweden. 2010. 123 P.
6. Pérez-Lombard., Luis., José Ortiz., Christine Pout. A review on building energy consumption information // *Energy and buildings*. – 2008. – V. 40(3). – P. 394–398.
7. REN21 Renewable Energy Policy Network. Renewables Global Status Reports. Washington, DC: World watch Institute. (2005–2009). URL: [www.ren21.net](http://www.ren21.net). (дата обращения: 09.12.2021 г.)
8. United Nations Framework Convention on Climate Change. URL: <http://unfccc.int>. (дата обращения: 09.12.2021 г.)

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ

*Марьин Г.Е. – старший машинист энергоблоков цеха парогазовых установок АО «Татэнерго» филиал «Казанская ТЭЦ–2», старший преподаватель кафедры Энергомашиностроения ФГБОУ КГЭУ*

*Сопина Ю.В. – инженер производственно-технического отдела АО «Татэнерго» филиал «Казанская ТЭЦ–1»*

### Аннотация

В настоящий момент в мире особым вектором развития энергетики является декорбанизация. Одним из приоритетных направлений является применение водородного топлива. В данной статье представлены способы производства и потребления водорода. В качестве потребителя рассматривается газотурбинная установка GE 6FA. В работе показано изменение основных энергетических характеристик турбины. При работе на природном газе и водородном топливе. Показано то, что переход к водородному топливу требует пересмотра работы основного и вспомогательного оборудования.

Водород – это уникальное топливо с нулевым выбросом углерода, который можно получить разными способами с минимальной зависимостью от ископаемого топлива (природный газ, мазут, уголь). Переход к НиВИЭ позволил сократить выбросы CO<sub>2</sub> при производстве электроэнергии. [1, 2] Основным недостатком нетрадиционной энергетики является сильная зависимость от погодных условий (изменение интенсивности ветра приводит к останову ветрогенераторов). Отключение источников ВИЭ требует включения традиционных источников генерации.

Рассматривая водород как топливо можно выделить несколько особенностей водородной энергетики.

1. Водород можно производить различными способами. Производство водорода методом паровой конверсии метана, при таком способе необходимо производить несколько стадий очистки водорода, после этого чистота составит 99,9%. Водород, полученный с помощью электролиза достаточно чистый при производстве, готов к сжиганию сразу [3].

2. Водород в конечном виде можно использовать как топливо для прямого сжигания, для использования в топливных элементах.

3. Водород можно транспортировать и сжигать не только отдельно. Но и в смеси с природным газом [4].

В качестве исследуемого двигателя рассматривается турбина General Electric 6 серии. В таблице 1 представлены основные характеристики.

Табл. 1

Технические характеристики ГТУ GE 6FA

Параметр	Размерность	Значение
Мощность на клеммах генератора	кВт	77000
Атмосферное давление	кгс/см <sup>2</sup>	1,013
Температура на входе в компрессор	°С	15
Относительная влажность на входе в компрессор	%	60
Низшая теплотворная способность топлива	кДж/кг	49194
Температура топлива	°С	30
Давление топлива перед газовым модулем	кгс/см <sup>2</sup>	27

В качестве исследуемого топлива выбран топливный газ и водород, представленные в таблице 2.

Табл. 2

Изменение компонентного состава топливного газа

Компонент	Формула	Молекулярный вес	Природный газ	Водород
Водород	H <sub>2</sub>	2,016	-	100
Метан	CH <sub>4</sub>	16,0426	97,22	-
Этан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,0694	0,100	-
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,1000	0,015	-
Изо-бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,1240	0	-
Кислород	O <sub>2</sub>	31,9988	0,020	-
Азот	N <sub>2</sub>	28,0134	2,500	-
Двуокись углерода	CO <sub>2</sub>	44,0100	0,105	-
Примеси	-	-	0,04	-

Работа газовых турбин и парогазовых установок требует постоянного несения номинальной нагрузки, поэтому мощность  $N=77\text{МВт}$ , частота вращения турбины  $n=5230\text{ об/мин}$ , температура на выходе  $T_{\text{вых}}=600\text{С}$ , влажность 60% [5].

В процессе исследований определена условная формула топлива и энтальпия. Энтальпия определена согласно справочнику.



Для расчета газотурбинной установки создана математическая модель в программном комплексе АС ГРЭТ [6], функциональная схема которой представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Функциональная схема расчета газотурбинного двигателя КВОУ – комплексно воздухоочистительное устройство, ЭГ – электрогенератор, КС – камера сгорания, Т – турбина, КУ – котел-утилизатор, ДТ – дымовая труба

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 3.

Табл. 3

Влияние изменения состава топливного влияют на характеристики ГТУ

Компонент	Водород	Природный газ
Температура на входе в двигатель, К	288,15	288,15
Давление на входе в двигатель, МПа	0,1013	0,1013
КПД, %	37,61	35,15
Мощность, кВт	77000	77000
Суммарный расход воздуха на входе в двигатель, кг/с	192,019	213,22
Суммарный часовой расход топлива, кг/ч	6359,24	16890,21

По итогам исследования можно сделать следующие выводы.

1. Топливный газ должен быть подготовлен (очищен, осушен) перед сжиганием в камере сгорания газовой турбины.
2. Использование водородного топлива требует изменения системы подготовки топлива, т. к. расход топлива сократился в 2,65 раза, при этом эффективный КПД увеличился на 2,46%.
3. Использование водорода в качестве топлива способно решить проблему качества окружающего воздуха.

### **Список используемых источников**

1. Марьин Г.Е., Сопина Ю.В. Применение технологий нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в цикле ТЭС / Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2021. С. 252-256.
2. Kayfeci M., Keçebaş A., Bayat M. Hydrogen Production // Solar Hydrogen Production: Processes, Systems and Technologies. Academic Press, 2019. P. 45–83. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814853-2.00003-5>
3. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 84-92.
4. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Савина М.В. Добавление водорода к топливному газу для повышения энергетических характеристик газотурбинных установок // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. Т. 25. № 3 (158). С. 342-355.
5. Марьин Г.Е., Менделеев Д.И., Осипов Б.М. Определение оптимальной мощности парогазовой установки при глубокой разгрузке // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Материалы 92-го заседания Международного научного семинара им. Ю.Н. Руденко. Ответственный редактор Н.И. Воропай. 2020. С. 264-269.
6. Титов А.В., Осипов Б.М. Инструментальная среда для исследования газотурбинных установок на математических моделях // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 4 (36). С. 17-21.

# КЛЮЧЕВЫЕ СОБЫТИЯ В СЕВЕРОАМЕРИКАНСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛЯХ В 2021 Г.

*Мифтахов А.Р. – студент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

*Рахматуллин С.С. – студент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

## **Аннотация**

В данной работе, основанной на анализе информационных источников, с целью освещения ряда актуальных новостей мира электроэнергетики и транспортно-логистической составляющей цепей поставок североамериканского континента, предпринимается попытка представления соответствующих тематическому полю ключевых событий 2021 г.

**Введение.** В 2021 г. в США в сфере современных электроэнергетических решений наблюдалось активное экономико-техническое и технологическое развитие: были достигнуты ежегодные рекорды по количеству установок фотоэлектрических систем, а также существенные показатели по установкам в ветроэнергетическом, энергонакопительном и инновационном экологически чистом секторах. Несмотря на это, трудности с транспортной логистикой в цепочках поставок стали потенциальной проблемой для всех глобальных участников электроэнергетической отрасли в 2021 г. Особенно существенно они оказали негативное финансовое и сырьевое влияние на североамериканские компании, нуждавшиеся как в полупроводниковых и электронных материалах, так и во многих других, лишь косвенно связанных или вовсе не связанных с промышленным производством в области электроэнергетики. Наиболее масштабные события в обозначенном исследовательском направлении присутствовали в 2021 г. в сфере атомной и ядерной электроэнергетики. Это и новые пути коммерциализации технологий высокотемпературных реакторов, охлаждаемых фтористыми солями, и строительство быстрого реактора с натриевым охлаждением и системой хранения энергии, работающих с ВИЭ, а также финансирование разработки четырехблочной демонстрационной установки со специализированным галечным топливом на основе урана. В данной работе, основанной на анализе авторитетных информационных источников, с целью освещения ряда актуальных новостей мира электроэнергетики и транспортной

логистики в цепях поставок североамериканского континента, предпринимается попытка представления научному сообществу соответствующих тематическому полю ключевых событий, произошедших и наиболее значимых в 2021 г.

### **1. Активное развитие ВИЭ и накопительной энергетики в США**

По мнению исследователей, солнечно-энергетическая индустрия США в 2022 г. продолжит достигать ежегодные рекорды по количеству установленных фотоэлектрических систем. Это продолжится до 2024 г., когда национальный инвестиционный налоговый кредит на солнечную энергию будет временно отменен для жилого сектора, а также снижен до постоянного десятипроцентного кредита для установок коммерческих предприятий. Компания Wood Mackenzie прогнозирует до 2026 г. ежегодный ввод 29 ГВт новых солнечно-энергетических мощностей, что намного меньше 80 ГВт, ранее планируемых ассоциацией ESIA для достижения поставленных до 2035 г. Байденом целей в области экологически чистой энергетики [11].

В 2021 г. в США наблюдался заметный рост установок ветроэнергетики. Американская ассоциация экологически чистой энергетики (АСР) сообщила, что к сентябрю в отрасли появилось 37 проектов в 18 штатах общей мощностью 7248 МВт, что на 15% больше, чем за первые три квартала предыдущего года. Тем не менее объем ветряных проектов, введенных в эксплуатацию непосредственно в третьем квартале, был ниже, чем в первом и втором кварталах, и ниже, чем в третьем квартале в последние годы в стране в целом. По словам представителей АСР, это связано с тем, что проекты, которые изначально планировалось ввести в эксплуатацию в третьем квартале, были перенесены на более поздний срок, в некоторых случаях из-за транспортно-логистических проблем с цепочкой поставок, которые продолжаются и сегодня, а также, как ожидается, еще будут наблюдаться в рассматриваемой отрасли в ближайшей перспективе, а именно в первые месяцы 2022 г. [1].

При этом, сегодня морская ветроэнергетика занимает все более заметное место в США: на ее долю к концу 2021 г. приходилось 36% ветровой электроэнергетики, или 14227 МВт мощности, запланированных к установке и вводу. К примеру, 18 ноября 2021 г. на пляже Ковеллс в Барнстейбле, штат Массачусетс, состоялась торжественная церемония закладки фундамента Vineyard Wind 1 – первой морской ветряной электростанции коммерческого масштаба, которая будет построена в США. Два кабеля от проекта мощностью 800 МВт,

расположенного в 15 милях от побережья острова Мартас-Винъярд подключатся к сети на подстанции, установленной на мысе Код [7].

Однако наиболее впечатляющий рост происходит в США в сфере хранения энергии. По данным АСР, за первые девять месяцев 2021 г. в США было введено 1283 МВт мощностей накопителей энергии – на 243% больше, чем в прошлом году. Кроме того, мощность накопителей энергии увеличилась на 4096 МВт·ч, что более чем в два раза превышает мощность, доступную в стране девятью месяцами ранее. Ожидается, что в 2022 г. солнечная энергия будет лидировать по приросту энерго мощностей. Американские инсайдеры сообщают, что гибридные солнечно-накопительные энергетические проекты сегодня развиваются активными темпами. Джейсон Уоллер, основатель и гендиректор Powerhome Solar, которая ведет бизнес в 15 штатах, устанавливая солнечные системы на крышах частных жилых домов и аккумуляторные системы хранения, поделился, что 98% всех устанавливаемых его компанией солнечных панелей включают в себя и аккумуляторные системы хранения. По данным АСР на конец осени 2021 г. в разработке находилось более 22500 МВт соответствующих гибридных проектов, большая часть которых состояла из солнечно-накопительных энергетических систем.

Солнечные проекты занимают наибольшую долю в развитии экологически чистой энергии в США. На сегодняшний день в очереди на ввод мощностей находится 59590 МВт, что составляет 54% от общего объема разрабатываемых 447 проектов в 46 штатах в этом направлении. При этом Техас занимает лидирующую позицию – на него приходится около пятой части активности в отрасли экологически чистого развития энергетики. Помимо этого, Техас также лидирует в США по количеству разрабатываемых наземных ветряных проектов (также пятая часть от общего количества) [10].

Международное энергетическое агентство (МЭА) сообщает, что в 2021 г. в мире было введено в сеть около 270 ГВт мощности экологически чистых возобновляемых источников энергии. Однако это на 8 ГВт меньше, чем в 2020 г. По прогнозам МЭА, в 2022 г. в мире будет введено 280 ГВт обозначенных мощностей, что станет глобальным рекордом. При этом предполагается, что в 2022 г. на солнечные проекты придется около 55% всех введенных в мире мощностей ВИЭ [7].

## 2. Проблемы с цепями поставок и транспортной логистикой

Трудности с транспортной логистикой в цепочках поставок стали потенциальной проблемой для всех участников энергетической отрасли в 2021 г. SEIA сообщила, что ограничения в цепях поставок с начала второго квартала 2021 г. приводят к росту цен во всех сегментах рынка солнечной энергетики. По данным SEIA, наибольший ценовой подъем составил около 6% в годовом исчислении и, ожидается, что в 2022 г. цены, в том числе и на транспортную логистику, в сфере солнечной энергии будут только расти. Так, упомянутой компании Powerhome Solar, по словам ее представителей, пришлось перейти на закупку материалов американского производства по причине возникших проблем с зарубежными поставщиками поликристаллических панелей и их транспортными системами [12].

Однако проблемы с глобальной логистикой в цепях поставок сегодня затрагивают не только отрасль солнечных панелей. Так, цепочка поставок полупроводниковых пластин и электроники жизненно важна для многих электроэнергетических систем и является связующим звеном последних. По словам Шива Таскера, руководителя направления полупроводников и электроники компании Cargemini Engineering, если производителю не будет хватать всего одного небольшого элемента, необходимого для создания продукта или товара, это может привести к остановке всей производственной линии на неопределенный срок, что и наблюдается сегодня в цепях поставок электроники и транспортно-логистическом секторе полупроводниковых материалов [3].

«Практически во всем мире сейчас не хватает сырья, рабочих и транспорта. Так что это новый вызов современных реалий», – сообщает ЛаМарр Барнс, генеральный директор компании Kurita America, мирового лидера на рынке промышленных водных и технологических решений, включая технологии по водоподготовке для энергетической промышленности. «Сегодня многие ключевые химические вещества становится очень трудно найти, а если это получится сделать, то цена за них и соответствующую транспортную логистику будет сильно завышена. В настоящее время особенно в дефиците такие товары, как желтый фосфор из Китая, который используется для производства органического фосфора и полифосфатов, часто применяющихся в охлаждающей воде. Это вынуждает крупных потребителей рассматривать альтернативные технологии или сокращать использование традиционных, что приводит к увеличению потребления воды. Ситуация с грузоперевозками также сложная. На каждый грузовик на дороге

приходится от четырех до пяти свободных и незагруженных, что означает, что в целом все доставляется дольше. Это замедляет поступление сырья и соответствующие поставки клиентам», – добавил Барнс [7].

Вообще говоря, многие замедления в цепи поставок напрямую связаны с нехваткой водителей грузовиков. По одной из оценок американской лаборатории, в автотранспортной отрасли США не хватает около 80 000 водителей, что исторически является рекордно высоким негативным показателем [9].

### **3. Новые ядерные электроэнергетические проекты**

Немногим более десяти лет назад казалось, что атомная электроэнергетическая отрасль движется к возрождению. Заказывались новые совершенствующиеся с каждым годом ядерные блоки, что подкрепляло оптимизм инвесторов и производителей. Затем всевозможные задержки и перерасход средств стали отрицательно сказываться на ядерных проектах, а катастрофа на АЭС «Фукусима» в 2011 г. полностью сорвала энергетические планы в обозначенном направлении. Однако в последнее время в атомной электроэнергетической отрасли вновь наблюдается большая активность. 2021 г. не стал исключением и характеризовался соответствующими масштабными событиями [5].

Так, 2 декабря компания Ontario Power Generation (OPG) объявила о своем решении использовать технологию малого модульного реактора (SMR) BWRX-300 компании GE Hitachi Nuclear Energy (GEN) для нового проекта – строительства атомной электростанции Дарлингтон в Онтарио, Канада. Компания GEN была выбрана вместо конкурентов X-energy и Terrestrial Energy – крупнейших в мире игроков в электроэнергетической отрасли. OPG заявила, что будет сотрудничать с GEN в области инжиниринга, проектирования, планирования, подготовки материалов для лицензирования и получения разрешений, а также выполнения работ по подготовке площадки, с общей целью построить первый в Канаде коммерческий сетевой малый модульный реактор, строительство которого планируется завершить в 2028 г. [2].

Еще одним признаком прогресса в обозначенной отрасли стало официальное принятие Комиссией по ядерному регулированию США (NRC) заявки компании Kairos Power на получение разрешения на строительство демонстрационного реактора малой мощности Hermes, который будет построен на площадке Центра наследия технопарка Восточного Теннесси в Ок-Ридже, штат Теннесси. Это объявление означает, что NRC подтвердила достаточность объема и глубины

информации, предложенной в заявке, для проведения планируемого подробного технического анализа [6].

Компания Kairos Power заявила, что демонстрационный реактор Hermes станет ключевым шагом на пути к коммерциализации технологии высокотемпературных реакторов, охлаждаемых фтористыми солями. Ожидается, что демонстрация оборудования Hermes поможет установить определенность затрат и подтвердить подход к лицензированию будущих коммерческих реакторов. По данным Министерства энергетики США (DOE), которое выделило 303 млн долларов на финансирование проекта в течение семи лет в рамках программы демонстрации передовых реакторов (ARDP), ожидается, что Hermes будет введен в эксплуатацию в 2026 г. [8].

Еще несколько проектов, за которыми стоит следить в ближайшие годы, включают реактор и энергетическую накопительную систему Natrium компании TerraPower и реактор Xe-100 компании X-energy.

TerraPower в сотрудничестве с GEH, Bechtel и Energy Northwest разрабатывает Natrium, быстрый ядерный реактор мощностью 345 МВт с натриевым охлаждением, объединенный с системой хранения энергии в расплавленной соли, которая может стабильно работать с ВИЭ. Тем временем, компания X-energy сотрудничает с Energy Northwest и Burns & McDonnell в разработке реактора Xe-100 и специализированного галечного топлива на основе урана. Четырехблочная демонстрационная установка мощностью 320 МВт будет использовать высокотемпературный гелиевый газ для более эффективного производства тепла и электроэнергии. Здесь планируется применение частичного топлива TRi-structural ISotropic (TRISO), которое называют «самым надежным ядерным топливом на Земле». Оба проекта получили финансирование по программе ARDP в октябре 2020 года. DOE планирует инвестировать в них в общей сложности 3,2 млрд долларов США, при условии выделения Конгрессом будущих ассигнований на то, чтобы эти реакторы были введены в эксплуатацию в течение ближайших семи лет [4].

#### **Список используемых источников**

1. Clean Power Quarterly 2021 Q3 / American Clean Power. 2021. [Электронный ресурс]. URL: [https://cleanpower.org/wp-content/uploads/2021/10/CPQ\\_3Q21\\_PUBLIC.pdf](https://cleanpower.org/wp-content/uploads/2021/10/CPQ_3Q21_PUBLIC.pdf) (дата обращения: 09.01.2022 г.).



2. Darlington Nuclear Plant Will Get a BWRX-300 SMR as GE Hitachi Bags Lucrative OPG Selection / Power. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.powermag.com/darlington-nuclear-plant-will-get-a-bwrx-300-smr-as-ge-hitachi-bags-lucrative-opg-selection/> (дата обращения: 06.01.2022 г.).
3. Does your energy company feel like it's operating on the edge? For the first time, that might actually be a good thing / Capgemini. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.capgemini.com/industry/utilities/> (дата обращения: 08.01.2022 г.).
4. Final DOE Advanced Reactor Demonstration Awards Announced / Power. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.powermag.com/final-doe-advanced-reactor-demonstration-awards-announced/> (дата обращения: 08.01.2022 г.).
5. Fukushima disaster: What happened at the nuclear plant? / BBC. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bbc.com/news/world-asia-56252695> (дата обращения: 09.01.2022 г.).
6. NRC Accepts Application for Kairos Pebble-Bed Reactor Construction Permit / Power. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.powermag.com/nrc-accepts-application-for-kairos-pebble-bed-reactor-construction-permit/> (дата обращения: 10.01.2022 г.).
7. Optimism Is Warranted in the Power Industry in 2022 and Beyond / Power. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.powermag.com/optimism-is-warranted-in-the-power-industry-in-2022-and-beyond/> (дата обращения: 11.01.2022 г.).
8. Progress on Kairos Power's Advanced Nuclear Reactor Demonstration Project / Power. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.powermag.com/progress-on-kairos-powers-advanced-nuclear-reactor-demonstration-project/> (дата обращения: 12.01.2022 г.).
9. Record High': Biden's Supply Chain Crisis Is Short 80,000 Truck Drivers / Breitbart. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.breitbart.com/economy/2021/10/20/record-high-bidens-supply-chain-crisis-is-short-80000-truck-drivers/> (дата обращения: 12.01.2022 г.).
10. Rooftop Solar and Energy Storage Are Not Republican or Democrat, They're American / Power. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.powermag.com/rooftop-solar-and-energy-storage-are-not-republican-or-democrat-theyre-american/> (дата обращения: 10.01.2022 г.).

11. Solar Market Insight Report 2021 Q3 / SEIA. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.seia.org/research-resources/solar-market-insight-report-2021-q3> (дата обращения: 11.01.2022 г.).

12. Solar Supply Chain Traceability Protocol / SEIA. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.seia.org/research-resources/solar-supply-chain-traceability-protocol> (дата обращения: 09.01.2022 г.).

## **ВЫБОР КОНТРОЛИРУЕМОГО ПАРАМЕТРА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБМОТКИ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЯХ**

*Молчан А.М. – аспирант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»*

*Ткачёв А.Н. – к.т.н., доцент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»*

*Гусейнов Р.Т. – к.т.н., старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»*

*Новик И.В. – старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»*

### **Аннотация**

Ресурс погружного электродвигателя в первую очередь зависит от работоспособности его обмотки и упорного подшипникового узла. В работе рассматриваются контролируемые параметры технического состояния обмотки погружных электродвигателей при контрольных испытаниях. К контролируемым параметрам технического состояния погружных электродвигателей при постоянном напряжении относятся: для обмотки – сопротивление изоляции, коэффициент абсорбции и приращение тока сквозной проводимости.

**Введение.** Около четверти асинхронных электродвигателей, выпущенных в нашей стране, нашли свое применение в сельскохозяйственном производстве. Пятая часть этих электродвигателей ежегодно отправляется в капитальный ремонт. Главной задачей капитального ремонта заключается в восстановлении важнейших технических характеристик. Заключительным этапом капитального ремонта являются контрольные испытания на проверку соответствия их качества техническим требованиям на этот ремонт. По техническим требованиям на капитальный ремонт погружные электродвигатели, отремонтированные в полном

соответствии с этими требованиями, должны обеспечить ресурс не менее 80% ресурса новых электродвигателей при соблюдении правил эксплуатации и технического обслуживания [3 – 16].

**Методы исследования.** Анализ известных способов диагностики изоляции электродвигателей при включении на постоянном напряжении.

**Экспериментальная часть.** Параметр состояния обмотки строился на схеме замещения твердого диэлектрика. При его включении под переменное напряжение состояние обмотки можно определить способом емкость-частота, по частичным разрядам, по значению диэлектрических потерь и др. При включении на постоянном напряжении – по значению сопротивления изоляции, коэффициента абсорбции, тока сквозной проводимости [1 – 16].

**Результаты и их обсуждение.** Для выбора контролируемого параметра технического состояния обмотки кратко рассмотрим схему замещения твердого диэлектрика, включенного под постоянное напряжение. Упрощенный вид схемы замещения представлен на рисунке 1, из которого следует, что через диэлектрик при приложении к нему электрического поля протекают токи. Ток смещения  $I_c$  он кратковременный  $10^{-15} - 10^{-13}$  с, его обычно не удастся измерить электроизмерительными приборами. Ток смещения  $I_a$  при замедленной поляризации и повороте дипольных молекул, фиксируемый у большинства технических диэлектриков. При включении диэлектрика под постоянное напряжение токи абсорбции, то есть токи дипольной поляризации, имеют место только при включении и отключении напряжения. Ток сквозной проводимости  $I_{ск}$ , вызванный присутствием свободных зарядов из-за наличия в технических диэлектриках различных примесей, дефектов строения и воздействия окружающей среды [1, 2]. При постоянном напряжении выяснено, что ток абсорбции нестабильный, ток сквозной проводимости сохраняет постоянное значение. Ток смещения электронной и ионной поляризации ввиду своей кратковременности в дальнейшем учитываться не будет.

Сопротивление изоляции связано с величиной тока сквозной проводимости, и оно находится с помощью выражения

$$R_c = \frac{U}{(I - I_a)}, \quad (1)$$

где  $U$  – приложенное напряжение.

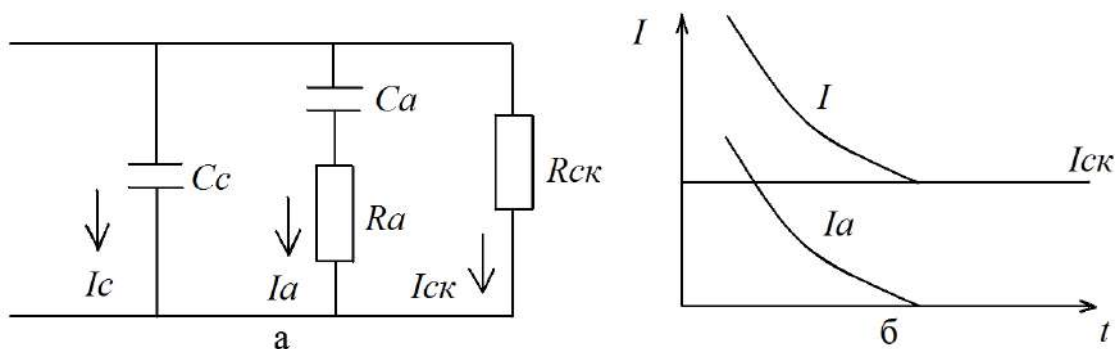


Рис. 1. Схема замещения изоляции (а),  
диаграмма токов, протекающих через изоляцию (б)

На основании схемы замещения можно сказать, что качество изоляции определяется токами сквозной проводимости. В связи с этим в качестве диагностических параметров изоляции можно использовать: сопротивление изоляции, коэффициент абсорбции, и ток сквозной проводимости [1, 2].

Сопротивление изоляции электродвигателей на напряжения до 380 В измеряется мегомметром напряжением 500 В, от 0,4 до 1 кВ – мегомметром напряжением 1000 В, свыше 1 кВ – мегомметром напряжением 2500 В. К измеряемому сопротивлению изоляции относятся сопротивления между фазами и между фазами и корпусом.

Согласно [1, 2] допустимое сопротивление изоляции электродвигателя мощностью  $P_{ном}$  (кВт) и напряжением от 1000 В и выше находится из выражения

$$R = \frac{U_{ном}}{1000 + 0.01 P_{ном}}, \quad (2)$$

где  $U_{ном}$  – номинальное линейное напряжение, В.

Норма сопротивления изоляции электродвигателя в горячем состоянии составляет 0,5 МОм, в холодном 1 МОм.

Опыт эксплуатации показывает, что параметр сопротивления изоляции целесообразно использовать для влажных помещений. Однако некоторые виды электрооборудования, включая погружные электродвигатели, используют влагостойкую изоляцию, на сопротивление которой влага не влияет. В остальных случаях этот параметр выявляет только грубые дефекты типа металлических замыканий [2].

Коэффициент абсорбции изоляции электрооборудования определяется с помощью мегомметра путем измерения сопротивления изоляции через определенное время. При этом определяют  $R_{t2}/R_{t1}$ , которое называется

коэффициентом абсорбции. Обычно значения  $t_1=15$  с. и  $t_2=60$  с. В случае, когда  $R_{60}/R_{15} > 1,3$  считают, что изоляция сухая. Если  $R_{60}/R_{15} \leq 1,3$  изоляция является влажной. Это объясняется тем, что для сухой изоляции суммарный ток утечки снижается по крутой характеристике. Для влажной изоляции наоборот – по пологой.

Данный параметр главным образом служит для оценки состояния изоляции обмоток высоковольтных силовых трансформаторов и высоковольтных электродвигателей путем определения наличия увлажнения этих обмоток [1, 2].

Ток сквозной проводимости, являющийся постоянной составляющей тока утечки, для исправной изоляции изменяется пропорционально прикладываемому напряжению. Ток сквозной проводимости может быть объемным, протекающим через объем диэлектрика, и поверхностным, протекающим по поверхности твёрдого диэлектрика. Появление местных дефектов влечет в них образование зарядов электрического тока, сопротивление изоляции при этом понижается. Степень развития дефекта изоляции проявляется с увеличением напряжения. Вследствие этого неисправная изоляция имеет нелинейную вольт-амперную характеристику.

Диагностику изоляции по току сквозной проводимости можно проводить двумя методами. При первом методе повышают напряжение выше номинального до рекомендуемого значения  $U_1$  и при этом значении производится измерение тока сквозной проводимости. Для исправленного электродвигателя его величина не должна быть выше допустимого значения. Второй метод предполагает измерение тока сквозной проводимости при повышенных рекомендуемых напряжениях  $U_1$  и  $U_2$  ( $U_2 > U_1$ ), при этом относительное приращение токов должно быть не более 0,9 [1, 2].

Ток сквозной проводимости зависит от габаритов электродвигателя, поэтому по его значению трудно судить о неисправности изоляции. С другой стороны, измеренное значение тока сквозной проводимости при использовании первого метода не даёт оценку зависимости вольт-амперной характеристики. Нелинейность вольт-амперной характеристики может оценить второй метод определения тока сквозной проводимости, который предусматривает определение относительного приращения тока утечки при изменении прикладываемого напряжения.

**Выводы.** Таким образом, проведённый в настоящей работе анализ позволил выбрать параметр технического состояния обмотки, возможные для использования

при диагностике погружных электродвигателей. К этим параметрам относятся: для обмотки – приращение тока сквозной проводимости.

### **Список используемых источников**

1. Богородинский Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электроизоляционные материалы. Л.: Энергоатомиздат, 1985. 304 с.
2. Ерошенко Г.П. Кондратьева Н.П. Эксплуатация электрооборудования. М.: ИНФА-М, 2014. 336 с.
3. Bench-scale tests aimed at finding rate and acceleration of wear determining service life of thrust bearing in submersible electric motor. Butorin V.A., Tsarev I.B., Guseynov R.T. В сборнике: Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham, 2020. С. 1089-1095.
4. Саплин Л.А., Буторин В.А., Гусейнов Р.Т., Царев И.Б. Параметры распределения ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов // АПК России. 2020. Т. 27. № 1. С. 130-134.
5. Буторин В.А., Саплин Л.А., Царев И.Б., Гусейнов Р.Т. Оценка параметра начальной скорости изнашивания модели долговечности упорного подшипникового узла погружных электродвигателей // АПК России. 2019. Т. 26. № 5. С. 801-805.
6. Буторин В.А., Царев И.Б., Гусейнов Р.Т. Оценка ресурса упорного подшипникового узла погружного электродвигателя // АПК России. 2017. Т. 24. № 5. С. 1152-1156.
7. Буторин В.А., Царев И.Б., Гусейнов Р.Т. Теоретическое обоснование ресурса упорного подшипникового узла погружного электродвигателя // АПК России. 2017. Т. 24. № 5. С. 1157-1160.
8. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т. Устройство крепления вибродатчика к погружному электродвигателю для оценки технического состояния подшипниковых узлов // Агропромышленная политика России. 2015. № 1 (37). С. 68-70.
9. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т. Разработка электрической схемы для проведения ресурсных испытаний упорного подшипникового узла погружного электродвигателя // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 3. С. 46-49.

10. Разработка испытательного стенда для проведения ресурсных испытаний упорного подшипника погружного электродвигателя марки ПЭДВ. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т. // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2014. № 2 (30). С. 64-68.

11. Герасимова М.Н., Логинов А.Ю., Потапов В.В. Анализ неисправностей центробежных насосов теплоисточников ЗАО «Байкалэнерго» // Вестник ИрГСХА. 2017. № 80. С. 78-82.

12. Герасимова М.Н., Логинов А.Ю. Оценка технического состояния центробежного насоса по комплексному показателю // Вестник ИрГСХА. 2017. № 81-1. С. 96-102.

13. Боннет В.В., Логинов А.Ю., Потапов В.В. Определение оптимального уровня технического состояния асинхронного двигателя // Вестник КрасГАУ. 2012. № 8 (71). С. 163-166.

14. Синельников А.М., Логинов А.Ю. Моделирование процесса пуска асинхронного электродвигателя // Вестник ИрГСХА. 2012. № 49. С. 108-112.

15. Gritsenko A., Kukov S., Glemba K. Theoretical underpinning of diagnosing the cylinder group during motoring // Procedia Engineering 2. Ser. "2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016". 2016. С. 1182–1187.

16. Власов Д.Б., Гриценко А.В. Диагностирование электрических насосов автомобилей // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4–1 (15–1). С. 176–180.

## ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО КОММУТАЦИОННОГО РЕСУРСА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

*Нургатин И.М. – магистрант, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

### Аннотация

Дана оценка зависимости допустимого числа отключения высоковольтных выключателей от уровней отключаемого тока. Описаны интегральные зависимости распределения относительных токов короткого замыкания в сети, номинальных токов отключения выключателей, распределения длин воздушных линий.

На сегодняшний день сложилась ситуация, при которой применение элегазовых выключателей с пружинными приводами от крупных производителей, стало широко распространённым явлением, как при новом строительстве подстанций, так и при их реконструкции. Ошибки в расчёте остаточного ресурса могут повысить стоимость эксплуатации оборудования из-за избыточных ремонтов оборудования, либо, что значительно, к аварийным ситуациям вследствие ошибочного пропуска устройств в критичном состоянии. При решении вопросов выбора схем распределительных устройств, выключателей, планирования их ремонтов, построения систем диагностики необходимо знать механический и коммутационный ресурс выключателей.

Вместе с тем следует отметить, что ремонтное и эксплуатационное обслуживание моделей имеет свои особенности. Для данных выключателей принято нормировать механический и коммутационный ресурсы.

Под понятием «коммутационный ресурс выключателя» в данной работе принято допустимое для каждого полюса коммутационного аппарата количество операций отключения и включения при токах короткого замыкания (КЗ)  $I_K$  и при токах нагрузки  $I_{ном}$  без диагностики или ремонта дугогасительной камеры. Минимальные требования к ресурсу отражены в эксплуатационных документах и паспортах выключателей. В свою очередь, требования государственного стандарта ГОСТ Р 52565-2006 для элегазовых выключателей устанавливает допустимое число отключений  $n_{откл}$  при номинальном токе отключения  $I_{откл.ном}$ , равным 31,5; 40; 50 и 63 кА, на уровне не менее 20; 15; 12 и 8 соответственно. Минимально допустимое число срабатываний при токе, соответствующему  $I_{откл.ном}$ , установлено на значении не менее 50% от допустимого  $n_{откл}$  при этом же токе.



С точки зрения разумных требований к послеаварийным режимам работы подстанций, не следует вообще применять обходную систему сборных шин. В первую очередь, с экономической точки зрения потери электроэнергии на простой ячеек 110-220 кВ до двух порядков ниже, чем при их плановых ремонтных работах. В работе [1] показано, что параметр потока отказов указанных выключателей колеблется на уровне 0,02-0,15 1/год при среднем времени восстановления 25-42 ч. Следовательно среднегодовой простой этих ячейки из-за их отказа можно оценить на уровне 0,5-6,3 ч, в пересчете на единицу оборудования. Во вторую очередь, аварийно-восстановительный ремонт выключателя присоединения, чаще всего, не приводит к недопоставки электроэнергии потребителю, так как присоединения без резервного питания в современных схемах электроснабжения практически не применяются.

В таблице 1 приведено сравнение максимальных значений коммутационных ресурс для наиболее распространенных марок российских и европейских высоковольтных выключателей с номинальными токами отключения 40 кА. Очевидна тенденция к тому, что количество возможных отключений токов КЗ элегазовыми выключателями до трех раза превышают подобные показатели для масляных и воздушных выключателей.

Табл. 1

Коммутационный ресурс различных типов выключателей

Типы выключателей	Напряжение, кВ	Ресурс циклов отключения при токах		
		$(0,6 \div 1)I_{откл.н}$	$(0,3 \div 0,6)I_{откл.н}$	$I_{откл.н}$
ВНВ (воздушные)	330-750	9	22	200
ВМТ (маломасляные)	110-220	6	17	450
ВГУ (элегазовые)	110-750	18	36	2800
ВГТ (элегазовые)	110-220	18	36	2900
ВГБ (элегазовые)	110-220	18	38	2750
ЛТВ (элегазовые)	110	18	48	5100
НРЛ (элегазовые)	220-500	18	40-55	1900-3100
РМ (элегазовые)	110-500	18	35	2200

Производители оборудования выдают графическую и числовую зависимость  $n_{откл} = f(I_{откл.н})$ . Так, на рисунке 1 приведено первое из них в логарифмическом масштабе для элегазового выключателя типа ВГБ напряжением 220 кВ с  $I_{откл.ном} = 40$  кА. Достаточно часто численная зависимость описывается в приближенном

виде как  $\sum n_{откл_i} (I_{откл_i})^m \leq K$ . Для отдельных типов элегазовых выключателей выдаются пределы в виде  $m \leq 2,0$  и  $K \leq 20000$ .

Таким образом, становится очевидным, что фактический коммутационный ресурс высоковольтных выключателей следует считать с учётом режима работы энергетической системы. Эта особенность также имеет большое значение и при выборе направления в развитии главных схем электрических станций и подстанций, и при организации ремонтно-эксплуатационного обслуживания.

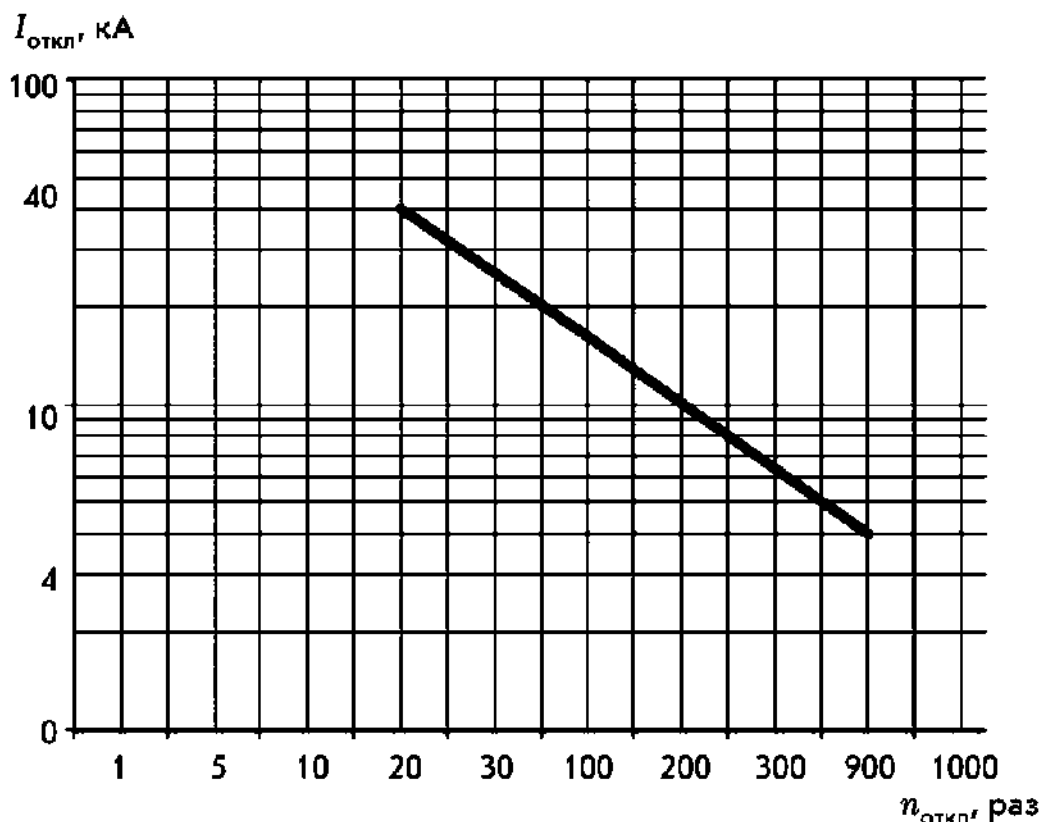


Рис.1. Зависимость допустимого числа отключений от значения тока

Легко прослеживается, что наиболее частое срабатывание коммутационного оборудования происходит на воздушных линиях электропередачи. В работе [5] проведено исследование материалов с цифровых регистраторов об отключенных токах КЗ на ВЛ напряжением от 110 до 500 кВ, отходящих от подстанций Московских электрических сетей за период в 6 лет.

По итогам проделанной работы [5] на рисунке 2 показаны интегральные распределения уровней токов КЗ на высоковольтных ВЛ (кривые 1-4 на рисунке), при этом обозначение  $n_{кз}$  соответствует количеству КЗ. Эти данные касаются достаточно длинных линий с нормальными напряжениями от 110 до 500 кВ, характерными для центрально-европейской части России.

Сравнительный анализ данных рисунков 2 и 3 показывает, что фактический уровень токов коротких замыканий в электрических сетях невелик. При этом, наибольшие токи КЗ не превосходят 24 кА, а их средние значения находятся в диапазоне 2,9-4,5 кА или 0,1-0,16 от  $I_{\text{отклном}}$  аппаратов (см. рис. 2 и 3, табл. 2).

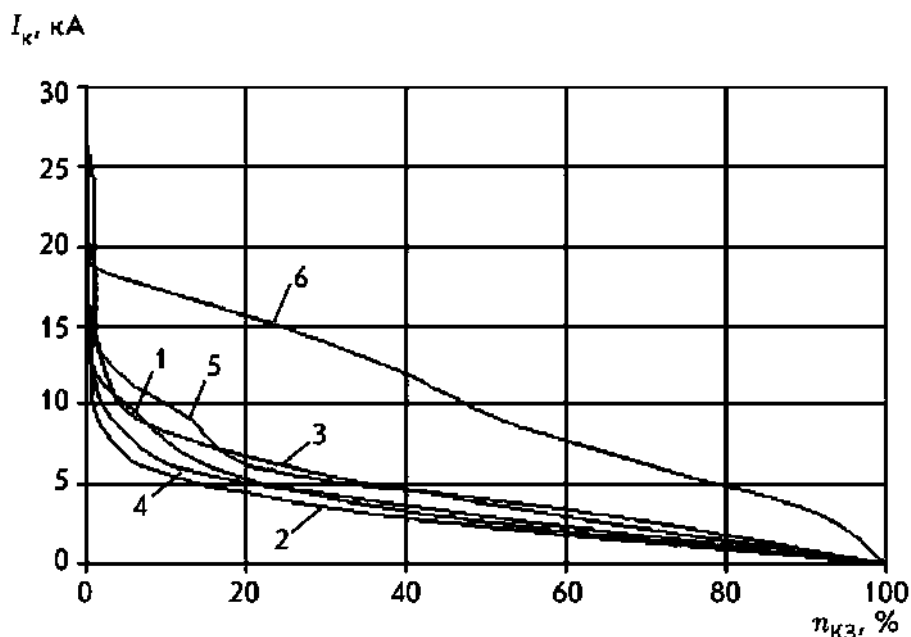


Рис. 2. Интегральное распределение токов КЗ в сети: 1 – 110 кВ; 2 – 220 кВ; 3 – 330 кВ; 4 – 500 кВ; 5 – 110 кВ; 6 – 220 кВ (линии выдачи мощности) [3]

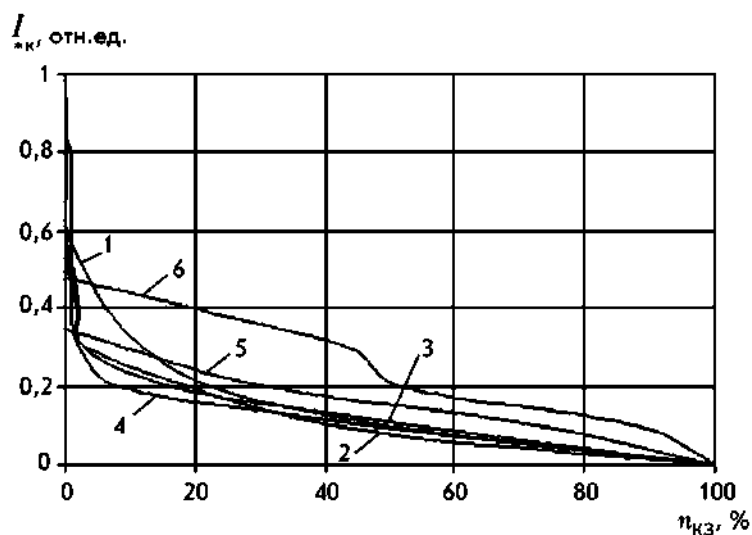


Рис. 3. Интегральное распределение относительных токов КЗ в сети (обозначения см. на рис. 2) [3]

В дополнении к анализу коммутационного ресурса выключателей получено распределения номинальных токов отключения (рис. 4), где  $n_{\text{выкл}}$  – количество аппаратов, а также длин ВЛ  $l_{\text{ВЛ}}$  (рис. 5), где  $n_{\text{ВЛ}}$  – количество ВЛ.

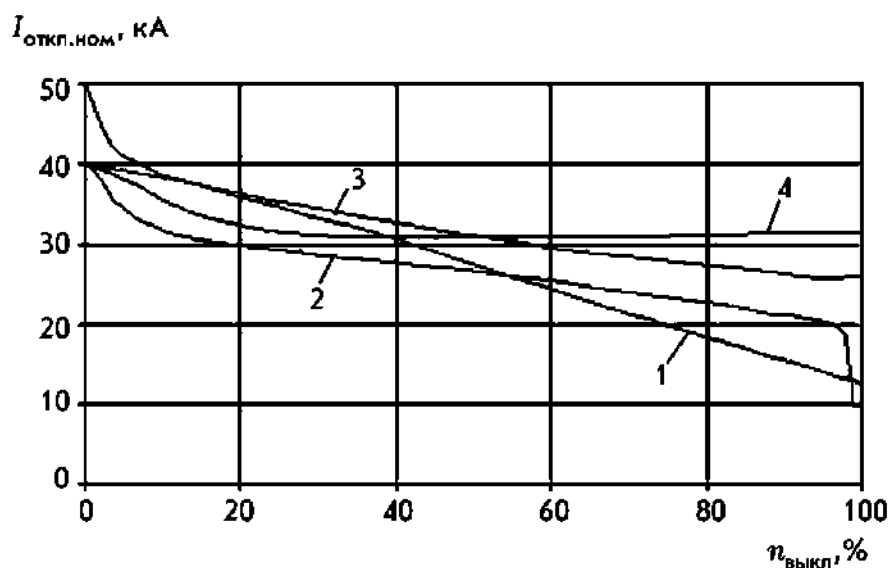


Рис. 4. Интегральное распределение номинальных токов отключения выключателей (обозначения см. на рис. 2) [3]

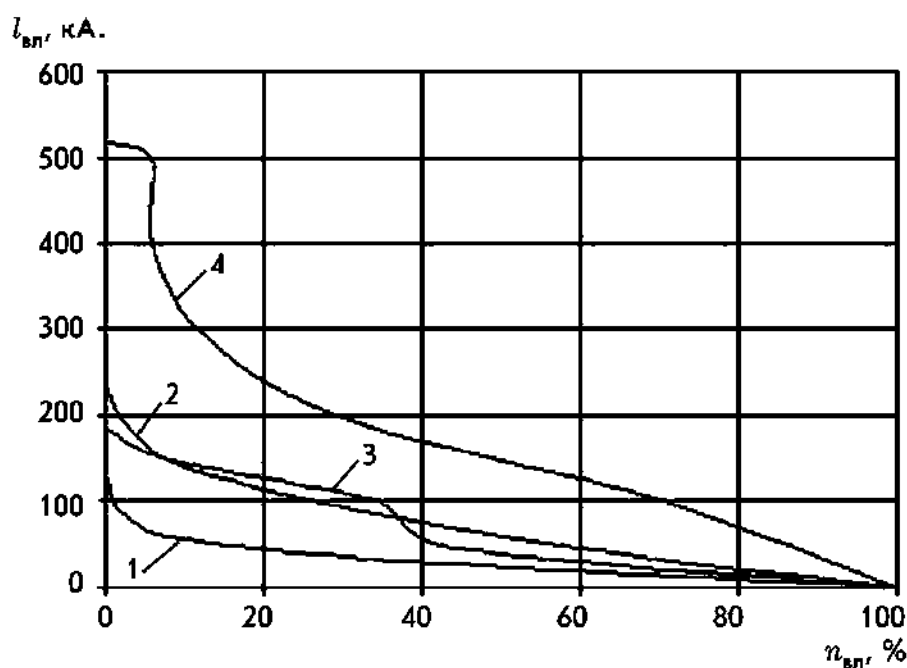


Рис. 5. Интегральное распределение длин воздушных линий (обозначения см. на рис. 2) [3]

Как видно из рисунка 4, около 1/2 парка установленных выключателей имеет номинальный ток отключения до 31,5 кА; лишь незначительное количество выключателей с  $I_{откл.ном} > 40$  кА.

## Итоговые данные уровней токов КЗ в электрических сетях [4]

Показатель	Параметр / уровень напряжения			
	110	220	330	500
Максимальное значение относительного откл. тока КЗ, отн.ед.	1,0	0,61	0,58	0,85
Среднее значение относительного отключаемого тока КЗ, отн.ед	0,15	0,11	0,13	0,12
Максимальная длина воздушной линии, км	133,7	238,2	85,7	517,3
Средняя длина воздушной линии, км	28,4	68,8	70,7	178,5
Среднее число устранимых КЗ на одной воздушной линии, 1/год	1,10	0,75	0,74	0,68
То же, но неустранимых, 1/год	0,23	0,29	0,24	0,55
Среднее число устранимых КЗ на одной ВЛ, 1/(год·100 км)	3,87	1,09	1,04	0,38
То же, но неустранимых, 1/(год·100 км)	0,81	0,42	0,33	0,31

Кроме того, в таблице 2 приведены характеристики устранимых и неустранимых коротких замыканий на ВЛ. Данные показывают (табл. 2), что количество неустранимых КЗ на ВЛ 110 кВ примерно в 5,5 раз меньше устранимых. При напряжении 500 кВ частота возникновения устранимых и неустранимых КЗ сближается.

В работе [5] отмечается, что коммутационные токи не превышающие рабочие, практически не оказывают влияния на значение коммутационного ресурса. В то же время токи, превышающие номинальные, способствуют значительной выработке. Таким образом, непосредственно по факту коммутации можно судить об изменении ресурса только в случае, если было известно значение коммутируемого тока.

Таким образом, по мнению авторов [5], возможно пренебречь точным учетом таких эксплуатационных факторов как тепловое, электрическое, механическое, химическое, атмосферное, климатическое влияния. Конечно, они также оказывают влияние на величину сработавшего и остаточного ресурсов, но степень их воздействия на возможный ресурс подвижного и неподвижного контактов пренебрежимо мала по сравнению с влиянием, оказываемым процессом коммутации, особенно при аварийном режиме, когда чаще всего и происходит перерасходование ресурса выключателя.

Расчёт коммутационного ресурса высоковольтных выключателей требует учёт количества и интенсивности срабатывания неустранимых КЗ, особенно на ВЛ при использовании единократного срабатывания АПВ. Анализ рисунка 1 и таблицы 2 показывает, что для данного конкретного выключателя допустимое число

отключений может быть в десятки раз выше, что компенсирует возможные отклонения параметров от средних значений.

Следует так же отметить, что однофазные КЗ в сетях 110 кВ возникают до 30 раз чаще, чем трёхфазные, что дополнительно снижает скорость истощения коммутационного ресурса уже для отдельных полюсов.

Следует учесть, что на большинстве эксплуатируемых в настоящий момент выключателях не установлены датчики фиксирующие влияющие воздействия на величины сработанного и остаточного коммутационного ресурса. Так, например, в [4] указывается, что важными диагностическими параметрами служат длительность и интенсивность горения дуги. Отмечается, что горение дуги сопровождается мощным излучением в широком диапазоне частот, включая радио-, инфракрасные и ультрафиолетовый, а также вибрацией корпуса высоковольтного выключателя. Комбинации этих сопутствующих факторов вполне возможно использовать в качестве датчиков определения времени горения дуги, количества коммутаций, а по интенсивности этих излучений судить и о коммутируемой мощности. Однако установка датчиков (как на корпус выключателя, так и рядом с корпусом выключателя), обеспечение их электроэнергией, монтаж оборудования для организации сбора информации и последующая их эксплуатация связаны с определёнными финансовыми вложениями [5].

По ГОСТ Р 52565-2006 сработанный ресурс рассчитывается по известным значениям отключаемых токов путем округления их значений в заданных пределах отключаемых токов (30-60%, 60-100% и т. д. от номинального тока отключения выключателя). Также стандартизированы требования и к механическому ресурсу. Стандарт устанавливает их на уровне 5000-10000 циклов включение-отключение. Считается, что эти значения рассчитаны на весь срок службы выключателя.

Основным элементом выключателя, требующим обслуживания, оказывается пружинный привод. В требуемый перечень ремонтных работ по данным производителей входит только смазка базовых узлов через 15 лет эксплуатации.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод об отсутствии необходимости проведения ремонтов дугогасительных камер выключателей. В том случае, если техническое обслуживание аппаратов с открытием дугогасительной камеры все же потребуется, то безопасность работ и ремонтного персонала можно обеспечить устанавливаемыми вручную переключателями [3].

Выполненный в работе анализ показывает, что в сетях высокого и сверхвысокого напряжения абсолютное большинство современного

коммутационного оборудования, включая элегазовые выключатели с пружинным приводом, не смогут выработать свой коммутационный и механические ресурсы в течение срока службы, установленного производителем.

### **Список используемых источников**

1. Матвеевский В.Р. Надежность технических систем. Учебное пособие – Московский государственный институт электроники и математики. М., 2002. 113 с.
2. Bosma A., Schreurs E. Cost optimization versus function and reliability of HV AC circuit-breakers // CIGRE. 2000. Pap. 13–101.
3. Reliability and electrical stress survey on high voltage circuit breaker in Japan / Y. Nakada, J. Kida, I. Takagi etc. // CIGRE. 2006. Pap. A3 205.
4. Applications of disconnecting circuit-breakers / P-O. Anderson, H-E. Olovsson, B. Franzen etc. // CIGRE. 2004. Pap. A3–201.
5. Балаков Ю.Н., Шунтов А.В. О фактическом коммутационном ресурсе выключателей // Энергобезопасность и энергосбережение. 2009. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-fakticheskom-kommutatsionnom-resurse-vyklyuchateley> (дата обращения: 10.01.2022 г.).

## **БИЗНЕС-АРГУМЕНТЫ В ПОЛЬЗУ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ**

*Опалько Е.Ю. – магистрант, БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»*

### **Аннотация**

Актуальность исследования обусловлена тем, что переход к возобновляемым источникам энергии – неизбежный этап эволюции в сфере энергетики. В статье представлены экологические аспекты, отражающие самые современные технологии генерации, которые сегодня представлены. Практическая значимость исследования заключается в том, что приводит к пониманию того, что энергетика многое предопределяет, и решает многие проблемы человечества, поскольку для перехода к низкоуглеродной экономике требуется осознанный подход и взаимодействие игроков всех отраслей.

В последние годы главным пунктом в повестке большинства руководителей была цифровая трансформация бизнеса. Стремительно развивающиеся технологии спровоцировали перемены в поведении потребителей. Появились новые бизнес-

модели, перестроились внутренние организационные процессы. Цифровизация сегодня не вопрос выбора, а условие выживания компании. Подобно технологиям десять лет назад, новым драйвером трансформации бизнеса стал ценностный сдвиг в обществе.

В новых условиях ключевая задача бизнеса – понять, каким образом можно содействовать достижению целей в области устойчивого развития (в частности экологических) через основную деятельность. Идея во многом базируется на концепции создания общей ценности Майкла Портера и Марка Креймера [3]. Согласно авторам, компания должна вести операции так, чтобы повышать свою конкурентоспособность, одновременно улучшая экономические и социальные условия сообществ, в которых она ведет свою деятельность.

Переход к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) – неизбежный этап эволюции в сфере энергетики. Он вызван экологическими аспектами, а также необходимостью обеспечить доступ к самым современным технологиям генерации, которые сегодня представлены в ВИЭ [2, 5]. Кроме того, электростанции, работающие от возобновляемых источников, можно успешно использовать даже в тех местах жизнедеятельности, которые отрезаны от общей энергосистемы. Последние два аспекта относятся к обеспечению энергобезопасности страны.

С экологической точки зрения потребность в ВИЭ продиктована изменением климата, вызывающим повышение температуры во всем мире. Это, в свою очередь, ведет к ряду необратимых для человечества последствий, среди которых глобальное повышение уровня моря, уменьшение площади ледяного покрова в Арктике, истощение источников пресной воды и другие. Важность перехода подтверждают международные документы, такие как Парижское соглашение и Повестка дня в области устойчивого развития ООН [1, 6].

Не стоит забывать и о том, что запасы природных ископаемых для генерации электроэнергии ограничены, в то время как возобновляемые источники неисчерпаемы. Но помимо доводов из области экологии и энергобезопасности, ВИЭ привлекательны для бизнеса по многим причинам.

#### *Бизнес-аргументы в пользу ВИЭ*

Во многих странах при конкурентном отборе мощности «зеленая» генерация уже сегодня легко конкурирует с традиционной, и все больше генерирующих компаний принимаются за строительство объектов ВИЭ. Солнечная, ветряная и геотермальная энергетика доказали свою конкурентоспособность. Преимущество



того или иного вида возобновляемой генерации во многом зависит от наличия ресурса, стоимости углеводородов и инфраструктуры, то есть в каждой отдельной стране ВИЭ развиваются по-разному (где-то более успешна солнечная генерация, где-то – ветряная). Энергия приливов и волн имеет огромный потенциал, но пока что в более отдаленной перспективе.

В последнее время инвестиционные потоки значительно смещаются в сторону «зеленой» генерации. По нашим прогнозам, эта тенденция только усилится: многие инвесторы будут еще активнее уходить из капитала компаний, которые не развивают технологии генерации с нулевыми выбросами и не уделяют должного внимания сокращению воздействия на окружающую среду. При этом будет расти число крупных промышленных потребителей, предпочитающих электроэнергию от возобновляемых источников. Это позволит им усилить собственный ESG-профиль. Банки и прочие финансовые институты начали охотно финансировать низкоуглеродные проекты, и, скорее всего, доступных финансовых ресурсов под углеродоемкие проекты останется существенно меньше.

Еще один не менее важный критерий для бизнеса – затраты. Расходы на строительство объектов возобновляемой энергии уменьшаются пропорционально по мере увеличения их доли в энергобалансе стран. Удельные расходы на создание газовых и атомных объектов, напротив, не сокращаются.

Наконец, сроки строительства и ввода в эксплуатацию (а значит и окупаемости) объектов ВИЭ значительно меньше, чем у традиционных активов. Например, среднестатистический ветропарк строится за 1,5–2 года, а газовый или угольный блок – 5–10 лет. За такой длительный период рынок может измениться, и инвестиционное решение станет неактуальным [3].

Основной нерешенный вопрос генерации от ВИЭ – переменность выдачи электроэнергии. Однако в странах с высокой долей возобновляемой энергетики в энергобалансе такие колебания взаимодополняемы: например, когда ветра не хватает в одном регионе, то в другом он есть в изобилии, а системы ветромониторинга прекрасно позволяют рассчитать эти изменения. Развивается технологическая база, появляются специальные накопители, благодаря которым можно сгладить колебания. Вдобавок традиционная генерация выступает в качестве резервного источника и поддерживает стабильность отпуска.

## *Перспективы для России*

В богатой природными ресурсами России газ остается ключевым источником генерации в среднесрочной перспективе. При этом «зеленая» энергетика медленно, но планомерно выходит на российский рынок. Отчасти это связано с тем, что Россия подписала Парижское соглашение. Кроме того, страну непременно затронут глобальные трансформационные процессы в области инвестиций и финансов. Россия, как энергетический гигант, на международном рынке уже показала, что готова развивать «зеленую» энергетiku. Для этого есть все виды возобновляемых ресурсов и поддержка государства.

Безусловно, ВИЭ сегодня стоят дороже, чем традиционная энергетика в России. В каком-то смысле это плата за локализацию, то есть за производство на территории страны определенных видов оборудования и комплектующих. Но эту стоимость можно оценить как временную – мы видим, как за несколько прошедших тендерных раундов цены на ВИЭ стремительно упали, чего нельзя сказать о других источниках электроэнергии. Сегодня цены на ветроэнергетику сократились на 50%, а стоимость солнечной энергии по капитальным расходам снизилась на 60%.

Это напрямую касается и стоимости электроэнергии для конечного потребителя. Удельная стоимость мегаватта «зеленой» генерации скоро станет конкурентоспособной, как и во всем мире. По данным масштабного аналитического исследования компании VYGON Consulting, продление программы поддержки развития возобновляемой энергетики до 2035 г. приведет к тому, что «зеленая» электроэнергия станет дешевле электроэнергии от традиционных источников [4, 7]. Эксперты полагают, что уже к 2030 г. цена электроэнергии от ВИЭ может быть в десятки раз ниже по сравнению с некоторыми действующими энергоблоками тепловых станций.

Мы наблюдаем, как эпидемия коронавирусной инфекции заставляет государства и компании переосмыслить международные цепочки поставок, которые оказались очень уязвимыми в условиях мировой пандемии: сейчас сложно в срок доставить оборудование на большое расстояние. Поэтому жизнь может внести коррективы в экспортные планы, и это пойдет на пользу локализации высокотехнологичного оборудования в России. Создание собственного оборудования и совершенствование технологий – важный аспект развития новой отрасли ВИЭ. Зарекомендовав себя как конкурентоспособного производителя инновационных технологий, Россия может рассчитывать на экспортный потенциал.

Еще один неочевидный источник нового конкурентного преимущества России – огромная территория и низкая плотность населения. Теоретически они могут стать базой для экспорта не технологий, а ветра и, соответственно, киловатт-часов, если Евросоюз не сможет разместить необходимые мощности возобновляемой электроэнергетики в густозаселенных странах.

Важно понимать, что энергетика многое предопределяет, но не решает все проблемы человечества. Для перехода к низкоуглеродной экономике требуется осознанный подход и взаимодействие игроков всех отраслей. Например, можно активно развивать электротранспорт и сопутствующую инфраструктуру, но если электромобили будут питаться энергией, производимой на угольных электростанциях, то эффект декарбонизации будет не таким значительным. Необходимы комплексные решения.

#### **Список используемых источников**

1. Башмаков И.А. Стратегия низкоуглеродного развития российской экономики // Вопросы экономики. 2020. № 7. С. 51-74.
2. Майорова Т.В. Трансформация экономики: низкоуглеродный путь развития // Экономика и политика. 2017. № 2 (10). С. 58-62.
3. Порфирьев Б.Н., Широков А.А., Колпаков А.Ю. Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России // Мировая экономика и международные отношения. 2020. Т. 64. № 9. С. 15-25.
4. Ширинкина Е.В. Модель бережливого потребления «5 S» в условиях развития «зеленой экономики» // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2021. № 3. С. 138-144.
5. Ширинкина Е.В. Практика управления предприятиями при переходе на новые цифровые технологии // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 6. С. 817-828.
6. Шлямин В.А., Анашкин Ф., Воробьева Д. Финляндия: новая модель низкоуглеродной рециркулирующей экономики // Международная экономика. 2017. № 2. С. 57-65.
7. Kelchevskaya N.R., Shirinkina E.V., Atlasov I.V. Assessing energy efficiency factors in industrial companies // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 42001.

## НЕКОТОРЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАТЕРОВ И ИХ РЕШЕНИЯ

*Пустоветов М.Ю. – к.т.н., доцент, Технологический институт (филиал)  
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» в г. Азове*

### Аннотация

Проектирование вообще и проектирование электрической системы катера в частности является процессом, в котором достигаются компромиссы между необходимостью достижения определенных функций, технических характеристик систем и агрегатов и возможных для имеющегося технологического уровня производства и выделенного бюджета финансирования постройки катера, а также специальных требований заказчика способов достижения заданных функций и характеристик. Автор предлагает для рассмотрения несколько практических примеров решения проектных задач.

Несмотря на то, что энергетическая и экономическая эффективности технических систем имеют важное и непреходящее значение, не эти характеристики являются определяющими. В первую очередь, техническая система должна в полной мере и с достаточной надежностью выполнять возложенные на нее функции. Добившись этих свойств, можно приступить к снижению издержек. Но этому могут препятствовать соображения безопасности или престижа.

**Задача 1.** Рассмотрим осушительную систему катера с напряжением электропитания 12 В постоянного тока. На российском рынке представлен широкий ассортимент осушительных помп на это напряжение. Но, по условиям заказчика все комплектующие должны быть произведены в России. К сожалению, анализ рынка показал полное отсутствие на нем осушительных помп российского производства, пригодных для питания 12 В постоянного тока. Зато удалось найти отечественный насос подходящей производительности с трехфазным асинхронным двигателем (АД) на линейное напряжение ~380 В, 50 Гц пригодный для перекачки пресной и морской воды, в том числе загрязненной. Ввиду сложившихся обстоятельств было предложено схемное решение, показанное на рис. 1. Система на рис. 1 содержит компоненты, описанные в табл. 1. Рис. 2 и рис. 3 демонстрируют фото компонентов системы осушения.

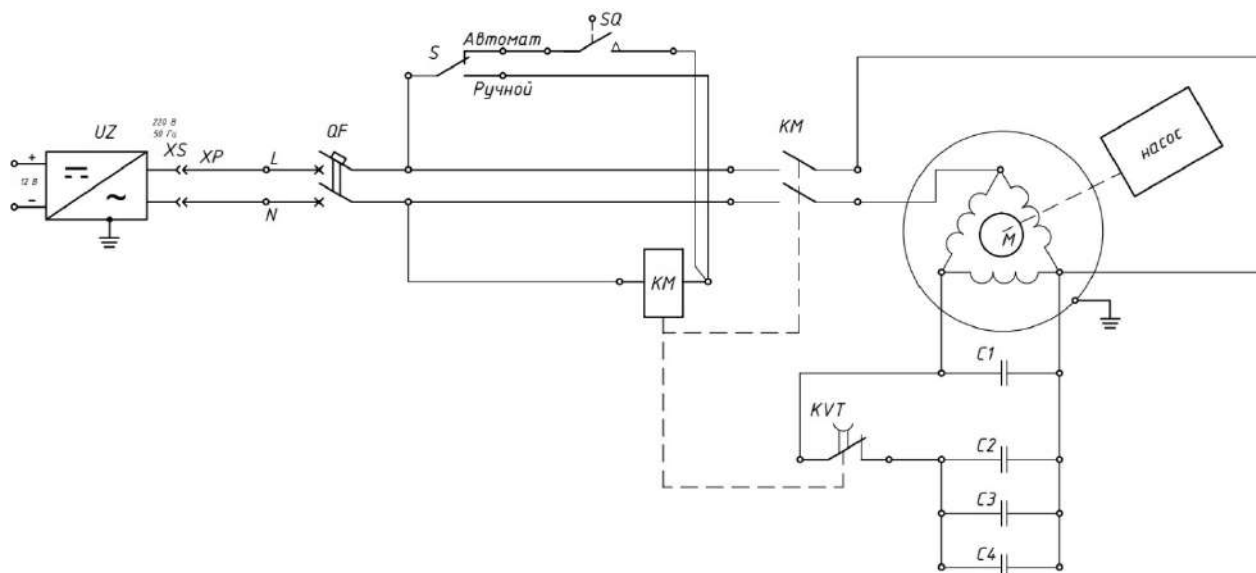


Рис. 1. Осушительная система с инвертором =12 В / ~220 В, 50 Гц и насосом, приводимым от АД на линейное напряжение ~380 В, 50 Гц

Как можно понять из рис. 1 и табл. 1, использована конденсаторная схема пуска трехфазного АД от линии однофазного напряжения. Постоянно включенная рабочая емкость составляет 40 мкФ, отключаемая пусковая емкость 120 мкФ. Расчеты емкостей проведены согласно рекомендациям [1]. Импеллерный насос обладает значительным пусковым моментом сопротивления (упругий резиновый импеллер находится в контакте со стальным корпусом насоса), поэтому, попытка обойтись только неотключаемой рабочей емкостью 40 мкФ не увенчалась успехом – трогание не состоялось. Поэтому, пусковая ступень конденсаторов является необходимой.

Испытания подтвердили работоспособность предложенной осушительной системы, собранной из компонентов отечественного производства.

К сожалению, затраты на такую систему превышают затраты на пластиковую осушительную помпу с питанием =12 В. По мнению автора, целесообразным является развертывание в России собственного производства осушительных помп для маломерных судов.



Рис. 2. Смонтированные компоненты UZ, QF, KM, KVT, C1 – C4



Рис. 3. Насос импеллерный НИС-3/20-0,37/1000 с трехфазным АД, 370 Вт, ~380/220 В, 50 Гц

Расшифровка обозначений на рис. 1

Обозначение на рис. 1	Наименование и тип оборудования	Количество, шт.
<i>UZ, XS</i>	Преобразователь напряжения СибВольт 1512 (инвертор =12 В / ~220 В, 1500 Вт, чистый синус)	1
<i>M, насос</i>	Насос осушительный (насос импеллерный НИС-3/20-0,37/1000 с трехфазным АД, 370 Вт, ~380/220 В, 50 Гц, IP55, самовсасывание с глубины до 6 м)	1
<i>QF</i>	Выключатель автоматический модульный OptiDin BM63-2D6-УХЛ3 (2р, D6А), КЭАЗ, ~220 В, 50 Гц	1
<i>SQ</i>	Датчик реле уровня поплавковый ДРУ-1	1
<i>KM</i>	Контактор ПМ12-010100-10А-220АС-УХЛ4-В-КЭАЗ	1
<i>KVT</i>	Приставка выдержки времени ПВЛ-11-УХЛ4-КЭАЗ, ток 10 А, регулируемая задержка времени срабатывания после включения 0,1 – 3 с	1
<i>C1 – C4</i>	Конденсатор пусковой К78-98, 40 мкФ, напряжение ~450 В, производство НЮКОН	4
<i>S</i>	Переключатель <i>OptiSwitch</i> 4G10-765-U-R014, КЭАЗ, ток 10 А	1

**Задача 2.** Строится катер с одним силовым агрегатом, представленным главным двигателем ГД, на котором смонтирован навешенный генератор  $G1$  и электростартер  $M1$ . Выработка, распределение и потребление электроэнергии на борту катера происходит на постоянном напряжении 12 В. В составе системы электроснабжения катера, которую в широком смысле слова также можно отнести в состав силового агрегата, имеются стартерная аккумуляторная батарея (АКБ)  $GB1$ ; сервисная АКБ  $GB2$  для питания, например, освещения, помп, эхолота-картплоттера, радиолокационной станции, отопителя и др.; аварийная АКБ  $GB3$ , предназначенная для питания ответственных потребителей (радиостанция, сигнально-отличительные фонари) в случае выхода из строя основного источника. Основным источником энергии является  $G1$ . АКБ  $GB2$  работает в буферном режиме, то есть при недостатке энергии от  $G1$  на нужды бортовых потребителей, этот недостаток покрывается от  $GB2$ . В пути следования катера заряд всех АКБ происходит от  $G1$ . Также предусмотрен заряд всех АКБ катера на стоянке от береговой сети однофазного переменного тока или в пути следования от бортового генератора однофазного переменного тока номинальной мощностью 3,5 кВт через трехканальное выпрямительно-зарядное устройство  $UZ1$ .

В процессе строительства возникает дополнительное техническое требование к функциональности катера – нужно оснастить его подруливающим устройством  $A1$  с проводным пультом дистанционного управления  $A2$  [5]. Нужно

отметить, что такое устройство является для силового агрегата и системы электроснабжения катера довольно крупным потребителем: номинальные мощности подруливающих устройств начинаются от 1,3 ... 1,5 кВт. Режим работы подруливающего устройства кратковременный (при швартовке) либо повторно-кратковременный (при удержании судна на курсе). Условием является невозможность использования бортового генератора однофазного переменного тока для питания подруливающего устройства. Отметим, что номинальный ток  $G1$  составляет 70 А, для унификации все АКБ выбраны одинакового типа с энергоемкостью 190 Ач.

Несложно заметить, что включение мощного потребителя  $A1$  делает систему электроснабжения катера дефицитной:  $G1$  с заявленными характеристиками не способен выработать необходимое количество энергии. Можно получить энергию дополнительно от АКБ  $GB2$ , но это, в случае повторно-кратковременного режима работы  $A1$ , способно довольно скоро вызвать глубокий разряд  $GB2$ , что снова повысит нагрузку на  $G1$ . Установить дополнительный навешенный генератор на ГД или же подобрать на замену имеющемуся  $G1$  генератор большей мощности затруднительно из-за невозможности обеспечения совместимости механической части привода навешенного генератора с ГД, а также ограниченности бюджета постройки катера.

Поэтому возможным компромиссным решением является установка дополнительной сервисной АКБ  $GB4$ , предназначенной для снабжения электроэнергией только  $A1$  и  $A2$ . С целью минимизации нагрузки от  $GB4$  на  $G1$ , нужно, чтобы при включенном подруливающем устройстве оно само и  $GB4$  были бы отделены от остальной системы электроснабжения катера. Также требуется, чтобы в режиме нормальной эксплуатации было бы невозможным питание от  $GB4$  каких-либо иных электроприемников кроме  $A1$  и  $A2$ .

Усложним наш сценарий, допустив, что уже после монтажа системы подруливающего устройства снова возникает дополнительное техническое требование: установить электрическую якорную лебедку. Снова без увеличения установленной генерирующей мощности на борту катера.

Пример приемлемого технического решения показан на рис. 4, где приняты условные обозначения, расшифровываемые в табл. 2.



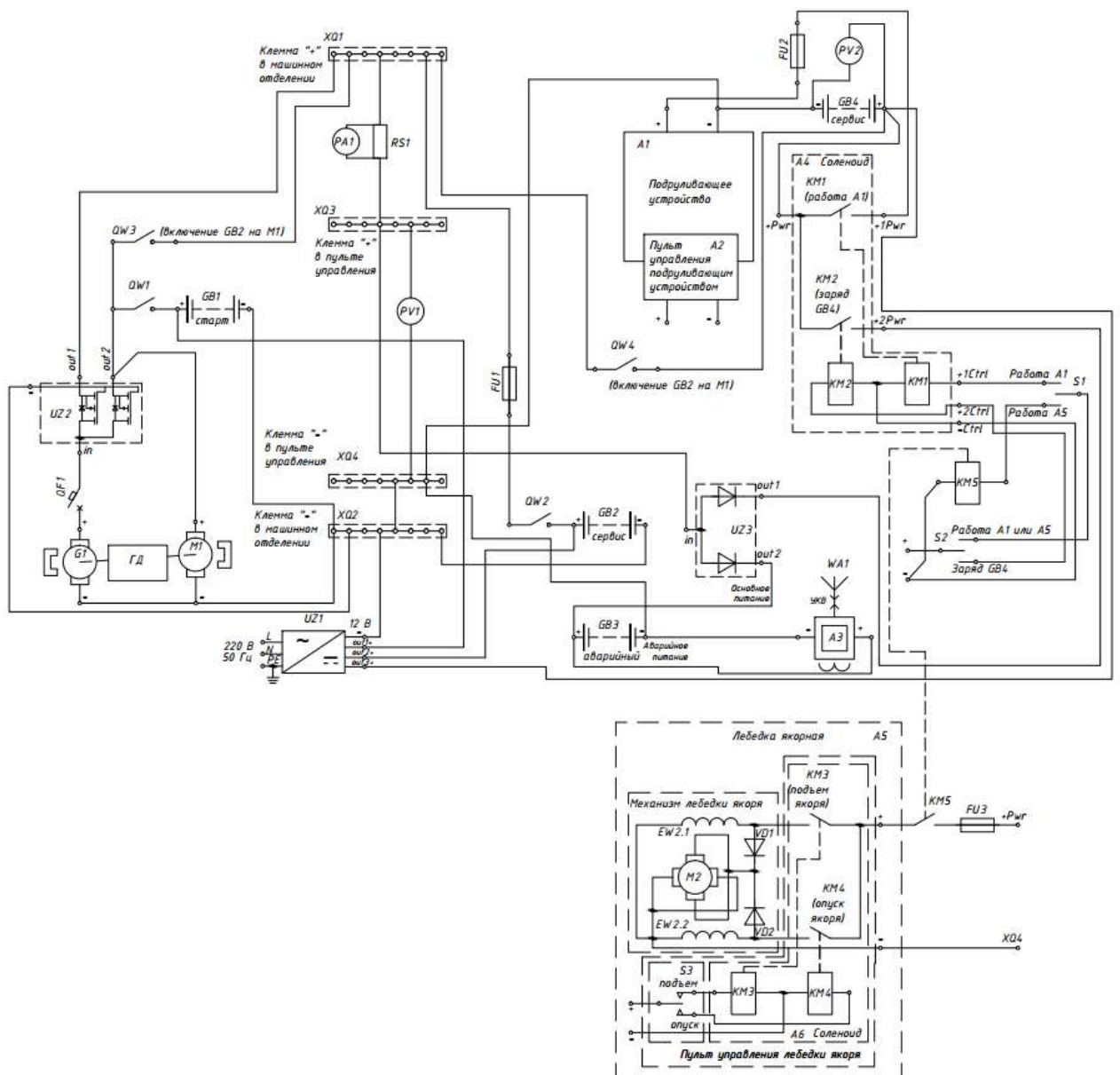


Рис. 4. Фрагмент электрической принципиальной схемы системы электроснабжения катера

Электрической схемой катера предусмотрено, что при наличии берегового питания либо при включенном генераторе переменного однофазного напряжения  $\sim 220$  В, 50 Гц стартерная и обе сервисные АКБ автоматически будут заряжаться от зарядного устройства  $UZ1$ . Аварийная АКБ  $GB3$  не имеет прямого канала заряда от зарядного устройства, но опосредованно заряжается через диодный разделитель  $UZ3$  от клеммы «+»  $XQ3$ , смонтированной в пульте управления судном, к которой через  $XQ1$  подключены положительные полюса стартерной  $GB1$  и сервисной  $GB2$  АКБ. Благодаря наличию диодного разделителя  $UZ3$  разряд аварийной АКБ  $GB3$

на другие АКБ либо на нагрузки кроме УКВ-радиостанции и сигнально-осветительных огней невозможен.

Табл. 2

Расшифровка обозначений на рис. 4

№ п.п.	Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения
1	<i>XQ1, XQ2</i>	Сборные шины «+» и «-» в машинном отделении
2	<i>XQ3, XQ4</i>	Сборные шины «+» и «-» в пульте управления судном
3	<i>A3</i>	УКВ-радиостанция
4	<i>WA1</i>	Антенна радиостанции УКВ
5	<i>A4</i>	Контактор (соленоид), коммутирующее подруливающее устройство <i>A1</i>
6	<i>KM1</i>	Катушка и контакт в составе <i>A4</i> , подключающие <i>A1</i> к электропитанию, когда <i>A1</i> и <i>GB4</i> отделены от остальной системы электроснабжения катера
7	<i>KM2</i>	Катушка и контакт в составе <i>A4</i> , подключающие АКБ <i>GB4</i> к электропитанию от <i>G1</i> при выключенном <i>A1</i>
8	<i>QW1 - QW4</i>	Выключатели массы (коммутация АКБ)
9	<i>UZ2</i>	Зарядный изолятор транзисторный для исключения уравнильных токов между АКБ и исключения перехода <i>G1</i> в двигательный режим
10	<i>UZ3</i>	Зарядный изолятор диодный для исключения уравнильных токов между АКБ и исключения разряда <i>GB3</i> и <i>GB4</i> на нецелевую нагрузку
11	<i>QF1</i>	Автоматический выключатель защиты <i>G1</i>
12	<i>FU1, FU2</i>	Плавкие предохранители защиты силового кабеля и <i>A1</i>
13	<i>S1</i>	Трехпозиционный переключатель ( <i>ON1-OFF-ON2</i> ) для управления режимом работы <i>A1</i> и <i>A5</i>
14	<i>PA1, RS1</i>	Амперметр с измерительным шунтом
15	<i>PV1</i>	Вольтметр для контроля напряжения на шинах системы электроснабжения катера
16	<i>PV2</i>	Вольтметр для контроля напряжения на АКБ <i>GB4</i>
	<i>A5</i>	Электрическая якорная лебедка
	<i>A6</i>	Контактор (соленоид), коммутирующий якорную лебедку <i>A5</i> на спуск или подъем якоря
	<i>FU3</i>	Плавкий предохранитель защиты силового кабеля и <i>A5</i>
	<i>KM3, KM4</i>	Катушки и контакты в составе <i>A6</i>
	<i>KM5</i>	Катушка и контакт, подключающий или отключающий <i>A5</i> к питанию от АКБ <i>GB4</i>
	<i>S2</i>	Трехпозиционный переключатель ( <i>ON1-OFF-ON2</i> ) для управления режимом работы <i>A1</i> (или <i>A5</i> ) и <i>GB4</i>
	<i>S3</i>	Трехпозиционный переключатель ( <i>ON1-OFF-ON2</i> ) для управления режимом работы <i>A5</i>
	<i>M2, EW2.1, EW2.2, VD1, VD2</i>	Электрический привод <i>A5</i>

Имеется выключатель массы  $QW3$  в машинном отделении (нормально отключен), перевод которого во включенное состояние позволяет осуществить разряд сервисной АКБ  $GB2$ , расположенной в машинном отделении, на стартер  $M1$  ГД.

Благодаря наличию выключателя массы  $QW4$  (нормально отключен) в пульте управления судном, возможно соединение АКБ  $GB4$  с электрической сетью катера =12 В напрямую, в обход диодного разделителя  $UZ3$ . Перевод выключателя массы  $QW4$  во включенное положение обеспечивает возможность разряда  $GB4$  на  $M1$  ГД или иные электроприемники на борту катера.

Трехпозиционный переключатель  $S2$  режимов работы систем подруливающего устройства и лебедки якоря реализует: 1) в положении « $ON1$ » получают питание от  $GB4$  подруливающее устройство  $A1$  и его проводной пульт управления  $A2$ . При этом  $GB4$  отделена от остальной электрической сети катера, то есть, не нагружает навешенный генератор  $G1$ ; 2) в среднем положении « $OFF$ » отключены  $A1$ ,  $A2$  и  $A5$ , а  $GB4$  отделена от остальной электрической сети катера, то есть, не нагружает  $G1$ ; 3) в положении « $ON2$ » получает питание от  $GB4$  якорная лебедка  $A5$ . При этом  $GB4$  отделена от остальной электрической сети катера, то есть, не нагружает навешенный генератор  $G1$

Трехпозиционный переключатель  $S1$  позволяет осуществить выбор режимов: 1) в положении « $ON1$ » получает питание от  $GB4$  подвижный контакт переключателя  $S2$ , с помощью которого возможно подать питание на  $A1$  или  $A5$ ; 2) в среднем положении « $OFF$ » отключены  $A1$ ,  $A2$  и  $A5$ , а  $GB4$  отделена от остальной электрической сети катера, то есть, не нагружает  $G1$ ; 3) в положении « $ON2$ »  $GB4$  подключена к электрической сети катера =12 В через  $UZ3$ , имея при этом возможность заряжаться от  $G1$ , но разряд  $GB4$  на какие-либо потребители или другие АКБ невозможен.

Во избежание перегрузки и отказа  $G1$  в инструкцию по эксплуатации катера следует внести следующие запреты.

Запрещается:

- перевод и нахождение во включенном положении одновременно двух выключателей массы –  $QW2$  и  $QW4$ ;
- перевод в положение « $ON2$ » трехпозиционного переключателя  $S1$  режимов работы системы подруливающего устройства, если выключатель массы  $QW2$  не переведен в выключенное положение.

**Задача 3.** В условиях бортовой энергетической системы с ограниченной мощностью генерирующего оборудования интересной и непростой задачей является выбор оборудования для кондиционирования воздуха. Основной тонкостью выбора является тип компрессора в составе кондиционера. Именно компрессор определяет пиковую мощность, потребляемую кондиционером, в особенности при пуске. Возможен случай, когда компрессор питается от инвертора, обеспечивающего на выходе переменное напряжение фиксированной частоты. Инвертор ввиду значительного пускового броска тока электродвигателя компрессора и, как следствие, провала постоянного напряжения на входе, может быть отключен собственной защитой, не обеспечивая пуск компрессора. Такая ситуация наиболее типична, если питание инвертора осуществляется исключительно от аккумуляторов, то есть при выключенном навешенном генераторе.

Избежать проблем с высоким пусковым током компрессора можно, выбирая винтовой компрессор вместо поршневого. Другим способом является компрессор, осуществляющий отбор механической мощности с вала ГД, присоединяясь к нему посредством электромагнитной муфты. Также известны кондиционеры со встроенным устройством плавного пуска, ограничивающим пиковое значение пускового тока. Если встроенного устройства плавного пуска в кондиционере нет, то можно использовать внешнее (ограничивает величину напряжения) или преобразователь частоты (ограничивает в процессе пуска величину и частоту напряжения, плавно изменяя их). Внешнее устройство плавного пуска и преобразователь частоты могут не дать ожидаемого эффекта ограничения пускового тока, если их работа ощутимо рассинхронизирована с пусками электродвигателей компрессора и вентиляторов кондиционера. Например, преобразователь частоты отработывает повышение частоты и напряжения от момента включения кондиционера, а электродвигатель компрессора запускается после самотестирования кондиционера и после запуска вентиляторов. С точки зрения использования кондиционеров с инверторными приводами, предпочтительным для облегчения условий пуска от источников энергии ограниченной мощности на борту катера будет, если частотное регулирование распространяется не только на электродвигатели вентиляторов, но и компрессора.

Инверторы  $=12 \text{ В} / \sim 220 \text{ В}$  или  $=24 \text{ В} / \sim 220 \text{ В}$  весьма чувствительны к снижению входного постоянного напряжения. Поэтому, рекомендуется располагать их возможно ближе к источнику питания. Особую важность при этом

приобретают контактные сопротивления в цепи питания инвертора, создаваемые коммутационными и защитными аппаратами (выключателями, предохранителями), кабельными наконечниками. Величину контактных сопротивлений необходимо минимизировать, качественно опрессовывая и облуживая кабельные наконечники, используя минимальное количество электрических аппаратов, которые должны соответствовать максимальному и длительному токам.

**Задача 4.** Требуется узнать, как часто нужно будет заряжать АКБ на борту катера при его стоянке вне помещения при условии включенного выключателя массы с целью обеспечения автоматического режима работы осушительных помп для предотвращения скопления жидкости на катере.

В качестве исходных данных, необходимых для решения задачи, известны сведения о выпадении осадков, мм за месяц, в местности нахождения катера, а также характеристики катера (табл. 3). Справочно: выпадение 1 мм осадков соответствует 1 л осадков на 1 м<sup>2</sup> поверхности.

Табл. 3

Исходные данные о катере

№ п.п.	Наименование характеристики	Значение	Единица измерения
1	Количество АКБ на борту	1	шт.
2	Энергоемкость АКБ, $C$	100	А·ч
3	Напряжение АКБ, $U$	12	В
4	Площадь катера, $S$ , на виде сверху, с которой осадки сливаются внутрь катера	11,2	м <sup>2</sup>
5	Количество осушительных помп на борту, $N_1$	2	шт.
6	Производительность одной осушительной помпы, $V_1$	33	л/мин
7	Ток номинальный одной осушительной помпы	1,7	А
8	Номинальная мощность одной осушительной помпы, $P_1$	20,4	Вт
9	Количество автоматических электронных выключателей =12 В, (аналогов поплавковых выключателей) для осушительных помп	2	шт.
10	Ток собственного потребления одного автоматического электронного выключателя при выключенной помпе	0,01	А
11	Собственная потребляемая мощность, $P_{2off}$ , одного автоматического электронного выключателя при выключенной помпе	0,12	Вт

12	Ток собственного потребления одного автоматического электронного выключателя при включенной помпе	0,08	А
13	Собственная потребляемая мощность, $P_{2on}$ , одного автоматического электронного выключателя при включенной помпе	0,96	Вт
Минимальный состав оборудования на борту катера, потребляющего электроэнергию при включенном выключателе массы и нахождении осушительных помп в автоматическом режиме			
14	Количество цифровых вольтметров	1	шт.
15	Ток собственного потребления цифрового вольтметра	0,015	А
16	Собственная потребляемая мощность, $P_3$ , цифрового вольтметра	0,18	Вт
17	Количество комплектов приборов измерения уровня топлива (указатель уровня топлива + датчик уровня топлива) стандарта 10 ... 190 Ом	1	шт.
18	Собственная потребляемая мощность, $P_4$ , комплекта приборов измерения уровня топлива	0,4	Вт

## Расчет

1. Количество осадков КОг, выпадающих в заданной географической местности, за год, получим суммированием количественных данных по месяцам для заданного географического расположения.

$$\begin{aligned} \text{КОг} = & 81,5 + 80,3 + 97 + 109,4 + 121,5 + 155,1 + \\ & + 122 + 144,4 + 130 + 115,1 + 135,1 + 101 = 1392,4 \text{ мм}, \end{aligned} \quad (1)$$

то есть,  $\text{КОг} = 1392,4 \text{ л/м}^2$ .

2. Количество осадков, выпадающих на катер за год

$$\text{КОгк} = \text{КОг} \cdot S = 1392,4 \cdot 11,2 = 15594,88 \text{ л}. \quad (2)$$

Примем  $\text{КОгк} = 15595 \text{ л}$  в год.

3. Длительность работы осушительных помп в год

$$\text{Траб.помп в год} = \frac{\text{КОгк}}{N_1 \cdot V_1} = \frac{15595}{2 \cdot 33} = 236,3 \text{ минуты} = 3,94 \text{ ч}. \quad (3)$$

Примем  $\text{Траб.помп в год} = 4 \text{ ч.}$  в год.

4. Тогда средняя длительность работы осушительных помп за месяц составит

$$\text{Траб.помп средмес} = \frac{\text{Траб.помп в год}}{12} = \frac{4}{12} = 0,333 \text{ ч}. \quad (4)$$

5. Длительность работы осушительных помп в самом дождливом месяце

$$\text{Траб.помп макс.мес} = \frac{155,1S}{N_1 \cdot V_1} = \frac{155,1 \cdot 11,2}{2 \cdot 33} = 26,32 \text{ минуты} = 0,439 \text{ ч.}, \quad (5)$$

где 155,1 л/м<sup>2</sup> – количество осадков в самом дождливом месяце.

6. Мощность, потребляемая от АКБ, при откачке осушительными помпами

$$P_{\text{откачки}} = \frac{N_1(P_1 + P_{2on}) + P_3 + P_4}{\text{КПД}} = \frac{2(20,4 + 0,96) + 0,18 + 0,4}{0,9} = 48,1 \text{ Вт}, \quad (6)$$

где КПД=0,9 – коэффициент полезного действия распределительной электросети на борту катера, учитывающий потери при передаче энергии.

7. Ток, потребляемый от АКБ, при откачке осушительными помпами

$$I_{\text{откачки}} = \frac{P_{\text{откачки}}}{U} = \frac{48,1}{12} = 4,008 \text{ А}. \quad (7)$$

Примем  $I_{\text{откачки}} = 4 \text{ А}$ .

8. Мощность, потребляемая от АКБ, если осушительные помпы находятся в режиме ожидания

$$P_{\text{ожидания}} = \frac{N_1 P_{2off} + P_3 + P_4}{\text{КПД}} = \frac{2 \cdot 0,12 + 0,18 + 0,4}{0,9} = 0,91 \text{ Вт}, \quad (8)$$

9. Ток, потребляемый от АКБ, если осушительные помпы находятся в режиме ожидания

$$I_{\text{ожидания}} = \frac{P_{\text{ожидания}}}{U} = \frac{0,91}{12} = 0,076 \text{ А}. \quad (9)$$

Примем  $I_{\text{ожидания}} = 0,08 \text{ А}$ .

10. Длительность работы АКБ до разряда в режиме ожидания из расчета среднемесячной длительности работы осушительных помп

$$T_{\text{ожидания}} = \frac{C \cdot K - I_{\text{откачки}} \cdot \text{Траб.помп среднмес}}{I_{\text{ожидания}}} = \frac{100 \cdot 0,88 - 4 \cdot 0,333}{0,08} = 1083,35 \text{ ч}, \quad (10)$$

где  $K = 0,88$  – коэффициент, учитывающий старение батарей в процессе эксплуатации.

11. Длительность работы АКБ до разряда из расчета среднемесячной длительности работы осушительных помп

$$T_{\text{разряд}} = T_{\text{ожидания}} + \text{Траб.помп среднмес} = 1083,35 + 0,333 = 1083,683 \text{ ч}. \quad (11)$$

Примем  $T_{\text{разряд}} = 1084 \text{ ч} = 45,2 \text{ суток}$ .

12. Длительность работы АКБ до разряда в режиме ожидания из расчета длительности работы осушительных помп в самом дождливом месяце

$$T_{\text{ожидания.min}} = \frac{C \cdot K - I_{\text{откачки}} \cdot \text{Траб.помп макс.мес}}{I_{\text{ожидания}}} = \frac{100 \cdot 0,88 - 4 \cdot 0,439}{0,08} = 1078,05 \text{ ч}. \quad (12)$$

13. Длительность работы АКБ до разряда из расчета длительности работы осушительных помп в самый дождливый месяц

$$T_{\text{разряд, min}} = T_{\text{ожидания, min}} + T_{\text{раб. помп max. мес}} = 1078,05 + 0,439 = 1078,489 \text{ ч.} \quad (13)$$

$$\text{Примем } T_{\text{разряд, min}} = \frac{1078,489}{24} = 44,9 \approx 45 \text{ суток.}$$

Вывод: рекомендуется заряжать АКБ на борту катера при его стоянке вне помещения в местности с заданными климатическими характеристиками с периодичностью 1 раз в месяц, но не реже 1 раза в 45 суток при условии включенного выключателя массы с целью обеспечения автоматического режима работы осушительных помп для предотвращения скопления жидкости на катере, учитывая неравномерность выпадения осадков по месяцам и фактическую погодную ситуацию.

Конечно, практические задачи проектирования электрической системы катеров не исчерпываются только вышеописанными. Например, о заземлении катера, пример реализации которого показан на рис. 5, сказано в [2–4].



Рис. 5. Пример размещения и крепления заземлителя из листовой меди на транце пластикового катера

#### Список используемых источников

1. Девотченко Ф.С. Переделка трехфазных электродвигателей на однофазные с заменой обмотки: справочное пособие. Ч. 3. Краснодар: Издательство «Советская Кубань», 1991. 62 с.

2. Пустоветов М.Ю. К вопросу о размерах заземлителя на катере / Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи,



проблемы, решения: сборник трудов V Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов. Челябинск: ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», 2021. С. 192-194.

3. Пустоветов М.Ю. О размерах заземлителя на катере / Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості і транспорту 2021: збірник наукових праць міжнародної конференції. Дніпро: НТУ «ДП», 2021. С. 101-104.

4. Пустоветов М.Ю. Проектная деятельность студентов: конфигурируем систему электроснабжения катера / Транспортные системы: безопасность, новые технологии, экология: сборник трудов международной научно-практической конференции. Якутск: Якутский институт водного транспорта - филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», 2021. С. 291-298. [Электронный ресурс]. URL:[https://yiwt.ru/sites/default/files/sekciya\\_3\\_0.pdf](https://yiwt.ru/sites/default/files/sekciya_3_0.pdf) (дата обращения: 01.01.2022 г.).

5. Пустоветов М.Ю. Совершенствование схемы силового агрегата катера для обеспечения функциональной избыточности в условиях ограниченности ресурсов // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2021. № 3 (13). С. 66-69.

## **КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ОПТОВОЛОКОННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ АЭС**

*Рахматуллин С.С. – студент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

### **Аннотация**

Написание данной работы обусловлено актуальностью трансформации имеющихся и разработкой новых систем управления блоками функционального типа атомной электростанции, отличающихся надежностью и быстродействием. Для достижения этих задач современные исследователи предлагают использовать оптоволоконные линии связи и оптические датчики, способные контролировать расход питательной воды или теплоносителя. Рассмотрение различных аспектов такого применения и является целью исследования.

**Введение.** При эксплуатации атомных электростанций (АЭС) различной мощности возникает несколько задач. Одной из них является создание систем

управления и контроля, обеспечивающих стабильную работу оборудования, работающего в непрерывном режиме на АЭС [9, 15]. А также обеспечение надежного дистанционного управления различными системами и агрегатами станции [1, 6, 9, 15]. Наибольшие трудности возникают при разработке этих систем для атомных электростанций средней и малой мощности из-за особенностей их эксплуатации: такие станции могут располагаться на мобильных объектах, где ограничено как место для них, так и количество персонала [1, 5, 6, 14].

Системы управления и контроля должны надежно работать в течение определенного времени в сложной аварийной ситуации на АЭС [1, 6, 7, 9, 15]. Опыт эксплуатации различных АЭС показал, что системы мониторинга и диагностики ядерных установок, основанные на электронных устройствах, часто выходят из строя по различным причинам. В частности, из-за компактного размещения всех систем (большое количество помех и наводок различного типа, резкие изменения температуры). Особенно негативно влияют на электронные устройства и их соединительные элементы (разъемы, кабели), мощные скачки напряжения и тока при запуске механизмов [4, 6, 9, 15]. А также внезапное срабатывание ключевых элементов и реле защиты в трансформаторных подстанциях движущегося объекта. Это создает большие проблемы при использовании мобильных устройств, кабельных линий с аналоговыми сигналами и цифровых систем [3, 7, 9, 15]. Современные системы экранирования не могут устранить шумы, возникающие в сигналах управления, что приводит к сбоям в работе оборудования и несанкционированным отключениям систем обеспечения реактора. В этом случае контроль над работой реакторной установки может быть потерян, что означает потерю управления АЭС.

Различные конструкции оптических датчиков с лазерным излучением, а также волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) для передачи информации невосприимчивы к электромагнитным помехам [2, 11]. Особенно к тем, которые возникают при внезапных скачках напряжения. Кроме того, использование оптического волокна позволяет обеспечить гальваническую развязку между различными системами во многих устройствах (системы мониторинга). Эти устройства обладают повышенной гибкостью и могут быть легко размещены в труднодоступных местах. Примеры применения этих устройств при строительстве сложных объектов [12, 13], доказали перспективность их использования. Таким образом, разработка систем контроля параметров на основе волоконно-оптических линий связи для атомных электростанций является актуальной задачей. В работе,

основанной на анализе исследований, представлено одно из возможных ее решений для АЭС с реактором ВВЭР-1000.

### **Материалы и методы**

Установлены ключевые особенности при разработке волоконно-оптических систем мониторинга и управления АЭС с учетом специфики их эксплуатации. Важнейшей из них является обеспечение скорости и надежности передачи информации в больших объемах для принятия правильных и обоснованных решений, особенно на заключительном этапе жизненного цикла реакторных установок. Это достаточно сложный период в эксплуатации станции, и в работе АЭС уже имеется ряд негативных факторов: высокая степень износа основного оборудования, смена поколения обслуживающего персонала [5, 6, 14].

На рис. 1 показан вид в разрезе конструкции реактора ВВЭР-1000. Обозначены его основные блоки и узлы. Параметры их работы должны непрерывно контролироваться или управляться с получением подтверждающих сигналов о выполнении заданных процедур. От этих блоков и других узлов реактора центральный компьютер АЭС должен получать достоверную информацию о параметрах работы реактора и выполнении заданных команд. Сложное размещение блоков и других узлов в конструкции реактора, перепады температур и наличие большого количества помех требуют разработки определенной конфигурации оптических систем управления и контроля. Исследования показали, что наиболее целесообразно использовать отдельные оптические каналы: для измерений, для контроля параметров, для передачи команд управления и подтверждения их выполнения.

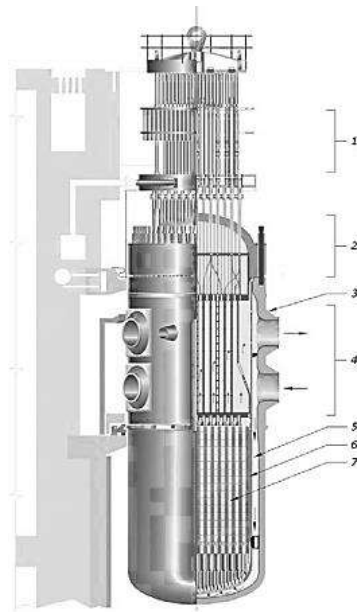


Рис. 1. Конструкция реактора ВВЭР-1000: 1 – приводы системы управления и защиты; 2 – крышка реактора; 3 – корпус реактора; 4 – блок защитных труб; 5 – шахта; 6 – перегородка активной зоны; 7 – тепловыделяющие сборки, стержни управления

На рис. 2 представлена блок-схема разработанной волоконно-оптической системы.

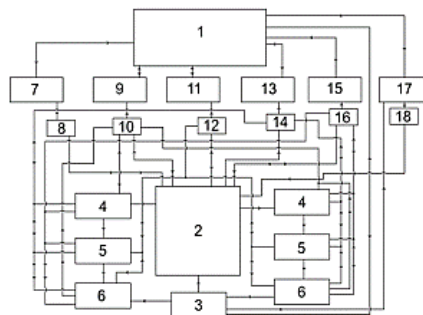


Рис. 2. Блок-схема управления и мониторинга рабочих параметров АЭС на основе FOTS и оптических датчиков

Цифрами представлены: 1 – центральный компьютер АЭС, 2 – реактор, 3 – система аварийного останова реактора, 4 – турбина, 5 – преобразователь электроэнергии, 6 – трансформаторная подстанция с ключевыми элементами, 7 – блок контроля расхода и потока питательной воды, 8 – волоконно-оптические датчики контроля расхода, 9 – блок контроля давления в различных системах реактора, 10 – волоконно-оптические датчики давления, 11 – блок контроля

магнитного поля, 12 – волоконно-оптические индукционные датчики магнитного поля, 13 – блок управления системами реактора и подстанции для компенсации напряженности электрического поля, 14 – волоконно-оптический датчик напряженности электрического поля, 15 – блок контроля температуры, 16 – волоконно-оптические датчики температуры, 17 – блок контроля ионизирующего излучения, 18 – волоконно-оптические датчики для изменения уровня ионизирующего излучения.

Использование оптических датчиков и волокон привело к уменьшению площади, занимаемой линиями передачи информации и измерительными элементами. Было увеличено количество каналов для передачи информации, команд управления и измерений. Наличие дополнительного свободного пространства в системе размещения линий связи позволяет создать еще два резервных канала для каждого активного канала. Кроме того, из конструкции измерительных устройств были исключены различные преобразователи и усилители, которые, находясь в радиальной зоне реактора, подвержены многочисленным помехам и требуют дополнительной защиты [3, 5, 14].

Во время измерений все электронные схемы и оптические устройства (лазеры, фотодетекторы, модуляторы) размещаются вне радиальной зоны реактора. Они могут быть расположены на расстоянии более 200 м от реактора. В зоне реактора размещаются только волоконно-оптические датчики и оптическое волокно. Это принципиально отличает разработанную конструкцию от ранее применявшихся систем. Информация по каналу передается только в одном направлении, что исключает дополнительные помехи при переключении оптических элементов.

Новый принцип размещения блоков управления и измерительных систем, а также использование волоконно-оптических линий связи значительно повышает надежность всей системы, в отличие от ранее разработанных. Кроме того, использование волоконно-оптических линий связи позволило применять прямоугольные импульсы различной длительности для передачи команд различным системам управления. В ранее используемых аналоговых системах форма импульсов искажалась. Это особенно негативно сказывалось на надежности выполнения команд управления.

**Результаты и обсуждение.** Центральными измерительными элементами в системе являются волоконно-оптические датчики. В настоящее время хорошо разработаны концептуальные основы многих волоконно-оптических датчиков и

выпускаются различные промышленные образцы их использования (измерение влажности, давления, температуры, индукции магнитного поля и напряженности электрического поля). Точность измерений физических параметров и надежность этих датчиков соответствует разработанной концепции волоконно-оптической системы.

В качестве примера в работе представлены оптические датчики (корреляционный расходомер) для измерения расхода  $q$  теплоносителя и питательной воды. Остальные типы оптических датчиков, которые предлагается использовать в волоконно-оптической системе, являются стандартными. На рис. 3 представлена структурная схема разработанной конструкции корреляционного расходомера с использованием кольцевого волоконно-оптического детектора для регистрации  $\gamma$ -квантов.

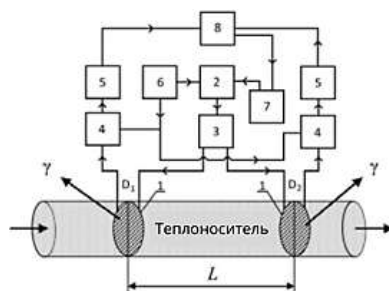


Рис. 3. Блок-схема оптического устройства для измерения расхода жидкой среды в трубопроводе: 1 – кольцевая волоконно-оптическая система, 2 – лазерный передающий модуль, 3 – оптический делитель, 4 – фотоприемный модуль, 5 – аналого-цифровой преобразователь, 6 – источник питания, 7 – генератор импульсов, 8 – устройство обработки и управления

Теплоноситель в активной зоне реактора облучается  $\gamma$ -излучением. После выхода из активной зоны теплоноситель (например, жидкий натрий или расплав свинца с висмутом), протекая по трубопроводу, излучает  $\gamma$ -кванты. Интенсивность излучения  $\gamma$ -квантов по мере прохождения по трубопроводу уменьшается пропорционально определенной зависимости.

Под воздействием  $\gamma$ -квантов с оптическим волокном изменяется интенсивность распространяющегося по нему лазерного сигнала. С двух кольцевых датчиков, расположенных на определенном расстоянии  $L$  (рис. 3), регистрируются изменения интенсивности лазерного излучения. Разработанная волоконно-оптическая система позволяет расположить большое количество таких

оптических пар датчиков на различных участках трубопровода. Полученные ранее данные определяют зависимость затухания интенсивности  $\gamma$ -квантов, испускаемых средой, от времени. Эксперименты показали, что для измерений  $q$  наиболее целесообразно использовать лазерное излучение в виде коротких импульсов длительностью от 0,1 мс до 10 мс.

Здесь используются десять пар волоконно-оптических кольцевых датчиков с  $L=10$  метров, расположенных на расстоянии 20 метров друг от друга. На рис. 4 показана работа кольцевого волоконно-оптического датчика. На участке D1 и D2 оптического волокна, намотанного вокруг трубопровода, воздействует разное количество  $\gamma$ -квантов. Показатель преломления волокна в зонах D1 и D2 изменяется. Лазерное излучение, проходящее через эти зоны, имеет разную интенсивность. Изменяя зависимость амплитуды регистрируемого лазерного излучения на различных парах датчиков, определяют время потока теплоносителя между датчиками  $\Delta t$ . Погрешность определения расхода  $q$  в первичном реакторе с помощью разработанного датчика составляет менее 2%. Результат измерения  $q$  совпал с результатами измерения расхода ядерного магнитного резонанса (ЯМР) расходомером с погрешностью измерения менее 1% [8, 10]. Следует отметить, что ЯМР-расходомер, в отличие от предлагаемого оптического датчика, является очень большим прибором, требующим специального обслуживания [8, 10]. В конструкции ядерного энергетического реактора малой мощности может быть размещен только один такой прибор. Этого недостаточно для эффективного контроля.

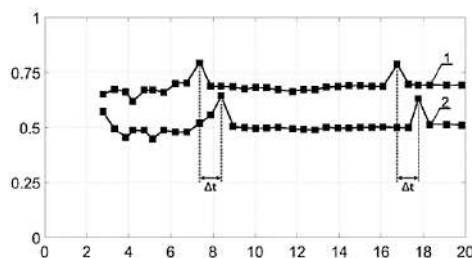


Рис. 4. Зависимость интенсивности регистрируемого лазерного излучения от времени протекания охлаждающей жидкости между датчиками.

Кривая 1 соответствует измерениям в секции D1, кривая 2 – в секции D2.

Принцип работы кольцевых оптических датчиков для измерения расхода питательной воды практически такой же, как и для датчиков, измеряющих  $q$  охлаждающей жидкости. Для измерений используется несколько пар датчиков.

Излучение, испускаемое при распаде ядер  $^{16}\text{N}$ , содержащихся в питательной воде, детектируется, а изменения интенсивности квантов  $\gamma$  регистрируются на более коротких расстояниях.

Анализ результатов измерения расхода питательной воды показал, что погрешность измерения  $q$  находится в пределах 2%. При меньших значениях измеряемых величин погрешность также оказывается меньше, что связано с особенностями принципа действия кольцевого волоконно-оптического детектора.

**Заключение.** Результаты показали, что предложенная волоконно-оптическая система управления и мониторинга для атомных электростанций работает более надежно и эффективно, чем системы с аналоговыми каналами управления и измерения.

В разработанной системе может быть использовано большое количество систем обработки сигналов. Все устройства обработки и генерации оптических сигналов располагаются на значительном расстоянии от реактора за защитными экранами, так как затухание сигнала в оптоволокне составляет 0,1 дБ/км. При использовании обработки данных аналогового сигнала это приведет либо к увеличению количества используемых модулей, либо к ослаблению полезного сигнала с увеличением расстояния передачи. Надежность системы контроля и управления будет значительно снижена.

Использование волоконно-оптических систем позволяет осуществлять дистанционное управление в режиме реального времени и высокоскоростное управление в части подачи команд на различные механизмы и устройства. Это очень важно при обслуживании атомной электростанции во время ее работы в экстремальных условиях.

#### **Список используемых источников**

1. Agafonova N.D. et al. Heat-and-Mass Transfer Intensification in Saturated-Steam Generators in NPP with VVER as a Means for Increasing Efficiency and Reliability // Atomic Energy. 2018. No. 3. P. 154-158.
2. Davydov V.V. Nuclear magnetic spectrometer for studying flows of liquid media // Measurement Techniques. 2017. No. 11. P. 1202-1209.
3. Davydov R.V., Antonov V.I. Simulation of femtosecond pulsed laser ablation of metals // Journal of Physics: Conference Series. 2016. No. 1. P. 1-6.



4. Davydov V.V., Dudkin V.I., Karseev A.Y. Nuclear magnetic flowmeter – Spectrometer with fiber-optical communication line in cooling systems of atomic energy plants // *Optical Memory & Neural Networks*. 2013. No. 2. P. 112-117.
5. Davydov V.V., Dudkin V.I., Karseev A.Y. Optic Imitator of Accident Situation. for Verification of Work of Control Systems of Atomic Energy Plants on Ships // *Memory & Neural Networks*. 2014. No. 3. P. 170-176.
6. Davydov V.V., Dudkin V.I., Myazin N.S. Nutation line shape for the nonstationary regime of magnetic resonance flowmeter-relaxometer // *Journal of Communications Technology and Electronics*. 2016. No. 10. P. 1159-1165.
7. Elokhin A.P., Kononov E.N. Application of radars for NPP radioactive effluent detection // *Energy*. 1996. No. 2. P. 135-142.
8. Fortov V.E., Makarov A.A. Innovation and development trends in the energy industry worldwide and in Russia // *Physics-Uspekhi*. 2009. No. 12. P. 1249-1265.
9. Krapivtsev V.G., Solonin V.I. Model Studies of Interloop Coolant Mixing in VVER-1000 in-Reactor Pressure Channel // *Atomic Energy*. 2019. № 5. P. 307-317.
10. Kryshev I.I., Kurydina L.A., Linge I.I. Evaluation of Environmental Damage Due to Nuclear Power // *Atomic Energy*. 2014. № 3. P. 159-163.
11. Lenets V.A. et al. New method for testing of antenna phased array in X frequency range // *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. No. 1. P. 1-7.
12. Maslak V. et al. Evaluation of Technical Condition of Water Supply Networks on Undermined Territories // *Procedia Engineering*. 2015. No. 1. P. 985-994.
13. Mushchanov V. et al. Conception of Development of Staffing of Residential Housing in the Region and Training of Professional Housing Managers // *Procedia Engineering*. 2015. No. 1. P. 1018-1026.
14. Podstrigaev A.S. et al. Features of transmission of intermediate frequency signals over fiber-optical communication system in radar station // *Lecture Notes in Computer Science*. 2018. No. 1. P. 624-630.
15. Sivers M. et al. Indoor Positioning in WiFi and NanoLOC Networks // *Lecture Notes in Computer Science*. 2016. No. 1. P. 465-476.

## СУШКА И ИСПЫТАНИЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

*Саплин Л.А. – д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский Государственный аграрный университет»*

*Прохоренко А.И. – магистрант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский Государственный аграрный университет»*

### Аннотация

В статье рассматриваются основные способы сушки обмоток электродвигателей, включающие конвекционный, токовый, индукционный и электроосмотический методы. Отдельно внимание уделено исследованию качества проведённых работ, включающие определительные и контрольные испытания на надёжность электродвигателей.

С целью повышения сопротивления изоляцией новых и капитально отремонтированных электродвигателей используется конвекционный, токовый, индукционный, электроосмотический и др. способы сушки [1, 8, 9, 11, 12].

При **конвекционной** сушке электродвигатель помещается в сушильной камере. Нагреватели устанавливают вне сушильной камеры. Для нагрева камеры может быть использован различный вид энергии: газ, пар, электроэнергия. В сушильной камере должна быть циркуляция воздуха для удаления влаги и растворителей пропиточного лака из обмоток. Сушильные камеры должны быть обеспечены вентилятором и вытяжной трубой. Температура в сушильной камере должна быть в пределах 105-110 °С. Сушка считается законченной, если в течении четырех замеров через 10-15 мин. сопротивление изоляции не меняется. Данный способ надёжный, однако требует длительного времени – 6-8 часов – и значительного расхода энергии.

При **токовой** сушке обмотку электродвигателя подключают к источнику тока пониженного напряжения. Протекающий по обмотке ток нагревает её, и обмотка осушается. При токовой сушке требуется контроль температуры. Температуру обмотки регулируют изменением тока, который протекает через обмотку. Контроль сушки осуществляют посредством замеров сопротивления изоляции. Для создания тока сушки  $0,5I_n$ , где  $I_n$ - номинальный ток электродвигателя, необходимо напряжение сушки равное  $(0,08-0,12)U_n$ , где  $U_n$ - номинальное напряжение электродвигателя. В качестве источника напряжения можно использовать сварочный трансформатор. Схема сушки может быть при соединении обмотки электродвигателя в треугольник (рис. 1) или в звезду (рис. 2).

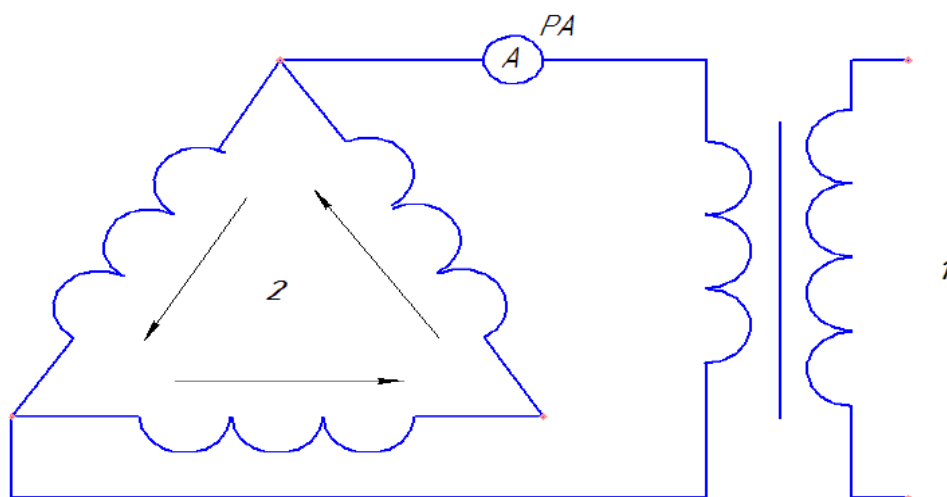


Рис. 1. Сушка электродвигателя при соединении его обмотки в треугольник:  
1 – сварочный трансформатор; 2 – обмотка двигателя

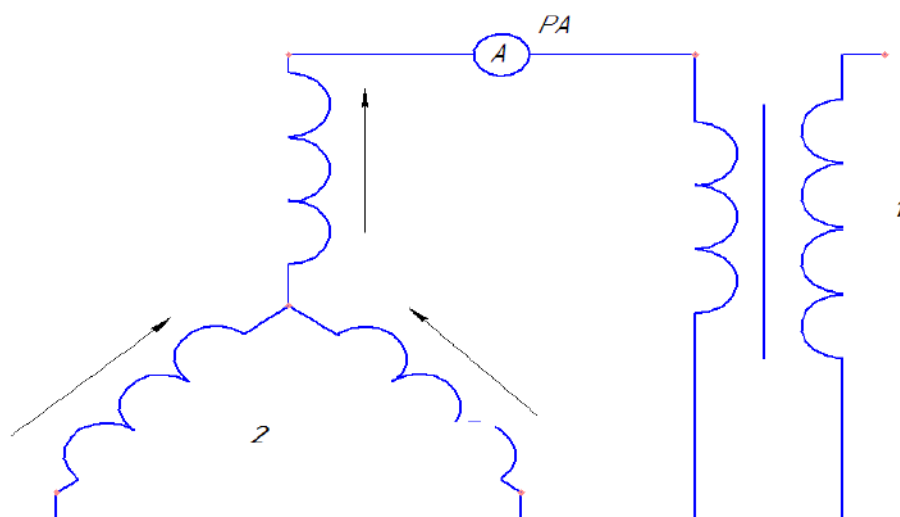


Рис. 2. Сушка электродвигателя при соединении его обмотки в звезду:  
1 – сварочный трансформатор; 2 – обмотка двигателя

При токовой сушке влага из изоляции удаляется быстро и расход энергии небольшой. Однако для сушки требуется нестандартный источник электроэнергии.

При **индукционной** сушке на статор через его расточку наматывают намагничивающую обмотку. Протекая по этой обмотке переменный ток вызывает переменный магнитный поток, который проходит и замыкается через активное железо статора электродвигателя. При этом в активном железе возникают потери на гистерезис и вихревые токи. Эти потери и вихревые токи также нагревают активное железо и являются источником тепла при сушке обмотки. Обычно метод

потерь в активной стали служит для сушки обмоток крупных электродвигателей в условиях применения по назначению.

При **электроосмотической** сушке изоляция обмотки рассматривается как пористый материал. Данный вид сушки использует явление электроосмоса. Процесс обезвоживания изоляции при электроосмотической сушке электродвигателей подробно рассмотрен в работе А.Е. Немировского [10].

Одним из главных показателей сушки обмоток электродвигателей является их надежность. Для оценки качества объектов служат испытания на надёжность, осуществляемые экспериментальным путём. Эти испытания являются важнейшим этапом разрабатываемых мероприятий по повышению качества изготовления и ремонта объектов. Основными видами испытаний на надежность являются определительные и контрольные испытания [2, 3, 4, 5, 6, 7].

**Определительные испытания** на надежность объектов служат для определения количественных показателей надежности. При использовании этих испытаний устанавливаются фактические законы распределения отказов, а также параметры этих распределений. Найденные распределения несут исчерпывающие сведения о надежности испытываемого объекта.

**Контрольные испытания** на надежность проводятся для оценки соответствия испытываемого объекта требованиям приведенных в стандартах, технических условиях, технических заданиях, технических требованиях на изготовление или капитальный ремонт. Данные испытания проводятся периодически в сроки, установленные в нормативных документах, обычно не реже одного раза в три года.

Чаще всего для реализации испытаний на надежность используют стендовые испытания. Для сокращения времени проведения испытаний существуют специальные методы (рис. 3).



Рис.3. Классификация методов сокращения времени стендовых испытаний

Таким образом, в работе приведены основные методы сушки обмоток электродвигателей, а также методы их испытаний на надежность. Результаты работы могут быть использованы работниками ремонтных и сервисных организаций, занимающихся вопросами обеспечения надежности электрических машин.

#### Список используемых источников

1. Амерханов Р.А., Ерошенко Г.П., Шелиманова Е.В. Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем. М.: Энергоатомиздат, 2008. 448 с.
2. Буторин В.А. Модель процесса изнашивания деталей при ванномрованом испытании. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1998. № 1. С. 28.
3. Буторин В.А., Банин Р.В. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2002. № 8. С. 23.
4. Буторин В.А., Молчан А.М. Системный подход к проблеме надежности восстановления погружных электродвигателей // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 2 (34). С. 53-57.
5. Butorin V.A., Saplin L.A., Molchan A.M., Lyakhovetskaya L.V., Tleuova A.A. Inhibitory protection of bearing units of electric motors in animal husbandry. В

сборнике: E3S Web of Conferences. International Conference “Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic” (EFSC2021). 2021. С. 07018.

6. Буторин В.А., Саплин Л.А., Молчан А.М. Математическая модель контрольных испытаний на надежность отремонтированных погружных электродвигателей // АПК России. 2021. Т. 28. №2. С. 193-199.

7. Буторин В.А., Царев И.Б., Буторин Д.В. Определение среднего ресурса для оценки надежности пленочного электронагревателя с проволочным резистивным элементом // АПК России. 2020. Т. 27. № 2. С. 280-283.

8. Ерошенко Г.П. Кондратьева Н.П. Эксплуатация электрооборудования. М.: ИНФА-М, 2014. 336 с.

9. Кисель О.Б., Петров. Г.А., Пятов А.А., Чернопятов Н.И. Эксплуатация электрических машин. М.: Колос, 1970. 280 с.

10. Немировский А.Е. Повышение эффективности сушки и влагозащиты изоляции электродвигателей, используемых в сельском хозяйстве на основе интенсификации электроосмотических явлений. Дис....докт.техн.наук. Санкт-Петербург-Пушкин, 1993. 320 с.

11. Пястолов А.А., Ерошенко Г.П. Эксплуатация электрооборудования. М.: Агропромиздат, 1990. 287 с.

12. Сырых Н.Н. Эксплуатация сельских электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1986. 255 с.

## ОСОБЕННОСТИ РЕЗЕРВА ЭЛЕМЕНТОВ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

*Саплин Л.А. – д.т.н, профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»*

*Распопова М.М. – магистрант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»*

### **Аннотация**

В статье рассматриваются недостатки существующей системы электроснабжения сельских районов, определяется путь её модернизации, при котором идет изменение существующей системы обеспечения её резервными элементами.

Каждая система электроснабжения должна обеспечивать бесперебойную подачу электроэнергии для потребителей любой категории электроприемников. Поэтому ремонтпригодность необходимого оборудования считается одним из самых важных свойств его надежности, которое влияет на продолжительность простоев оборудования в нерабочем состоянии, а также на восстановление их работоспособности. К материальным средствам, которые непосредственно направлены на поддержание и восстановление данной работоспособности при проведении ремонтов и технических обслуживаний необходимо специальное оборудование и наличие запасных частей [2, 6].

Создание запасов необходимо для систем электроснабжения с целью предотвращения остановки подачи электроэнергии в случае отказов деталей электрооборудования или сбоев в его работе. Недостаточность запасных частей сказывается на увеличении ущерба от простоя оборудования. Однако, с другой стороны, увеличение запасов приводит к повышению финансовых затрат на их хранение и поддержание работоспособного состояния этих запасов [5, 1].

Вследствие этого целью изучения данной темы является минимализация общих затрат на запасы с установлением необходимых объёма резерва и его восполнения.

Исполнение цели управления запасами в значительной мере зависит от исследуемой реальной ситуации, появившейся в определенной отрасли производства. Тем не менее, существует некая общность в модели управления запасами. Она характеризуется следующими элементами [8]:

- ограничения;
- спрос на запасные части;

- восполнения запасов;
- система снабжения;
- функции затрат;
- стратегия управления запасами.

Каждая доля описанной выше структуры модели управления запасами включает в себя некий ряд элементов. Разновидность реальных ситуаций создает различные варианты модели управления запасами, зависящими от выбора и сочетания частей её элементов. Установление необходимой вариации модели управления запасами сводит все необходимые затраты к минимуму [4,5,8].

Модели управления запасами и возможности их использования различаются по своим составляющим.

Системы управления запасами имеют классификацию по таким признакам, как:

- вид запасов (сырье, запчасти, инструменты);
- место хранения (снабженческая база, производитель, потребитель);
- структура системы (изолированный склад, последовательная схема складов, иерархическая система, с ремонтными возможностями и без);
- свойства запасов (одно- или многономенклатурные запасы, их взаимозаменяемость);
- цели системы (стоимостные и вероятностные критерии);
- ограничения (на объём и номенклатуру запасов);
- информационные характеристики (периодичность сбора данных, наблюдаемость спроса, полнота знаний).

По сочетанию этих признаков можно определить вид данной системы.

Система снабжения может быть децентрализованной, линейной и эшелонированной, то есть многокаскадной. Так, в первом случае каждый склад обслуживает своего потребителя. В то время как во втором рассматривается производственная цепочка и рассчитывается распределение запасов по степеням важности. В третьем же случае при отсутствии запасов на складе они покрываются за счет избытков складов высшей ступени [7].

Многокаскадные системы в то же время делятся на линейные, в которых у каждого склада свой потребитель, и пирамидальные [4].



В литературе существует много способов расчета объёма резерва. Одним из основателей данного расчета является Р. Уилсон. Предлагаемая им формула имеет вид [9]:

$$n = \sqrt{\frac{2\lambda q}{S}}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – интенсивность спроса на запасы,  $q$  – стоимость поставки,  $S$  – стоимость хранения.

Однако в условиях электроснабжения данная формула требует совершенствования и адаптации к конкретным сельскохозяйственным обслуживающим организациям [6, 2].

Вид примерной системы снабжения запасными частями электрооборудования сельской местности, которая имеет эшелонированный вид, можно представить в виде рисунка (рис. 1).



Рис. 1. Вид системы снабжения запасными частями сельской местности

Эта система состоит из одного пункта хранения, например, склада и одного источника снабжения, в качестве которого может выступать магазин или склад высшей ступени, в наличии которого имеются искомые детали.

Данный вопрос очень остро стоит для сельской местности. В России находятся множество поселков, находящихся в сильном отдалении от городов, где и базируется основная часть обслуживающего персонала, а также нужное для ремонта и обслуживания оборудование. Если покупать оборудование на замену отказавшего после обнаружения аварии, то теряется много времени, которое идет на эту покупку, а также транспортировку до необходимого места замены оборудования. Так же не стоит сбрасывать со счетов погодные условия, характерные для нашей страны. Не в каждый сезон нужное оборудование можно беспрепятственно доставить в отдаленные места сельской местности. И все это время подача электроэнергии будет перебойной, а, возможно, и вообще может

прекратиться. Такие перебои противоречат требованиям нормативной базы, установленной в Российской Федерации.

Для потребителя, живущего в сельской местности, длительное отключение энергопитания может привести к потерям, связанным с их домашним скотом, а также выращиваемыми растениями, кроме того такое отключение может привести к отказу бытовых, и производственных приборов.

Для поставщика электроэнергии имеется административная ответственность за возникающие сбои и отказа, что в итоге может привести к крупным финансовым потерям.

Данные причины и факторы заставляют задуматься о модернизации нынешней системы электроснабжения данных местностей, а именно о запасах, так как они являются одним из наиболее важнейших способов усовершенствования данной сферы производства.

Таким образом, обеспечение своевременной замены неисправному оборудованию является одной из важных задач для поставщика электроэнергии, так как от этого напрямую зависят как надежность, так и качество подаваемой электроэнергии, а обеспечение данных показателей является важным аспектом электроснабжения.

### **Список используемых источников**

1. Буторин В.А., Банин Р.В., Царев И.Б., Методика оптимизации аварийного резерва запасных элементов РЭС по обслуживанию сельских распределительных сетей // Научные проекты Южно-Уральского государственного аграрного университета. под ред. М.Ф. Юдина. Челябинск, 2016. С. 71-72.

2. Буторин В.А., Царев И.Б., Исследование спроса на запасные части для электроприводов в сельском хозяйстве / Вестник Челябинского агроинженерного университета. 2007. Т. 50. С. 12.

3. Буторин В.А., Царев И.Б., Оптимизация аварийного резерва запасных частей в районах электрических сетей с позиции теории управления запасами // Методы механики в решении инженерных задач. Сборник статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. 2018. С. 120-123.

4. Буторин В.А., Царев И.Б., Саплин Л.А., Функция затрат, связанная с запасами для технического присоединения энергопринимающих устройств к электрическим сетям / АПК России. 2020. Т. 27. № 1. С. 85-89.

5. Буторин В.А., Царев И.Б., Стратегии управления резервом запасных частей электроремонтных предприятий // Приоритетные направления развития энергетики в АПК. Сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. 2018. С. 178-180.
6. Буторин В. А., Царев И.Б. Функция затрат на запасы в единицу времени электроремонтных предприятий при дискретном спросе // Вестник Челябинского агроинженерного университета. 2003. Т. 39. С. 28-33.
7. Рыжиков Ю.И. Логистика, очереди и управление запасами: учебное пособие Санкт-Петербургский гос. ун-т аэрокосмического приборостроения, Учреждение Российской акад. наук «Санкт-Петербургский ин-т информатики и автоматизации РАН» (СПИИРАН). – Санкт-Петербург: ГУАП, 2011. 477 с.
8. Рыжиков Ю.И. Управление запасами. М.: Наука, 1969. С. 112-115.
9. Wilson R.H. A scientific routine for stock control /Harward business review. V 13/ 1934/ № 1. P. 116-127.

## **МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СЕЗОННОГО ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПУНКТА**

*Селунский В.В. – к.т.н., доцент ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»*

*Ткачёв А.Н. – к.т.н., доцент ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»*

### **Аннотация**

В работе обоснована экономическая выгода организации производства рыбных продуктов способом электростатического копчения непосредственно на месте вылова рыбы. Подобное производство позволит повысить качество готового продукта, значительно сократит потери рыбы при её транспортировке. Внедрение указанной технологии производства потребует модернизации конструкции серийной установки электростатического копчения с целью обеспечения автономности её работы.

В настоящее время на территории Южного Урала широко представлена рыбная продукция, изготовленная как из привозной морской рыбы, так и из рыбы, выловленной в местных водоемах. К таким продуктам относятся следующие: рыба копченая (холодным и горячим способом), соленая, сушеная, вяленая, провесная,

рыбные консервы и пресервы. Но если рыбные консервы, частично пресервы, соленая и сушеная рыба, которые изготавливаются в основном из морской рыбы, привозятся в регион издали, из мест промысла, где располагаются крупные рыбоперерабатывающие заводы, то копченая рыба производится в основном на местных предприятиях. Объясняется это тем, что копченая рыба, особенно приготовленная по технологии горячего копчения, представляет собой скоропортящийся продукт, это же относится к провесной рыбе [1]. Кроме этого при изготовлении продуктов на небольших производствах, что характерно для местных рыбоперерабатывающих цехов, удобней следить за конъюнктурой местного рынка рыбопродуктов и обеспечивать необходимый уровень продаж.

Свою нишу на региональном рынке рыбных продуктов занимает рыба из местных водоёмов: карась, щука, окунь, чебак, лещ, пелядь. Наиболее подходящим сырьём при производстве копченых продуктов в нашем регионе является пелядь [2]. Это объясняется высокими вкусовыми качествами рыбы, отсутствием болотного запаха (как у карася), плоской формой, способствующей быстрому просаливанию и прокапчиванию рыбы, ненужностью разделки и очистки сырья перед копчением и низкой стоимостью рыбы-сырца, особенно в местах вылова.

Проблема производства рыбных продуктов из сырья местных водоёмов заключается в необходимости транспортировки свежевыловленной рыбы к месту её переработки. Это приводит к быстрой порче рыбного сырья, особенно при высоких летних температурах, что отрицательно сказывается на качестве готового продукта. Организация же охлаждения или заморозки рыбы на месте её вылова экономически нецелесообразна, так как требует больших капитальных затрат, что сразу поднимет цену продукта до уровня стоимости завозной морской рыбы.

Решить задачу производства высококачественного рыбного продукта из сырья местных водоёмов возможно с помощью организации вблизи мест вылова рыбы перерабатывающих пунктов. Однако строительство круглогодично работающих перерабатывающих цехов вблизи мест вылова нецелесообразно и экономически невыгодно по двум причинам: сезонность вылова рыбы; удаленность большинства мест промысла рыбы от коммуникаций, в том числе от источников централизованного электроснабжения.

В этих условиях вызывает интерес использование для производства копченых продуктов сезонных коптильных пунктов с применением технологии электростатического копчения [3]. Подобная технология производства рыбных продуктов была разработана в середине прошлого века и впервые была применена

на Киевском рыбокомбинате [4]. Изыскания в данном направлении производства пищевых продуктов проводили и другие исследователи, в результате были определены основные параметры процесса электрокопчения, установлены преимущества и недостатки указанной технологии [5].

В настоящее время отечественными и зарубежными производителями выпускаются разнообразные установки электростатического копчения, отличающиеся по способу получения коронного разряда, габаритам, производительности, цене. Однако на практике они не нашли пока широкого применения из-за ряда конструктивных недостатков, высокой цены установок, а также некоторого неприятия производителей в целесообразность внедрения новой технологии и покупки дорогостоящего оборудования.

Нами был проведен сравнительный анализ установок электростатического копчения, таких как УЭК-1 «Идиллия», ЭКМ-50...ЭКМ – 300, Ижица – 1200, а также оборудования германского производства. Наиболее приемлемой, по условиям «стоимость-производительность-качество готового продукта», на наш взгляд, является установка УЭК-1 «Идиллия». Однако при опытной эксплуатации были выявлены определенные недостатки указанного устройства. Во-первых, дымогенератор в установке находится непосредственно под коптильной камерой и при холодном копчении рыбы температура дымовоздушной смеси часто превышает допустимую, равную  $+40^{\circ}\text{C}$  [6]. Во-вторых, насыщение рыбы коптильным препаратом, при постоянно включенном источнике высокого напряжения, происходит неравномерно, больше со стороны подачи дыма в коптильную камеру. В-третьих, основная электрическая мощность, потребляемая установкой УЭК-1 «Идиллия», расходуется на работу дымогенератора, на подогрев дымообразующего сырья (порядка 500...600 Вт). На образование электростатического поля, необходимого для электрокопчения, расходуется небольшая мощность (около 70...80 Вт). Разделение указанных потоков мощности позволит обеспечить автономный режим работы установки электростатического копчения с питанием, например, от аккумуляторной батареи, что особенно актуально для сезонных коптильных предприятий, организованных в местах вылова рыбы.

С учетом перечисленных недостатков нами была разработана установка электростатического копчения, изготовленная на базе серийного устройства УЭК-1 «Идиллия» [7]. Модернизированная электрокоптильная установка имеет новый дымогенератор, который располагается на расстоянии от коптильной камеры, и

дым подаётся в неё по дымопроводу, что обеспечивает охлаждение дыма до температуры, необходимой для холодного копчения. Конструкция выносного дымогенератора изображена на рис. 1. Корпус дымогенератора снизу подогревается с помощью небольшой газовой горелки до оптимальной для пиролиза древесины температуры, равной (+300...+400 °С). В передней стенке устройства располагается подъёмная заслонка 4 для загрузки дымообразующего сырья (стружек, опилок). Сверху, в задней части установлен патрубок 5 для отвода коптильного дыма. Корпус дымогенератора сварен из листового металла толщиной 3 мм.

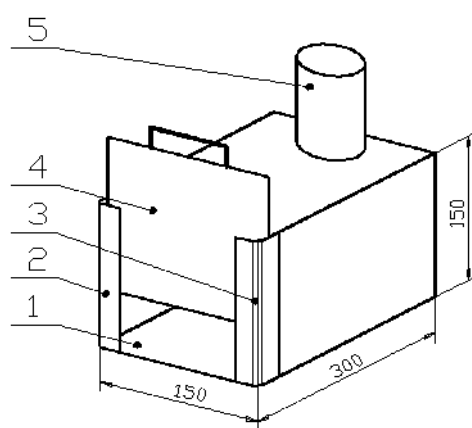


Рис. 1. Конструкция дымогенератора:

- 1 – корпус дымогенератора; 2, 3 – уголки, для крепления заслонки;  
4 – заслонка; 5 – патрубок для отвода коптильного дыма

Дым подаётся в коптильную камеру по трубе определенной длины, что обеспечивает его приемлемые, для холодного копчения, значения температуры. Для исследования влияния длины дымопровода на температуру коптильного дыма была изготовлена экспериментальная установка, рис. 2.

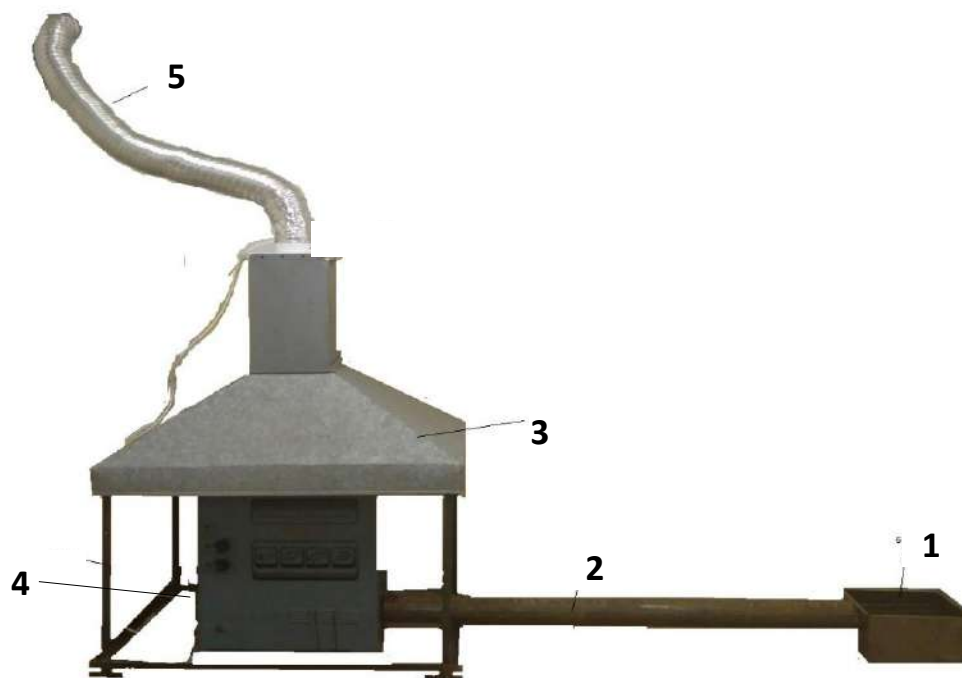


Рис. 2. Внешний вид экспериментальной установки:

1 – выносной дымогенератор; 2 – дымопровод (труба); 3 – зонд для сбора отработанного дыма; 4 – установка электростатического копчения; 5 – воздуховод для отвода дыма

Теоретически рассчитать температуру дыма в коптильной камере довольно сложно. Поэтому были проведены замеры температуры дыма в нижней зоне коптильной камеры при различной длине дымопровода. Замеры производились в начальный период дымообразования (пиролиза) при максимальной температуре в зоне производства дыма.

Соотношение температуры дыма от длины дымопровода изображено на рис. 3.

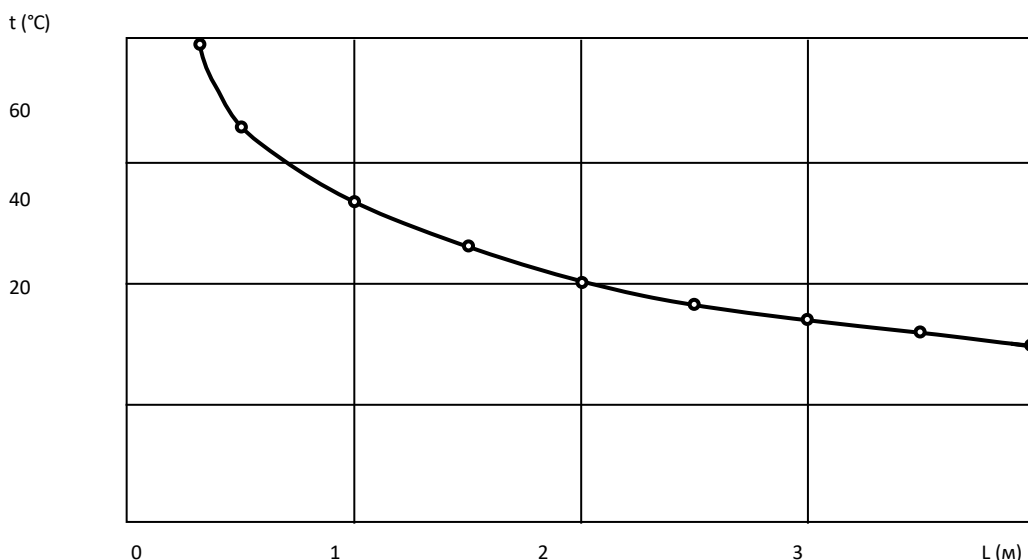


Рис. 3. Зависимость температуры дыма ( $t$ ) от длины дымопровода ( $L$ )

Как следует из представленного графика, дымопровод длиной более двух метров обеспечивает требуемый температурный режим в коптильной камере, соответствующий режиму холодного копчения.

Для улучшения качества готового продукта за счет усиления равномерности прокапчивания была разработана схема автоматического управления. Она позволяет подавать высокое напряжение на коронирующие электроды установки по мере заполнения дымом коптильной камеры. Схема изображена на рис. 4 и работает следующим образом. В исходном состоянии высоковольтные положительные 1 и коронирующие отрицательные электроды 3 обесточены и коптильная камера 2 постепенно наполняется дымом, поступающим снизу от выносного коптильного дымогенератора (на рис. 4 он не показан). После заполнения камеры коптильным дымом фотоэлемент 1, установленный в верхней части, вырабатывает сигнал, который усиливается с помощью усилителя  $У$  и управляет коммутационным аппаратом  $К$ , который включает источник высокого напряжения ИВН. Последний подает высокое напряжение на рабочие электроды, возникает коронный разряд и происходит процесс электростатического копчения.



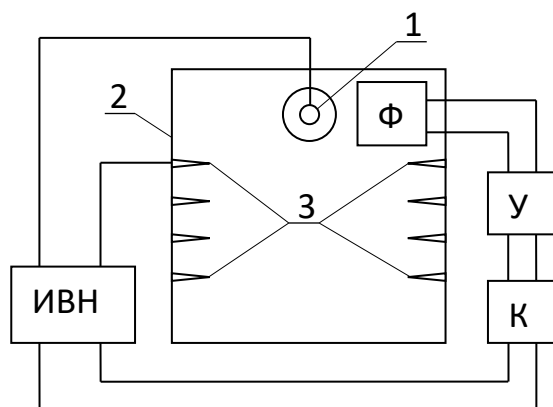


Рис. 4. Схема управления электростатической коптильной установки:  
 1 – положительный электрод; 2 – коптильная камера; 3 – отрицательный коронирующий электрод; ИВН – источник высокого напряжения; Ф – фотореле; У – усилитель; К – коммутационный аппарат

Непосредственно процесс копчения, который заключается в осаждении частиц коптильного дыма на обрабатываемый продукт, продолжается короткое время, не более 2...3 секунд. После чего весь коптильный препарат, находящийся в коптильной камере, оседает на обрабатываемый продукт, схема обесточивается и переходит в ждущий режим, до следующего наполнения камеры дымом. Подобный режим работы модернизированной установки позволяет обеспечить равномерность прокапчивания продуктов, независимо от их мест расположения в коптильной камере.

#### **Основные выводы**

1. Обоснована целесообразность организация на территории региона Южного Урала сезонных перерабатывающих пунктов для производства способом электротехнологии рыбопродуктов из сырья местных водоёмов.

2. Обоснован выбор базовой установки: устройства электростатического копчения УЭК–1 «Идиллия» и произведена её модернизация путем внедрения нового дымогенератора и схемы автоматического управления.

3. Произведены испытания усовершенствованной электрокоптильной установки и оптимизированы её конструкция и режимы работы.

### Список используемых источников

1. Мезенова О.Я., Ким И.Н., Бредихин С.А. Производство копченых пищевых продуктов. М: Колос 2001. 208 с.
2. Абдрафиков С.Н., Селунский В.В. Производство рыбопродуктов. Челябинск: ЧГАУ, 2002. 280 с.
3. Селунский В.В., Чурин В.Ю. Производство копченой рыбы в полевых условиях с помощью электростатической установки // Вестник Челябинского государственного агроинженерной академии. 2010. Т.57. С. 147–150.
4. Воскресенский Н.А., Логунов Л.Л. Технология рыбных продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1968. 424 с.
5. Буторин В.А., Селунский В.В., Банин Р.В., Ябыков К.Ж. Оптимизация электростатического способа копчения рыбы // АПК России. 2018. Т. 25. № 1. С. 89-96
6. ГОСТ 11482-96. Рыба холодного копчения.
7. Селунский В.В., Савиновских А. Г., Шукшин Б.Е., Пайдушев Д.С. Модернизация схемы управления электростатической коптильной установки // Современные технологии в электроэнергетике: задачи, проблемы, решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Челябинск: Полиграф-Мастер, 2018. С. 21-27.

## О ВЫБОРЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЛЕГКИХ МОТОЦИКЛОВ И СКУТЕРОВ

*Токтаров И.В. – студент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

### Аннотация

В статье рассматриваются проблемы экологии больших городов. Вопрос решаемости проблем путем создания электротранспорта. Основное содержание статьи направлено на вопрос о выборе электродвигателя для легких мотоциклов и скутеров и их параметрам.

**Введение.** Экология структуры городского дорожно-транспортного комплекса в настоящее время, когда автомобили становятся всё доступнее для населения, оставляет желать лучшего. Не менее 60-70% загрязнений атмосферного воздуха в крупных городах приходится на выбросы вредных веществ от персонального транспорта.

Эти выбросы наиболее опасны в тех районах города, где плотность застройки стремиться к превышению допустимых норм. Чаще всего это деловые и спальные районы города. Такие района имеют так называемые ветровые тени, которые препятствуют рассеиванию твердых частиц и газов из атмосферы [4].

Общество нуждается в электрификации не только общественного, но и личного транспорта. Инженерная разработка любого вида техники – это очень сложный процесс, который нуждается в крайне чутком подходе к нему, ведь от этого напрямую зависит безопасность водителей и пешеходов.

Исходя из вышеперечисленных причин необходимо разработать методику расчета мощности электродвигателя для мотоциклов и скутеров. С помощью этого вида транспорта мы можем улучшить экологическую ситуацию в городах, разгрузить дорожную систему и обратить внимание молодого поколения на необходимость электрификации личного транспорта.

**Цель работы.** Проведение предварительных расчётов необходимой мощности электродвигателя и его максимального крутящего момента, исходя из заданной максимальной скорости электромотоцикла и времени ускорения до этой скорости. По результатам предварительного расчёта подобрать наиболее подходящий тип электродвигателя исходя из таких параметров как срок службы, удельная мощность и КПД [5].

Параметры и необходимые характеристики ТС, удовлетворяющего условиям комфортного перемещения по городу, приведены в таблице ниже (табл.1).

Табл. 1

Основные характеристики ТС

Максимальная снаряженная масса мотоцикла $m$ , кг	250,0
Диаметр ведущего колеса $d$ , м	1,0
Максимальная скорость $U_{max}$ , м/с	25,0
Время разгона до максимальной скорости $t$ , с	25,0
Аэродинамический коэффициент силы лобового сопротивления $C_x$	0,6
Площадь лобового сопротивления воздуха $S$ , м <sup>2</sup>	0,6
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,93
Передаточное число цепной передачи $i_0$	3,0

Расчёт мощности электродвигателя. Тягово-скоростные характеристики машины определяются характеристиками тягового электродвигателя, первой основной такой характеристикой является мощность двигателя [1].

Расчет необходимой мощности двигателя будем производить по аналитической формуле [2]

$$P_{дв} = \frac{m \cdot g \cdot f_k \cdot U_{max} + 0,5 \cdot C_x \cdot \rho_{возд} \cdot S \cdot U_{max}^3}{\eta_{тр}}, \quad (1)$$

где:

$m \cdot g \cdot f_k \cdot U_{max}$  – Мощность, необходимая, на преодоление мотоциклом силы сопротивления трения о дорожное покрытие, обозначим данный параметр  $P_{тр}$

$0,5 \cdot C_x \cdot \rho_{возд} \cdot S \cdot U_{max}^3$  – мощность, необходимая на преодоление мотоциклом силы аэродинамического сопротивления воздуха, обозначим данный параметр  $P_{аэр}$

$\eta_{тр}$  – КПД трансмиссии мотоцикла (КПД цепной передачи)

Дополнительные параметры, необходимые для расчета приведены в таблице ниже (табл.2)

Табл. 2

Таблица дополнительных данных

Ускорение свободного падения $g$ , м/с <sup>2</sup>	9,81
Коэффициент сопротивления качению $f_k$	0,0015
Плотность воздуха $\rho_{\text{возд}}$ , кг/м <sup>3</sup>	1,9
Угол наклона дороги к горизонтали $\alpha$	0

Подставляя числовые значения в формулу расчёта необходимой мощности  $P_{\text{дв}}$  электродвигателя (1), получается:

$$P_{\text{тр}} = m \cdot g \cdot f_k \cdot U_{\text{max}} = 250 \cdot 9,81 \cdot 0,0015 \cdot 25 = 91,97 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{аэр}} = 0,5 \cdot C_x \cdot \rho_{\text{возд}} \cdot S \cdot U_{\text{max}}^3 = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 1,9 \cdot 0,6 \cdot 25^3 = 5343,75 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{дв}} = \frac{91,97 + 5343,75}{0,95} = 5,72 \text{ кВт} \quad (1)$$

Выполним расчет мощности двигателя в зависимости от скорости, подставляя различные значения скорости из таблицы 3 в формулу (1). Результатом расчета динамических характеристик является график на рисунке 1

Табл. 3

Результаты расчета аэродинамических характеристик

Скорость									
м/с	2,78	5,56	8,33	11,11	13,89	16,67	19,44	22,22	25,00
км/ч	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00
Мощность									
кВт	0,02	0,08	0,24	0,54	1,02	1,73	2,72	4,04	5,72

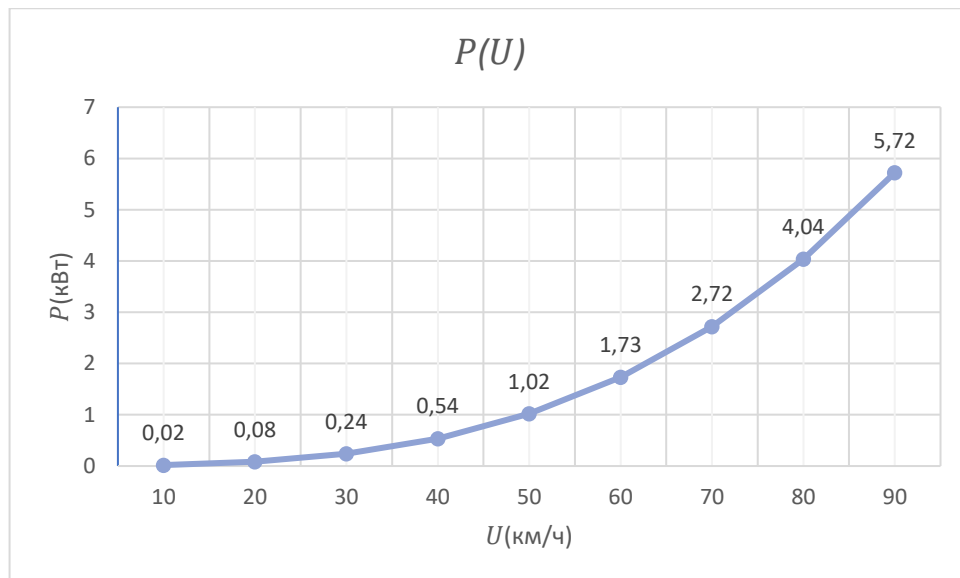


Рис. 1. График зависимости мощности двигателя от скорости ТС

Второй важной характеристикой любого электропривода является крутящий момент на валу электродвигателя. Чтобы найти минимальный крутящий момент используется следующее общее аналитическое выражение [2]:

Рассчитаем крутящий момент на валу электродвигателя

$$M = \frac{\left( \frac{P_{тр}}{U_{max}} \cdot \cos\alpha + m \cdot g \cdot \sin\alpha + \frac{P_{аэр}}{U_{max}} + m \cdot \sigma_r \right)}{\eta_{тр} \cdot i_0} \cdot \frac{d}{2} \quad (2)$$

где:

$\alpha$  – угол наклона дороги к горизонтали

$\sigma_r = \frac{U_{max}}{t_p}$  – ускорение электромотоцикла

$d$  – диаметр ведущего колеса

$i_0$  – передаточное число цепной передачи

Дополнительные параметры представлены в таблице 2

Подставляя числовые значения в формулу для расчёта минимального крутящего момента  $M$  на валу электродвигателя (2), получается:

$$M = \frac{\left( \frac{91,97}{25} \cdot 1 + 250 \cdot 9,81 \cdot 0 + \frac{5343,75}{25} + 250 \cdot \frac{25}{25} \right)}{0,95 \cdot 3} \cdot \frac{1}{2} = 62,56 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2)$$

Выполним расчет крутящего момента на валу электродвигателя наклона дороги при постоянной скорости электромотоцикла подставляя значения угла наклона из таблицы 4. Результатом расчета является график, изображенный на рисунке 2.

Результаты расчета Крутящего момента от угла наклона

Угол наклона					
градус	0	5	10	15	20
радиан	0,00	0,09	0,17	0,26	0,35
Крутящий момент					
Н·м	6,26	9,89	13,50	17,05	20,51

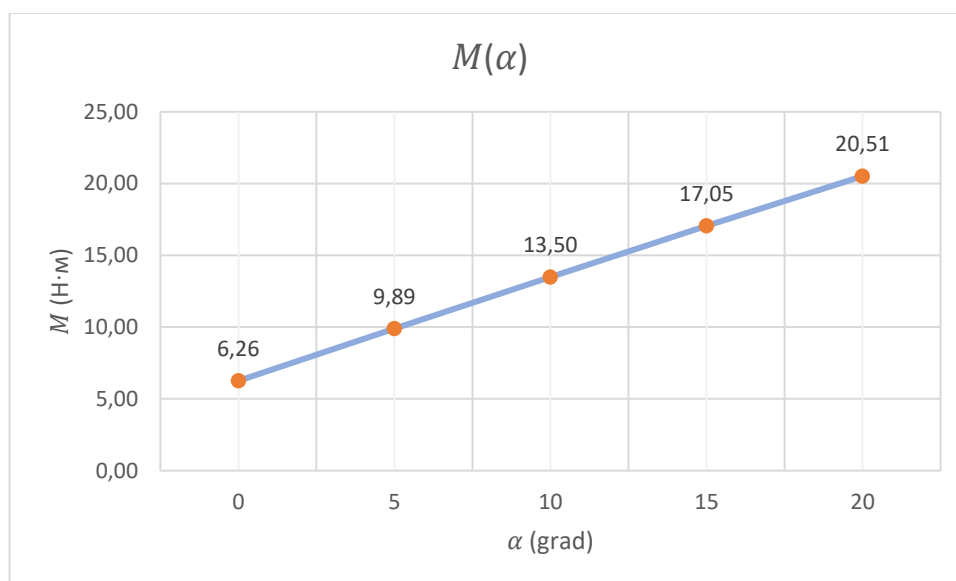


Рис. 2. График зависимости крутящего момента на валу от угла наклона дороги

**Выбор двигателя для электромотоцикла.** Для данного ТС по всем вычисленным параметрам совместим бесщеточный двигатель постоянного тока от компании Golden motor мощностью 5 кВт. Описание двигателя [3]:

HPM5000B - бесщёточный, бесколлекторный электродвигатель постоянного тока (BLDC) 5000 Вт с воздушным охлаждением

Мотор относится к классу вентильных двигателей: бесконтактный двигатель постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов, сделанных из неодим-железо-бора. Определение положения ротора в любой момент времени обеспечивают 3 датчика Холла (для сенсорных контроллеров управления). Для контроля над перегревом, установлены датчики температуры.

Применение: устанавливается на электрических автомобилях, электрических мотоциклах, электрических тележках для гольфа, электрических лодках и т. д.

Особенности: Компактный дизайн, влагозащищённый. Вал из нержавеющей стали, воздушное охлаждение.

Технические характеристики:

- Напряжение: 48В / 72В / 96В / 120В
- Номинальная мощность: 5-7.5 кВт
- Номинальный момент: 14 Н\*м
- Пиковый момент: 24 Н\*м
- Частота вращения: 3500 об/мин
- Корпус: Алюминий
- Длина (высота): 126 мм
- Диаметр: 206 мм
- Диаметр вала: 22.2 мм
- Вес: 11 кг
- КПД: 91%

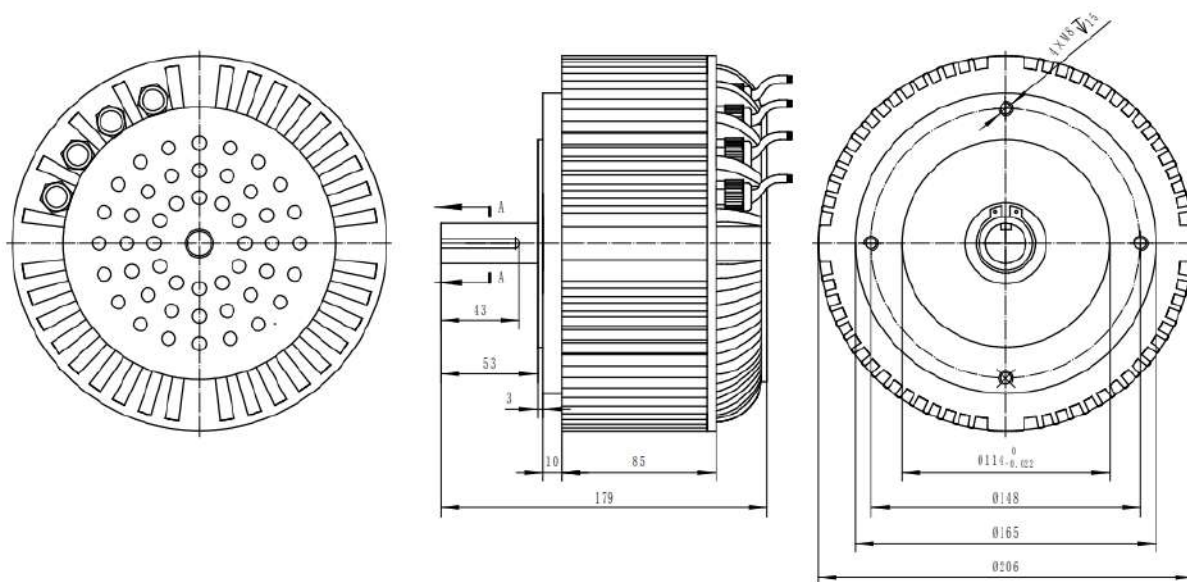


Рис. 4. Чертеж электродвигателя

**Выводы.** Таким образом, результатом моих исследований является то, что создание электромотоцикла как личного ТС является возможным и оправданным как экономически, так и экологически в связи с тем, что на рынке электродвигателей представлены товары, которые технически удовлетворяют условиям необходимой мощности, безопасности, высокого КПД. Данные двигатели могут обеспечить необходимый тяговый момент для комфортной езды на уклон, их небольшие габариты позволяют использовать их в электромотоциклах и электроскутерах. С их помощью мы можем строить технику, способную



разгружать неблагоприятную экологическую обстановку, связанную с вредными выбросами газов и твердых частиц автомобилями, разгружать загруженность дорог в целом. Электротранспорт является конкурентоспособной альтернативой транспорту с ДВС и может полностью заменить их в будущем.

#### **Список используемых источников**

1. Слепцов М.А. Основы электрического транспорта. М: Издательский центр «Академия», 2006. 464 с.
2. Loek marquenie, Design of an energy efficient high performance drive train // Eindhoven university of technology. 2010. 115 p.
3. Электродвигатель НРМ5000В (BLDC) с воздушным охлаждением 5 кВт [Электронный ресурс]. URL: [goldenmotor.ru/bldc-motors/motors/hpm5000b-fan-cooling](http://goldenmotor.ru/bldc-motors/motors/hpm5000b-fan-cooling) (дата обращения: 09.12.2021 г.).
4. Ветровые тени (застойные зоны) около зданий [Электронный ресурс]. URL: [ru-ecology.info/term/66668](http://ru-ecology.info/term/66668) (дата обращения: 09.12.2021 г.).
5. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: учебник для вузов. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 478 с.

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВНУТРЕННЕГО И ВНЕШНЕГО ОСВЕЩЕНИЯ**

*Филимонов С.С. – студент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

*Лыткин К.А. – студент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

#### **Аннотация**

В данной работе рассмотрен алгоритм работы внешнего и внутреннего освещения с расписанием, представлены два программных решения для автоматизации данного алгоритма. Выделены достоинства и недостатки каждого алгоритма.

В современном мире всё большее применение обретают multifunctional системы управления автоматикой, которая защищает дорогостоящее оборудование предприятия, распределительные

электроэнергетические сети, а также распределительные сети низкого напряжения [1].

Данное исследование несёт в себе очень обширное практическое применение, позволяя программировать любое устройство, работающее от одной фазы, т. е. 220 В.

Программируемый логический контроллер (далее – логическое реле) может выполнять несколько функций:

- повторения (состояние – открытый-закрытый контакт);
- отрицания (при отсутствии напряжения контакт находится в проводящем состоянии, при появлении напряжения контакт размыкается и разрывает цепь);
- логического сложения (есть два параллельно подключенных нормально разомкнутых контакта, если один разомкнут, то проводимость цепи обеспечит второй, замкнутый контакт);
- логического умножения (два последовательно включенные нормально открытые контакты, при таком подключении контактов реле проводимость можно получить только в случае, когда оба контакта замкнуты);
- равнозначности (два последовательно включенных переключающихся контакта);
- неравнозначности (противоположность равнозначности) [2].

Логические реле делятся на:

- промежуточные – предназначенные для расширения функций других реле;
- указательные – для срабатывания других реле;
- реле времени – для срабатывания с регулируемой выдержкой времени, имеющей заданную точность;
- замедленные – для срабатывания или возврата со специально предусмотренным замедлением [3–5].

В нашем случае рассмотрено указательное микропроцессорное логическое реле ONI PLR-S. CPU1206(R), на базе которого воссоздан цикл работы внешнего и внутреннего освещения жилого дома.

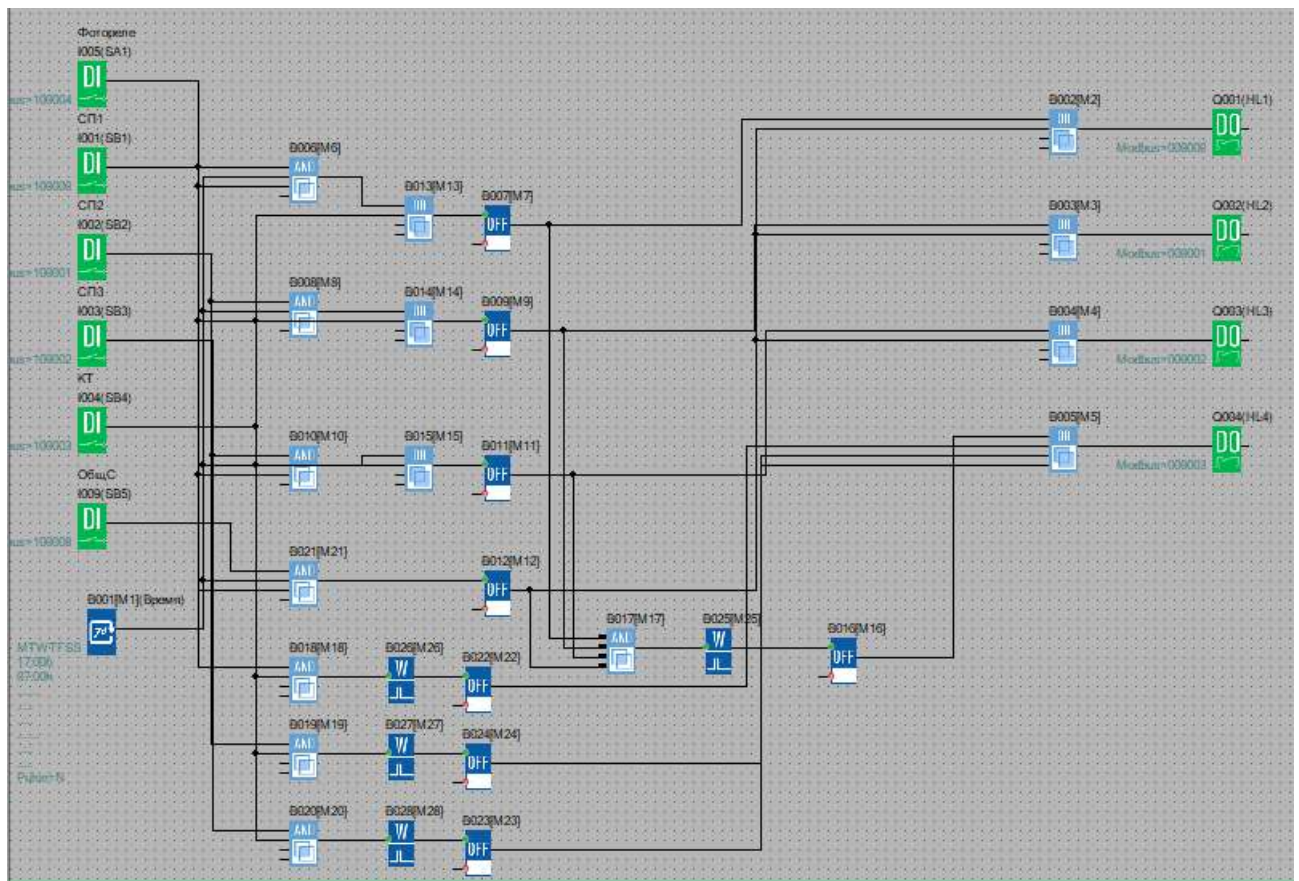


Рис.1. Блок-схема программы работы внутреннего и внешнего освещения

Ключевые моменты данного алгоритма:

- с 7:00 до 17:00 отсутствие реакции системы и в светлое время суток кроме сигнала тревоги;
- с 17:00 до 7:00 при срабатывании сигнала тревоги включаются все внешние источники освещения на 10 секунд;
- после отключения внешнего освещения внутреннее светит ещё 5 секунд;
- каждый из источников внешнего освещения по отдельности включается на 10 секунд.

После была написана программа на основании составленного алгоритма и блок-схемы, с подключением соответствующих датчиков. Полный код программы предоставлен ниже:

```
//Подключенные библиотеки для работы программы
#include <iostream>
#include <conio.h>
#include "light_sensor.h"
```

```

#include "move_sensor.h"
#include <string>
#include <stdlib.h>
#include <fstream>
#include <iomanip>
#include "windows.h"

//Определение функции времени
#define currentTime(time)

//Использование стандартного пространства имен
using namespace std;

//Время после запуска всех систем, сбрасывается до нуля.
float current_time = 0;

//Функции от 1 до 10 ( описание функций есть в документе)
void function1_10(bool SB1, bool SB2, bool SB3, bool SB4, bool SB5, bool HL1, bool HL2, bool HL3, bool HL4, bool SA1) {

    //Функция 1
    if (SB1 == true && current_time >= 17 * 60 && current_time <= 7 * 60) {
        while (20) {Sleep(1000); HL1 = true; } SB1 = false;}
    else {HL1 = false;}

    //Функция 2
    if (SB2 == true && current_time >= 17 * 60 && current_time <= 7 * 60) {
        while (20) {Sleep(1000); HL2 = true;} SB2 = false; }
    else {HL2 = false;}

    //Функция 3
    if (SB3 == true && current_time >= 17 * 60 && current_time <= 7 * 60) {
        while (20) {Sleep(1000); HL3 = true;} SB3 = false;}
    else { HL3 = false;}

    //Функция 4
    if (SB4 == true) {
        while (20) { Sleep(1000); HL1 = true; HL2 = true; HL3 = true; }
        HL1 = false; HL2 = false; HL3 = false;

        //Функция 6
        while (5) { HL4 = true;} HL4 = false; SB4 = false;}

    else { HL1 = false; HL2 = false; HL3 = false; }

    //Функция 5
    if (SB5 == true && current_time >= 17 * 60 && current_time <= 7 * 60) {
        while (10) { Sleep(1000); HL1 = true; HL2 = true; HL3 = true; } HL1 = false; HL2 = false; HL3 = false;

        //Функция 6

```

```

    while (5) { Sleep(1000); HL4 = true; } HL4 = false; SB5 = false; }
else { HL1 = false; HL2 = false; HL3 = false; }
//Функции 7/8/9
if (SB4 == true && (SB1 == true || SB2 == true || SB3 == true)) {
    while (15) { Sleep(1000); HL4 = true; } HL4 = false; }
    while (15) { Sleep(1000); HL4 = true; } HL3 = false; }
    while (15) { Sleep(1000); HL4 = true; } HL2 = false; }
    while (15) { Sleep(1000); HL4 = true; } HL1 = false; }
    while (15) { Sleep(1000); HL4 = true; } HL0 = false; }
//Функция 10
if (current_time < 17 * 60 && current_time > 7 * 60 &&
    SB1 == false && SB2 == false && SB3 == false && SB4 == false) {
    HL1 = false; HL2 = false; HL3 = false; HL4 = false; }
while (15) { Sleep(1000); HL4 = true; } HL4 = false; }
}
//функция, отвечающая за сообщения предупреждения в случае активации датчиков
void warwingMSG(bool SB1, bool SB2, bool SB3, bool SB4, bool SB5) {
    //Вывод результата на консоль, в случае активации датчиков перемещения
    printf(" Состояние датчиков: \n");
    if (SB1) cout << " SB1 - ACTIVE\n";
    else if (! SB1) cout << " SB1 - DEACTIVE\n";
    if (SB2) cout << " SB2 - ACTIVE\n";
    else if (! SB2) cout << " SB2 - DEACTIVE\n";
    if (SB3) cout << " SB3 - ACTIVE\n";
    else if (! SB3) cout << " SB3 - DEACTIVE\n";
    if (SB4) cout << " SB4 - ACTIVE\n";
    else if (! SB4) cout << " SB4 - DEACTIVE\n";
    if (SB5) cout << " SB5 - ACTIVE\n";
    else if (! SB5) cout << " SB5 - DEACTIVE\n";}
//Функция панели управления датчиками
void controlPORT(short int select, float current_time, bool SB1, bool SB2, bool SB3, bool SB4, bool SB5) {
    int sost = 0;
    while (true) { current_time += 1;
        if (select == 0) {
            printf(" ----- \n");
            printf(" Панель управления датчиками\n здесь можно настроить: \n");
            printf(" ----- \n");

```

```

printf(" 1) Калибровка\n 2) Выкл/вкл\n 3) Загрузка пакетов для обновления через ADB\n 4) Управление временем\n
5) Получить информацию о датчик (IMEI, ver & etc)\n 6) Выход\n");

printf(" ----- \n");

printf(" Введите цифру для выбора пункта: ");

cin >> select;}

if (select == 1) {system("cls");

printf(" Запуск калибровки");

Sleep (300); printf(".");

Sleep (300); printf(".");

Sleep (300); printf(".");

printf("\n Калибровка запущена. \n Это займет несколько секунд ");

for (int i=0; i <= 10; i++) {cout << "|"; Sleep (500);}

printf("\n Калибровка прошла успешно! "); select = 0;

Sleep (2500); system("cls");}

if (select == 2) {system("cls");

if (sost == 0) {

sost = 1; printf("Датчики ВКЛ!"); SB1 = true; SB2 = true; SB3 = true; SB4 = true; SB5 = true;}

else if (sost == 1) { sost = 0; printf("Датчики ВЫКЛ!"); SB1 = false; SB2 = false; SB3 = false; SB4 = false; SB5 = false;}

Sleep (1000); select = 0; system("cls");}

if (select == 3) {system("cls");

if (aft == 0) {

aft = 1; SB1 = true; SB2 = true; SB3 = true; SB4 = true; SB5 = true;}

else if (aft == 1) {aft = 0; SB1 = false; SB2 = false; SB3 = false; SB4 = false; SB5 = false;}

//управление временем

if (select == 4) { system("cls");

printf("\n Сейчас время (в часах): %i",int(current_time));

printf("\n здесь вы можете указать время (в часах от 0 до 24): ");

cin >> current_time;system("cls"); select = 0;}

//получения состояние датчиков

if (select == 5) {system("cls"); warwingMSG(SB1, SB2, SB3, SB4, SB5);

Sleep (1000); system("cls"); select = 0;}

//выход

if (select == 6) {exit (0);}

select = 0;}}

int main () {

setlocale(LC_ALL, "rus");

short int select = 0;

```

```

bool SB1 = false, SB2 = false, SB3 = false, SB4 = false, SB5 = false,
    HL1 = false, HL2 = false, HL3 = false, HL4 = false, SA1 = false;
printf(" Запуск системы");
Sleep (300); printf("."); Sleep (300); printf("."); Sleep (300); printf(".");
printf("\n Система запущена!"); Sleep(1000); system("cls");
//Все функции датчиков
function1_10(SB1, SB2, SB3, SB4, SB5, HL1, HL2, HL3, HL4, SA1);
//Сообщения предупреждения
warwingMSG(SB1, SB2, SB3, SB4, SB5);
//Панель управления контроллерами (активация, деактивация, отладка для ручного управления)
controlPORT(select, current_time, SB1, SB2, SB3, SB4, SB5);
system("pause");return 0;}

```

Для связки всех сенсоров, в программе подключались соответствующие библиотеки «light\_sensor» и «move\_sensor», через которые осуществляется прием данных с датчиков и передача данных с панели управления.

Принцип работы программы прост. При фиксировании каких-либо изменений датчиков движения (результат работы также отображается в панели управления), программа на вход получает значения true или false bool типа. Далее в программе происходит обработка изменений в функции function1\_10, где в соответствии с временем и датчиков движения изменяются состояния датчиков освещения. Процесс полностью автоматизирован на протяжении всего времени, пока запущена программа.

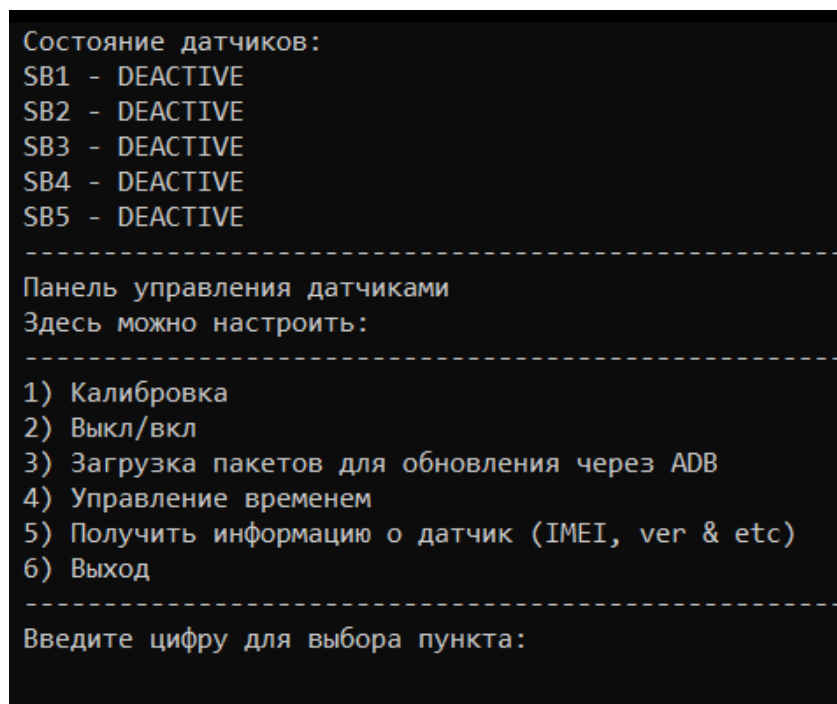


Рис. 2. Панель управления системой освещения (сенсорами)

Панель управления запускается в автономном режиме с запуском систем управления. Данная панель позволяет дистанционно контролировать все системы, вплоть до калибровки самих датчиков, времени, обновлением и активацией/деактивацией соответствующих датчиков. Для полной автоматизации сего процесса, рекомендуется загрузить программу на удаленный сервер, для доступа с любого устройства и в любое время.

На базе Центра прикладных квалификаций КГЭУ «Электроскиллс» протестирована работоспособность программы [6]. Сделан вывод, что предложенное логическое реле может безотказно обрабатывать заданные алгоритмы в условиях реального времени и условий.

#### **Список использованных источников**

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем энергообеспечения. М.: Высшая школа, 1991. 250 с.
2. Кривенков В.В., Новелла В.Н. Релейная защита и автоматика систем энергообеспечения. М.: Энергоиздат, 1984. 328 с.
3. Алексеев В.С., Варганов Г.П., Панфилов Б.И., Розенблюм Р.З. Реле защиты. М.: Энергия, 1976. 463 с.
4. Линт Г.Э. Серийные реле защиты, выполненные на интегральных микросхемах. М.: Энергоатомиздат, 1990. 112 с.



5. Ванин В.К., Павлов Г.М. Релейная защита на элементах вычислительной техники. Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. Отделение, 1991. 336 с.
6. ПУЭ, с изм. и доп., 2010 г.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ**

*Хайбуллин Р.Р. – студент магистрант, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

### **Аннотация**

Дано описание основных понятий в сфере цифровых подстанций, как системы, решающей задачи управления, контроля, измерений и диагностики с передачей информации в центр управления сетями. Показано, что программно-технические средства, входящие в состав такой подстанции, должны быть серийными, унифицированными, со сроком службы не менее 12 лет при условии проведения требуемых технических мероприятий по обслуживанию каждого компонента и системы в целом.

Наиболее перспективными направлениям в развитии современной энергетики являются совершенствование генерации электрической энергии, решение вопросов, связанных с эксплуатацией линий электропередач, модернизация и реконструкция действующих подстанций. Одним из важных моментов является переход подстанций на цифровую платформу.

Для осуществления регламента обмена сообщениями в такой сети управления разработан стандарт МЭК 61850 [1]. При переходе на этот стандарт подстанции нового поколения обретают значительное количество преимуществ. Например, уменьшение количества кабелей, проложенных на территории ПС, контрольные кабели исключаются из этой цепочки, и как следствие уменьшение числа отказов и ошибочных действий защит, связанных с пробоем кабеля. Так как цифровая подстанция – это будущее, то необходимо продолжать развивать тенденцию внедрения этих ПС в энергосистему. Эти действия обязывают учитывать возможные риски, производить расчет показателей надежности, делать технико-экономические обоснования для новых проектных решений и быть готовыми предотвратить отказы.

Главной идеей, положенной в основу разработки стандарта МЭК-61850, является попытка привести к общим требованиям разнообразные технические

решения производителей защитного и коммуникационного подстанционного оборудования.

Подобные требования к унификации сделали стандарт достаточно громоздким и сложным. Он содержит в себе как требования к системам передачи данных, так и регламентирует функции электрических систем от общесистемного уровня, до конфигурации единичных терминалов релейной защиты и автоматики.

Разработанные требования стандартизируют характеристики файлов конфигурации, что приводит к созданию на базе МЭК-61850 простых и понятных систем.

Следует также отметить и установленные стандартом требования электромагнитной совместимости и унификации устройств.

Большую часть стандарта занимает описание коммуникационных протоколов MMS и GOOSE. Обменных данных между устройствами осуществляется через единую шину, которая используется также и для передачи данных на верхние уровни управления. Всё это приводит к снижению количества контрольных кабелей, упрощает архитектуру решений, как следствие пуско-наладочные и эксплуатационные работы становится провести проще и дешевле.

Наличие стационарной шины для передачи информации на верхние уровни непосредственно от терминалов устройств РЗА, позволяет оператору получить прямой доступ к оперативному управлению и контролю с любого терминала релейной защиты или устройства автоматики. Такая схема повышает общий уровень надежности всей системы и усиливает контроль за подчиненными службами.

Таким образом, стандартизация по протоколу МЭК-61850 каналов и форматов передачи данных создала возможность для гибкой реконфигурации цифровых потоков.

Стандарт МЭК-61850 установил MMS и GOOSE в качестве протоколов применяемых «по умолчанию» для передачи данных. При этом MMS следует применять для передачи данных от устройств релейной защиты и автоматики для её дальнейшей визуализации. Протокол GOOSE в свою очередь используется для межтерминального обмена данными

Не малую роль в выборе протоколов передачи данных MMS и GOOSE, в отличие, например, от Modbus, сыграла гарантированная система доставки данных и очень высокая скорость их передачи.

Единый стандарт к системам передачи данных и довольно жесткие требования к взаимной совместимости отдельных устройств позволило еще на базовом уровне

решить все проблемы в области взаимозаменяемости отдельных устройств и компонентов.

Уменьшение количества контрольных кабелей в линиях связи в системах на базе МЭК-61850, значительно повысило общесистемную надежность и существенно упростило задачу по обслуживанию оборудования.

Упрощенная унифицированная архитектурная система программирования, позволила снизить стоимость и сроки проектирования и наладки, за счёт снижения нагрузки на разработчиков и интеграторов систем. Это в свою очередь хоть и предъявляет изменённые требования к персоналу, но всё делает обслуживание систем проще и понятнее, по сравнению с классическими решениями. С другой стороны, эта же особенность является своеобразным недостатком новых технологий, ввиду отсутствия у разработчиков и интеграторов достаточного опыта в построении подобных систем, что естественно представляет собой временные трудности.

Действительно значимым недостаток систем на базе МЭК-61850 является значительная стоимость микропроцессорного оборудования РЗА. В то же время большое количество преимуществ стандарта будет способствовать увеличению количество цифровых подстанций по всему миру.

Очевидно, что изменение топологической схемы для цифровой подстанции, в сравнении со структурой традиционной подстанции классической организации, привело и к изменению общей схемы замещения с точки зрения надёжности, т. к. произошло увеличение количества принимаемых к расчётам условий. Так, для расчёта надёжности коммутационного оборудования, следует учитывать не только характеристики завода изготовителя, но и параметры устройств сопряжения с шиной, волоконно-оптических линий связи, надёжность терминалов релейной защиты и коммутаторов, а также учитывать и верную работу программного интерфейса оператора. Все эти факторы также следует определять для расчёта показателей системной надёжности цифровых подстанций.

В результате реконструкций подстанции обычно переживают 4 стадии перехода от традиционной к цифровой подстанции [2].

1. Традиционная подстанция старого поколения с несколькими РУ высокого напряжения, щитом управления, на котором установлены все шкафы вторичных систем измерения, учета, устройств релейной защиты, выполненной на электромеханической базе. Кабельные связи протяженные, оптимизация невозможна.

2. Новые подстанции со зданиями релейных панелей (ЗРП), расположенными на открытых распределительных устройствах вблизи системы шин

или секции шин, в ЗРП размещены почти все шкафы вторичных систем данной системы шин или секции шин так же релейные панели могут располагаться в ОПУ, в модульных зданиях и КРУЭ. Кабельные связи становятся менее длинными. На главном щите управления у оперативного персонала остаётся оборудование диспетчеров и систем связи.

3. На первом этапе построения цифровой подстанции закладывается установка цифровых измерительных трансформаторов тока и напряжения. Замена медных связей вторичных аналоговых цепей тока и напряжения на оптоволоконные, оптимизация вторичных микропроцессорных терминалов за счет исключения аналого-цифровых преобразователей, промежуточных трансформаторов тока и напряжения.

4. На второй этапе построения проводится работы по организации потоков в цифровом виде, наладке контроля, управление, видеонаблюдение, осуществляемых дистанционно с удаленного диспетчерского пункта с помощью геоинформационных технологии.

К преимуществам цифровых подстанций можно отнести [3]:

- снижение расхода медных кабелей на 80% (для магистральных подстанций с ОРУ) и замена их на оптоволоконный кабель;
- снижение числа подключений между первичным оборудованием и вторичными цепями;
- сокращение сроков монтажа кабельных связей на 40%;
- уменьшение числа панелей;
- сокращение на 40-50% времени перерывов в передаче электроэнергии при реконструкции подстанций;
- эффективное обслуживание и быстрый и безопасный процесс тестирования силового оборудования и вторичных систем.

На цифровой подстанции (ЦПС) практически все процессы информационного обмена как между элементами ЦПС, так и с внешними системами, а также управления работой ЦПС осуществляются в цифровом виде на основе протоколов МЭК, в частности по открытому объектно-ориентированному стандарту МЭК 61850.

Стандарт МЭК-61850 устанавливает требование к поддержке по возможности передачи мгновенных сообщений (Simpled Values), передачи измеренных значений токов и напряжений в GOOSE сообщениях, а также поддержку обмена данных по технологии «клиент-сервер» с использованием протокола MMS.

MMS работает поверх стека TCP, что влияет на скорость передачи данных, поэтому MMS зачастую используется для решения задач по передаче не критичных к задержкам данных, например передачи команд телеуправления, сбора данных телеизмерений и телесигнализации и их передаче в верхний уровень – SCADA-системы.

Одновременно с этим GOOSE, с другой стороны, следует применять для передачи таких «быстрых сигналов», как команды на отключение выключателя от защиты за счет того, что данные в этом протоколе назначаются непосредственно в кадр Ethernet в обход стека TCP [4].

Вновь создаваемые программно-аппаратные комплексы, такие как цифровая подстанция, должны соответствовать действующим нормативно-правовым актам РФ, а также учитывать лучшие мировые практики построения систем киберзащиты.

### **Список используемых источников**

1. Цифровая подстанция: где здесь РЗА? [Электронный ресурс]. – URL: <http://digitalsubstation.com/blog/2017/07/24/tsifrovaya-podstantsiya-gde-zdes-rza> (дата обращения: 28.12.2021 г.).

2. Концепция цифровой автоматизированной подстанции 110-750 кВ [Электронный ресурс]. URL: [http://www.combienergy.ru/stat/1180-Koncepciya-tsifrovoy-avtomatizirovannoy-podstancii-110-750 kV](http://www.combienergy.ru/stat/1180-Koncepciya-tsifrovoy-avtomatizirovannoy-podstancii-110-750-kV) (дата обращения: 28.12.2021 г.).

3. Семинар компании АBB по цифровым подстанциям [Электронный ресурс]. URL: <https://www.besp.by/ru/12-news-whole/294-seminar-kompanii-abb-po-tsifrovym-podstantsiyam.html> (дата обращения: 28.12.2021 г.).

4. Программа инновационного развития ПАО «Россети» на период 2016-2020 гг. с перспективой до 2025 г. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.rosseti.ru/investment/policy\\_innovation\\_development/doc/innovationprogram.pdf](https://www.rosseti.ru/investment/policy_innovation_development/doc/innovationprogram.pdf) (дата обращения: 28.12.2021 г.).

## ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ

*Глемба К.В. – к.т.н., доцент, Южно-Уральский технологический университет; Южно-Уральский государственный университет (НИУ); Южно-Уральский государственный аграрный университет*

*Гриценко А.В. – д.т.н., профессор, Южно-Уральский технологический университет; Южно-Уральский государственный университет (НИУ); Южно-Уральский государственный аграрный университет*

#### **Аннотация**

Проведен анализ взаимосвязи состояния элементов вертикальной разметки и уровня безопасности на дорогах. Показан обзор технологий и установок для очистки вертикальной дорожной разметки. Разработаны методика и технология работы установки для очистки дорожного металло-каркасного колесно-отбойного ограждения удерживающего типа. Результаты экспериментальных исследований могут быть использованы при проектировании рабочих элементов транспортно-технологических машин.

**Актуальность исследований.** В условиях прогрессивного автомобилестроения и ускоренных темпов автомобилизации особую остроту приобретает проблема борьбы с аварийностью и ее последствиями – гибелью и ранениями людей. Статистика дорожно-транспортных происшествий (ДТП) нескольких дней на автомобильном транспорте перекрывает число погибших в течение года на авиационном, железнодорожном, морском и речном транспорте в целом [1, 2]. В городах свыше половины от общего количества ДТП (около 60%) регистрируется в светлое время суток, но происшествия в темное время суток имеют более высокую тяжесть последствий. Почти каждое пятое ДТП (около 18%) совершается на участках с включенным освещением. Самые тяжелые последствия имеют ДТП на неосвещаемых участках улиц и дорог [3-5]. Анализ состояния и динамики аварийности на автомобильном транспорте показывает, что уровень ДТП и дорожно-транспортного травматизма продолжает оставаться недопустимо высоким, что требует принятия незамедлительных и действенных мер по обеспечению безопасности дорожного движения.

Одним из важных регуляторов показателя организации как городского, так и загородного движения, является дорожная разметка [6-13]. Практика

совершенствования организации дорожного движения на отдельных участках улично-дорожной сети показывает недостаточное решение проблемы по очистке элементов вертикальной разметки от загрязнений, что приводит к нарушению нормальных условий ее функционирования. Процентное соотношение ДТП, связанных с неудовлетворительным содержанием элементов вертикальной разметки, составляет порядка 3% от общего количества происшествий [14 – 18]. В результате можно сделать вывод, что дорожной разметке не уделяется должное внимание. Это говорит об актуальности существующей проблемы, которая требует решительных действий [19, 20, 21].

Анализируя и исследуя состояние загрязнения вертикальной разметки, наметился один из путей решения этой проблемы – разработка эффективной установки по очистке вертикальной разметки от загрязнений.

Для выполнения поставленной цели ставились следующие задачи: определить состояние дорожной разметки и ее протяженность; провести анализ технологий и средств для очистки вертикальной разметки от загрязнений; разработать технологическую схему и установку для очистки элементов вертикальной разметки; рассчитать экономический эффект от внедрения предлагаемого устройства.

**Теоретические исследования.** При определении состояния дорожной разметки основное внимание обращали на вертикальную, нанесённую на металлическое дорожное колесно-отбойное ограждение удерживающего типа в городской черте. По многим причинам работа по очистке выполняется менее чем на 30% от требуемого объема, что наглядно отображено на рисунках 2–5. Здесь видно, что часть дорожных сооружений не только неудовлетворительно очищены, но и находятся без соответствующей разметки, предусмотренной нормативной документацией, что ведет к развитию ДТП с тяжелыми последствиями, особенно в тёмное время суток, т. к. металлические ограждения сливаются с проезжей частью и дезориентируют водителей [14–18].



Рис. 1. Состояние ограждений с вертикальной разметкой



Рис. 2. Места скопления грязевых отложений после очистки элементов



Рис. 3. Световозвращатели находятся под слоем грязи



Рис. 4. Очищенный световозвращатель вручную

В крупных городах существует ряд дорожных организаций, которые обязаны наносить, очищать, и в случае надобности проводить покраску дорожных сооружений, требующих нанесения разметки. Среди них, отвечающих за состояние дорог, по роду деятельности можно выделить три группы: проектирование и обслуживание путепроводов, мостов и сооружений; нанесение дорожной разметки, установка дорожных знаков, установка объектов светофорной сигнализации, ремонт и замена устаревших, либо не пригодных для дальнейшей работы объектов; строительство автомобильных дорог, уборка и уход за ними.

При исследовании деятельности организаций первой и третьей групп выяснилось, что они занимаются уборкой дорог и очисткой вертикальной дорожной разметки. В данных организациях есть устройства, предназначенные для этих целей, но уборка ограждений в основном ведётся вручную, на что затрачивается много времени. Руководство одной организации проявило заинтересованность в решении данной проблемы очистки элементов вертикальной разметки и уборки загрязнений, способствовало разработке установки для механизации процесса. В остальных организациях не считают эту проблему достаточно значимой, чтобы искать пути по ее решению.



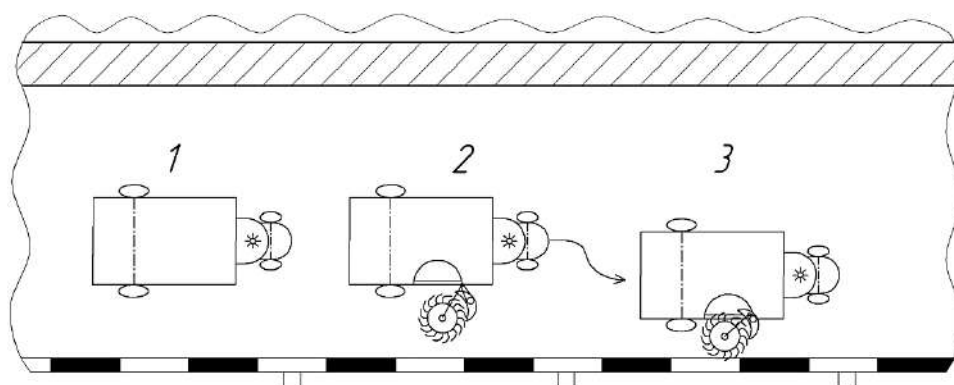
Свидетельство неудовлетворительного состояния дорожных металлокаркасных колесно-отбойных ограждений удерживающего типа подтвердили проведенные исследования по определению степени загрязнения элементов вертикальной разметки (см. рисунки 1–4), что послужило поводом для разработки технологической схемы очистки ограждений и совершенствованию конструкции установки для обслуживания дорог. С целью проектирования установки были получены следующие исходные данные: протяженность ограждений; ширина и длина конструкции ограждения в натуральном виде; толщина налипших загрязнений на элементы ограждения в весенний период после зимы и в летне-осеннее время после дождей; степень сцепления загрязнения с металлической одеждой; время очистки одного погонного метра ограждения по сезонам капроновой и стальной щеткой, число проходов щетки по одному и тому же месту; объемный вес снимаемых с ограждений загрязнений; наибольший размер частиц загрязнений, снимаемых щёткой с ограждений.

Анализ существующих технологий и средств для очистки элементов вертикальной разметки использовались выявил ряд существенных недостатков, общими из которых являются: отсутствие возможности очистки вертикальных плоскостей; имеется недостаточно качественная очистка. Также имеет место нерациональное распределение энергии в устройствах, работающих на частичном использовании законов аэродинамики для поддержания смета во взвешенном состоянии требуется очень четкая постоянная балансировка между весом смета и скоростью (напором) газового потока. Это условие невозможно создать при такой конструкции из-за переменных величин, таких как вид смета (его фракции) и величина подсоса воздуха. При несбалансированной же работе устройства большая часть рабочего потока поступает либо в бункер для мусора, либо в атмосферу, причем без фильтрации. Кроме того, выброс мусора за пределы очищаемой поверхности противоречит задачам обеспечения экологической чистоты.

**Методика исследований.** При обосновании технологической схемы работы установки, опираясь на проведенные теоретические и экспериментальные исследования, приходим к заключению, что счищать грязь с вертикальной разметки необходимо установкой, работающей по принципу пылесоса без повреждения лакокрасочного покрытия [20, 21]. Загрязнения должны отсасываться уравновешенным воздушным потоком, причем, при работе установки атмосфера не должна загрязняться пылью, т. е. конструкция и технология должны

соответствовать безопасности дорожного движения, охране труда и окружающей среды.

На рисунке 5 представлена технологическая схема работы установки при очистке металлического дорожного колесно-отбойного ограждения удерживающего типа. Анализ конструкций приводов щеток уборочно-моечных машин показал, что 20...25 лет назад применяли механический и гидравлический приводы. В настоящее время, когда гидропривод стал надежным и безопасным, предпочтение отдается только ему.



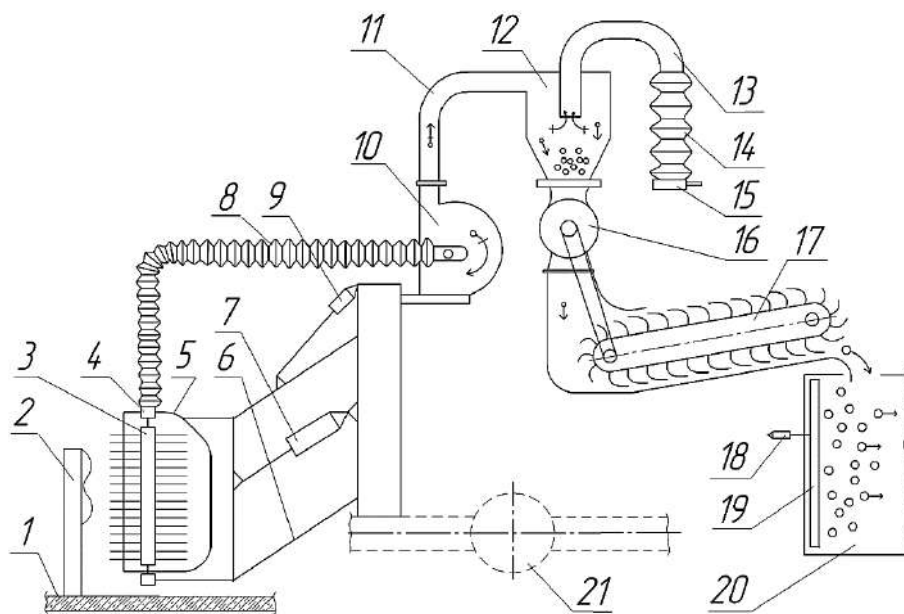
1 – транспортное положение; 2 – подготовка к работе; 3 – рабочее положение

Рис. 5. Технологическая схема работы предлагаемой установки

Предлагаемая установка для очистки элементов вертикальной разметки базируется на шасси автомобиля представляет собой одну из разновидностей уборочных машин. Она монтируется на раму транспортного средства с помощью параллелограммной подвески с гидравлическим приводом подъема и опускания, а также автоматическим пневмоподжимом щетки к очищаемой поверхности. При проектировании установки были учтены недостатки существующих уборочно-моечных машин. Например, при очистке ограждений использование воды приводит, во-первых, к растеканию грязи по проезжей части, что ведет к загрязнению дороги и машин, во-вторых, к разбрасыванию грязи по обочине, а не сбору в ёмкость автомобиля для вывозки с целью утилизации.

На рисунке 6 представлена схема расположения узлов предлагаемой установки для очистки металлического дорожного колесно-отбойного ограждения удерживающего типа. Чистка происходит всухую без применения воды, но так как особое внимание уделяется экологическим аспектам, то из многочисленных

способов очистки воздушного потока от пыли и грязи наибольшее применение нашел центробежный способ фильтрации, поэтому выбираем принцип работы циклона.



1 – проезжая часть; 2 - ограждение с вертикальной разметкой; 3 – щетка; 4 – гидромотор; 5 – кожух щетки; 6 – подвеска щетки; 7 – пневмоцилиндр поджима щетки к ограждению; 8 – пневмопровод; 9 – гидроцилиндр подъема щетки; 10 – вентилятор высокого давления; 11 – соединительный трубопровод; 12 – циклон; 13 - отводящий трубопровод; 14 – фильтр тонкой очистки; 15 – затвор для выгрузки грязепылевых отложений; 16 – шлюзовый затвор; 17 – скребковый транспортер; 18 – выгрузной пневмоцилиндр; 19 – щетка-поршень; 20 – емкость для грязи; 21 – шасси машины;  $\circ \rightarrow$  - грязь;  $\circ \leftrightarrow$  - грязевоздушная смесь;  $\leftrightarrow$  - пылевоздушная смесь

Рис. 6. Схема установки для очистки дорожного метало-каркасного колесно-отбойного ограждения удерживающего типа

**Результаты.** Технологический процесс очистки ограждений состоит в следующем (см. рисунок 6): при движении автомобиля в рабочем положении, щётка 3 вращается навстречу движению автомобиля, приводимая в действие гидромотором 4 и очищает ограждение от грязи. Грязь в виде пыли и мелких частиц, размером 1...10 мм засасывается воздушным потоком, создаваемым вентилятором высокого давления 10, в пневмопровод 8, где грязевоздушная смесь получает дополнительное ускорение проходя через вентилятор 10, устремляясь в

соединительный трубопровод 11, по которому она движется в циклон 12. Далее грязевоздушная смесь закручивается по касательной, перемещаясь к шлюзовому затвору 16, посредством которого грязь сбрасывается на скребковый транспортёр 17, перемещаясь попадает в ёмкость 20, откуда при помощи щётки 19 и пневмоцилиндра 18 отходы выталкиваются из ёмкости. Шлюзовый затвор 16 и скребковый транспортёр 17 приводятся во вращение гидромоторами. В циклоне 12 происходит разделение грязевоздушной смеси на грязь и воздух с мелкими частицы пыли. Пылевоздушная смесь перемещается по отводящему трубопроводу 13 в фильтр 14, где разделяется, проходя через тканевый мешок, причем пыль оседает на дно фильтра, откуда периодически удаляется через затвор 15.

При определении экономической целесообразности использования машины принимались во внимание в основном три фактора: высокая производительность машины за счет более высоких технических характеристик и показателей нормативного времени; повышение уровня безопасности обслуживания дорог путем применения не имеющих аналогов машин, позволяющих механизировать процесс, который ранее выполнялся вручную [22–24]; использование морально новых машин взамен отслуживших (согласно паспортным и нормативным срокам).

Расчёт экономической эффективности проектируемой установки показал, что при ее внедрении в организации сметная стоимость одной машино-смены снизится в 2,15 раза, что обусловлено минимизацией ручного труда и исключением водной среды из технологии обслуживания.

**Выводы.** Выполненная исследовательская работа позволит: усовершенствовать методы эксплуатации дорог, технологию процесса очистки дорожного металло-каркасного колесно-отбойного ограждения удерживающего типа и повысить безопасности его обслуживания; снизить аварийность на улично-дорожной сети за счет улучшения процесса восприятия информационного фона дорожной обстановки в системе водитель-автомобиль-дорога-среда; с целью автоматизации процесса очистки определить алгоритмы и режимы использования рабочего органа установки.

#### **Список используемых источников**

1. Глемба К.В., Ларин О.Н. Обзор методов определения надежности оператора в динамических эргатических системах // Транспорт Урала. 2012. №1(32). С. 17-22.

2. Горбачев С.В., Глемба К.В. Влияние на безопасность движения уровня формализации информационного потока в эргатических системах // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. №10(129). С. 88-93.

3. Глемба К. В., Ларин О.Н., Аверьянов Ю.И. Аспекты повышения безопасности подсистемы "оператор" на колесном транспорте // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 70. С. 34-42.

4. Глемба К. В., Ларин О.Н. Системный подход к поиску резерва повышения безопасности дорожного движения в крупных городах России. Межвузовский сб. науч. статей. Самара: СГТУ, 2013. С. 165-181.

5. Глемба К. В., Ларин О.Н., Майоров В.И. Вопросы применения системного подхода для повышения безопасности дорожного движения // Ежемесячный научный информационный сборник «Транспорт: наука, техника, управление». 2013. Т. 11. С. 52-55.

6. Глемба К.В. Многокритериальный подход к исследованию оценки безопасности в системах принятия решений при управлении автомобилем. Материалы IV Международной науч.-практич. конф. «Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем». Челябинск: ЮУрГУ, 2012. С. 45-55.

7. Загородних А.Н, Суздальцев А.И., Гальянов И.В., Загородних Н.А., Аверьянов Ю.И., Глемба К.В, Светлакова Н.В. Автоматическое определение тормозного пути и замедления автомобиля при торможении как фактор обеспечения безопасности дорожного движения // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. 2004. Т.43. С. 51-55.

8. Горшков Ю.Г., Аверьянов Ю.И., Старунова И.Н. Автоматический контроль за исправностью тормозной системы // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 5. С. 20-22.

9. Глемба К.В., Ларин О.Н. Влияние условий организации дорожного движения на процесс восприятия водителем информации // Транспорт: наука, техника, управление. 2012. № 11. С. 55-57.

10. Аверьянов Ю.И., Глемба К.В., Глемба В.К. Методы оценки информационной перегрузки оператора в процессе управления машиной // Вестник ЧГАА. 2010. Т. 56. С. 5-10.

11. Глемба К.В. Надежность процесса восприятия водителем дорожных условий // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. 2008. Т. 52. С. 30-35.

12. Глемба К.В. Влияние перцептивных процессов пространственного восприятия участников дорожного движения на их безопасность // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 62. С. 26-31.

13. Глемба К.В. Влияние пертинентности информационного поля на безопасность дорожного движения // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 68. С. 7-13.

14. Фомин К.А. и др. Аспекты повышения безопасности пешеходов на пешеходных переходах. Международная научно-практическая конференция. Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2016. С. 263-270.

15. Ларин О.Н. и др. Экспериментальное исследование параметров движения пешеходов на пешеходном переходе. Всероссийская научно-практическая конференция. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. С. 266-273.

16. Ларин О.Н. и др. Методы и результаты исследований безопасности пешеходов на улично-дорожной сети. Международная научно-практическая конференция. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2015. С. 7-14.

17. Ларин О.Н. и др. Исследование факторов и параметров безопасности пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах // Агропромышленный комплекс России. 2015. Т. 74. С. 97-104.

18. Glemba K, Gritsenko A. Research of informativeness and parameters of pedestrian traffic on unregulated pedestrian crossings. Transportation Research Procedia, 2018, vol. 36, pp. 199-206.

19. Глемба К.В. и др. Выявление и совершенствование проблемных взаимосвязей структурных элементов системы безопасности движения мобильных машин // Челябинск: Вестник ЧГАА. 2013. Т. 66. С. 25-34.

20. Горшков Ю.Г. и др. Факторы опасности мобильных технологических процессов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. №7. С. 4-6.

21. Горшков Ю.Г. и др. Старунова И.Н. Оценка потенциальной технологической безопасности подсистемы «машина» // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. №12. С. 40-41.

22. Горшков Ю.Г. и др. Показатель уровня квалификации оператора мобильной сельскохозяйственной машины // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. №3. С. 32.

23. Аверьянов Ю.И. и др. Повышение профессиональной квалификации и безопасности операторов мобильных сельскохозяйственных машин // Вестник

ЧГАУ. 2005. Т. 46. С. 10-13.

24. Averianov Y, Glemba K, Gritsenko A. Research results of the professional training process for mobile machines operators as a factor of improving traffic safety. Transportation Research Procedia, 2018, vol. 36, pp. 9-17.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ШКОЛЬНЫХ АВТОБУСОВ ПРИ ОРГАНИЗОВАННОЙ ПЕРЕВОЗКЕ ДЕТЕЙ**

*Игнатова Н.А. – магистрант, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»*

### **Аннотация**

В современном мире автомобильный транспорт стал не заменимой частью экономики любого государства. С каждым годом усиливается роль подвижного состава в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, здравоохранение, бизнесе, образовании, искусстве, спорте, социальном обеспечении граждан. Ежедневно на автомобильном транспорте совершаются различного рода перевозки – людей и грузов.

Во всём мире самым безопасным видом перевозок считает перевозка специализированными школьными автобусами. Это доказывают многочисленные исследования как российских, так и зарубежных коллег. По статистике организованная перевозка детей школьными автобусами до школы и обратно в 70 раз безопаснее, чем перевозка в легковом транспортном средстве родителей [1].

Свою историю школьные автобусы начали в 19 в. в США, чуть позже этот опыт переняли и другие страны, в том числе и Россия. Конструкция транспортного средства изменилась с деревянной на металлическую, добавились устройства для безопасности в пути, а также появились специальные подъёмники для детей с ограничениями по здоровью, пользующиеся инвалидными колясками [2].

Количество подвижного состава в парках предприятий ежегодно растёт, следствием этого становится появление новых и более современных единиц транспорта. Параллельно этому у людей увеличивается запрос в мобильности и скорости передвижения, в том числе у школьников и их родителей. Необходимой мерой для решения этой задачи стало введение в эксплуатацию специализированных автобусов (рис.1), которые в свою очередь обеспечивают безопасную перевозку детей из дома до школы и обратно [3].



Рис. 1. Подвижной состав образовательных учреждений

Тенденция показывает, что данный вид перевозок очень востребован среди населения, особенно проживающего в сельской местности. Из-за этого с каждым годом увеличивается количество открываемых школьных маршрутов. Вследствие чего растёт необходимость усиления контроля за данным направлением перевозок, а также предоставления качественных и безопасных услуг для перевозки детей. Данный вид перевозок охватывает не только привычный маршрут «Дом–Школа–Дом», но и включает поездки туристической, культурной, развлекательной направленности и иные перевозки на массовые мероприятия [4].

Общие требования безопасности перевозочного процесса групп детей школьными автобусами регламентируются в нормативно-правовых документах (рис. 2). В данных материалах содержатся условия и правила, регулирующие деятельность организаций, осуществляющих перевозки групп детей, в том числе детей-инвалидов автобусами в городском, пригородном или междугородном направлениях, а также технические стандарты к подвижному составу [5].



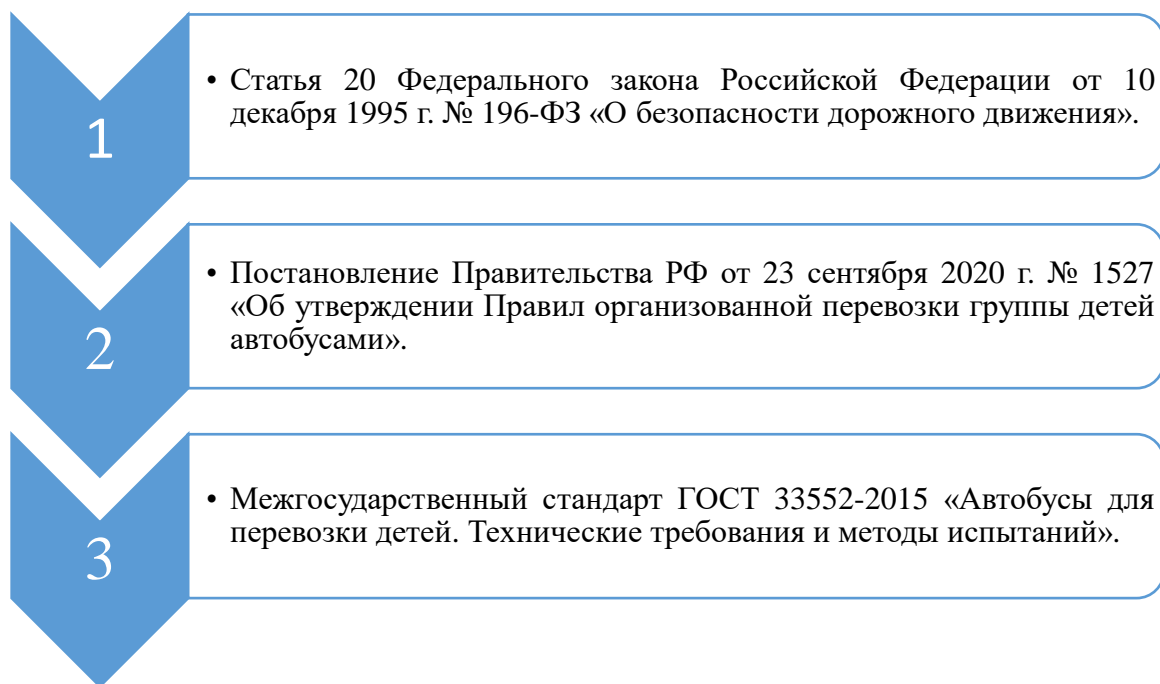


Рис. 2. Основные нормативно-правовые документы, регулирующие школьные перевозки

Технические требования распространяются на специальные транспортные средства категорий М2 и М3, предназначенные для перевозки детей в возрасте от 1,5 до 16 лет по автомобильным дорогам общего пользования. Для осуществления организованных перевозок детей используются школьные автобусы, введённые в эксплуатацию не более 10 лет с момента выпуска завод-изготовителем. Эти транспортные средства должны соответствовать по назначению, конструкции, техническим требованиям к перевозкам пассажиров [6].

Отличительной особенностью «самого безопасного автомобильного транспорта» является расположение на крыше маячка жёлтого или оранжевого цвета, который необходимо включить при движении школьного автобуса. Школьные автобусы можно без труда отличить от обычных, т. к. чаще всего они имеют жёлтый цвет кузова и в дополнение на них установлены внешние сигнальные огни. Это выделяет автобусы из транспортного потока и даёт своего рода преимущества, а также предупреждает других водителей о необходимости проявления повышенной осторожности и соблюдения правил дорожного движения при приближении к ним. Выбран жёлтый цвет не случайно – его проще рассмотреть в условиях низкой видимости: рассвета, сумерек, позднего или раннего времени суток.

Но это далеко не все обязательства, которые должны соблюдаться перед тем, как они выйдут на линию и начнут перевозить детей. Необходимо отметить, что школьные автобусы требуется оборудовать тахографами, спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS и ремнями безопасности перед тем, как они выйдут на линию и начнут перевозить детей. При эксплуатации школьных автобусов необходимо соблюдать определённые требования (рис. 3). [7]



Рис. 3. Основные требования при эксплуатации школьных автобусов

Авторами статьи предлагается внедрить контрольно-технические пункты на базе школ и применение чек-листов при ежедневном осмотре транспортных средств для водителя и контролёра за техническим состоянием подвижного состава.

Применение «специальных подсказок» особенно актуально для сельской местности. Там контролёром за техническим состоянием школьных автобусов зачастую является учитель, который прошёл переподготовку, но в достаточной степени не знает устройство автомобиля. Использовать чек-листы для проверки работоспособности основных узлов и систем необходимо водителю и контролёру, где каждый должен отметить исправность или неисправность, того или иного агрегата. Контрольный список имеет два вида: базовый – для водителя, расширенный – у контролёра за техническим состоянием. Внедрение в работу чек-листов ежедневного технического осмотра школьных автобусов позволит упорядочить проверку технической исправности транспортных средств, вследствие чего, поможет обезопасить жизни и здоровье школьников, сократив вероятность дорожно-транспортного происшествия по причине отсутствия качественной проверки технического состояния подвижного состава [8].

Вторым существенным изменением является внедрение контрольно-технического пункта в школах. Материально-техническая база требуется в связи с необходимостью проверки всех показателей перед выходом на линию, которая должна быть оборудована всеми условиями, приборами и инструментами для проведения качественного технического осмотра. Для осмотра ходовой части, трансмиссии, тормозных систем и рулевого управления надо оборудованное помещение со смотровой канавой, которая имеет стационарное и переносное освещение. Также для проведения работ требуется заасфальтированная площадка длиной не менее 100 метров для проверки тормозной системы. Контрольно-технический пункт представляет собой оборудованное помещение, где транспортные средства проходят ежедневный осмотр, технический осмотр 1 и 2. Также в этом пункте расположиться рабочее место контролёра технического состояния транспорта школы [9].

Внедрить на школьных автобусах в России использование на кузове светоотражающих элементов, например, ленты, которые в тёмное время обозначали длину и ширину автобуса. Для водителей других транспортных средств, двигающихся в том же или противоположном направлении, это означало более внимательное отношение к условиям на дороге.

Соблюдение технических требований не всегда даёт 100% результат и обеспечивает безопасность дорожного движения. Авторами статьи предлагается усовершенствовать систему и предложить инновационные подходы к мероприятиям, касающиеся темы популяризации БДД. Необходимо формировать правосознание у участников дорожного движения, путём системной пропаганды разноплановой информации на современных платформах. Такими площадками могут быть, как онлайн, так и офлайн. Социальные ролики, которые можно настроить для таргетированной и контекстной рекламы в инстаграме, ВКонтакте, тиктоке, а также рекламные баннеры на сайтах. Инструментами очных мероприятий могут быть тесты на знания ПДД, которые проводятся ежегодно в школах, колледжах, университетах, общественных организациях, иммерсивные выставки и интерактивные лекции о соблюдении безопасности дорожного движения – вход и выход из автобуса, правила соблюдения порядка при движении транспортного средства и т. д. Возможным вариантом решения этой проблемы может являться запуск конкурса на производство социальных роликов с последующей трансляцией их на городских экранах и кинотеатрах муниципалитетов. Также необходимо предусмотреть аудио-правила, которые будут включаться перед началом движения школьного автобуса, которые помогут информировать детей, как необходимо себя вести и действовать в аварийных ситуациях.

Таким образом, внедрение прогрессивных методов совершенствования безопасности движения при организованной перевозке детей школьными автобусами позволяет сократить и удерживать высокий уровень безаварийности. Данные предложения являются одним из наиболее актуальных и эффективных средств снижения смертности и травматизма на дорогах с участием школьников при организации перевозочного процесса. Эти меры воздействуют на сознание человека и формируют у него новые поведенческие связи. Высокие стандарты при производстве и эксплуатации школьных автобусов позволяют сохранить жизни детям и дать возможность получить качественное образование вне зависимости от места проживания.

#### **Список используемых источников**

1. Пеньшин Н.В. Организация автомобильных перевозок: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014.

2. Гуськов А.А., Молодцов В.А. Организация перевозок детей школьными автобусами // Автотранспортное предприятие. 2015. № 10. С. 14-17.
3. Анохин С.А. Развитие направления «сельский школьный автобус» // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012. № 1 (37). С. 1-15.
4. Лавриков И.Н. Экономическая эффективность мероприятий по снижению ущерба от дорожно-транспортных происшествий на пассажирском транспорте // Бюллетень транспортной информации. 2017. № 8. С. 25-27.
5. Гуськов А.А., Молодцов В.А. Эксплуатация школьного автобуса // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2014. № 2 (51). С. 49-53.
6. Лавриков И.Н., Гуськов А.А., Гавриков В.А., Анохин С.А. Экономический аспект при выборе транспорта в логистической системе // Научное обозрение: теория и практика. 2020. Т. 10. № 12(80). С. 3321-3328.
7. Гуськов А.А., Анохин С.А. Проблема обновления подвижного состава в автотранспортных предприятиях // Автотранспортное предприятие. 2016. № 11. С. 47-51.
8. Анохин С.А., Залукаева Н.Ю., Гуськов А.А., Гавриков В.А. Инфраструктура автотранспортного комплекса: учеб. пособие. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2018.
9. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ (ред. от 27.12.2018) // Консультант Плюс. URL: [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8585/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/) (дата обращения: 15.01.2022 г.)
10. Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090 (ред. от 04.12.2018) «О Правилах дорожного движения» (вместе с «Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения»). // Консультант Плюс. URL: [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_2709/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2709/) // (дата обращения: 15.01.2022 г.)

# АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Казакова А.А. – магистрант, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»*

## Аннотация

В Российской Федерации быстро растет количество грузоперевозок, что способствует увеличению числа аварий с участием грузовых автомобилей. В данной статье рассмотрены различные причины возникновения дорожно-транспортных происшествий с участием грузового транспорта. Проведен анализ количества ДТП за последние 5 лет, а также предложены меры для снижения их количества.

Грузовые перевозки различными видами транспорта играют важную роль в экономике страны. В последние годы в России активно развиваются грузоперевозки автомобильным транспортом, в том числе благодаря транзитным потокам. С увеличением количества транспортных средств на дорогах, увеличивается и количество дорожно-транспортных происшествий с участием грузовых автомобилей [1].

Водители грузовых автомобилей должны понимать какую опасность представляют их транспортные средства для небольших машин и их пассажиров. В свою очередь другие водители тоже должны быть бдительны, осторожны в присутствии тяжеловесных транспортных средств. Ведь вес грузового транспортного средства может быть в 20–30 раз больше веса легкового авто, а груженные машины имеют тормозной путь на 20–40% длиннее, чем у легковых.

Правительство РФ разработало стратегию безопасности дорожного движения, согласно которой к 2030 г. количество погибших в авариях должно приблизиться к нулю [12]. С 2018 г. по всей стране проводятся мероприятия по повышению безопасности движения на дорогах.

За последние 5 лет количество аварий с участием грузовых авто уменьшилось на 25%. Наибольшее снижение наблюдается в 2021 г. Этому поспособствовало обязательное оборудование ТС, перевозящих грузы, тахографами с 2021 г. Ниже приведены статистические данные о количестве ДТП с участием грузовых авто за 2017-2021 гг. на территории России (рис. 1) [11].

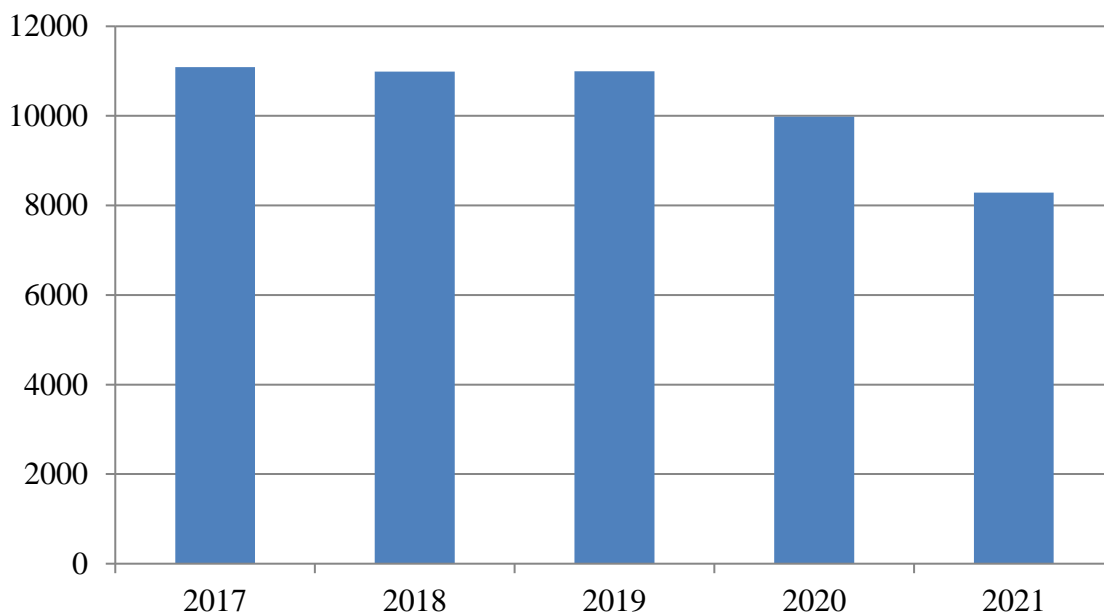


Рис. 1. Количество ДТП в России с участием грузовых транспортных средств за 2017-2021 гг.

Рассмотрим основные причины возникновения дорожно-транспортных происшествий с участием грузовых автомобилей [2].

Часто виновниками ДТП являются водители легковых автомобилей, которые пренебрегли правилами дорожного движения. В основном водители совершают такие небезопасные действия, как:

- вождение в «слепых» зонах водителя грузовика;
- перестроение перед большегрузным автомобилем без соблюдения дистанции, зачастую без использования сигналов поворота;
- движение справа от грузового транспортного средства, поворачивающего направо;
- неверная оценка скорости приближающегося ТС на перекрестке при повороте легкового авто налево;
- обгон с недостаточным интервалом движения.

Нарушение скоростного режима самим водителем грузового транспортного средства является одной из наиболее частых причин аварий. Высокая скорость не позволяет вовремя среагировать на препятствие, изменение обстановки, что приводит к столкновениям с другими участниками движения, наездам на препятствия, переворотам ТС [7].

Еще одной причиной возникновения дорожно-транспортных происшествий является усталость водителя коммерческого транспорта. Такая усталость возникает

из-за неправильного образа жизни, плохо распланированного маршрута, который утомляет в пути следования, нарушения режимов труда и отдыха [6].

Для контроля за состоянием водителя с 1 января 2021 г. все грузовые транспортные средства, разрешенная масса которых свыше 3,5 тонн, должны быть оснащены тахографами [9]. Данная мера должна прекратить такое явление, как превышение времени работы водителя на линии, уменьшая риск возникновения утомления за рулем. Количество рабочих часов в общем случае не должно превышать 40 часов в неделю [10].

Перевозка грузов сразу двумя водителями существенно снижает риск ДТП из-за усталости водителя или внезапного засыпания, но ведет к увеличению стоимости самой перевозки, из-за чего не является популярной мерой среди грузоперевозчиков [3].

Качественный отдых в рейсе, наличие спортивных нагрузок и соблюдение режима питания позволят водителю не только сохранить здоровье надолго, но и избежать множества негативных факторов во время длительных поездок. Разумеется, водителям необходимо исключить алкогольные напитки, наркотические средства, а также непривычно высокие физические нагрузки за несколько дней до поездки.

Нередко аварии происходят из-за неисправности транспортного средства. Каждые 12 месяцев необходимо проходить технический осмотр для автомобилей и прицепов, в случае с опасными грузами, интервал сокращается до 6 месяцев [8]. Однако не все владельцы грузовых ТС тщательно следят за их состоянием между обязательными осмотрами. Наиболее частая причина аварии среди грузовых автомобилей – взрыв автомобильной покрышки. В таком случае машину может вынести на встречную полосу, возможна потеря контроля траектории движения, съезд с проезжей части [4].

При перевозке особенно осторожными должны быть водители, перевозящие опасные грузы. В России в основном это легковоспламеняющиеся, взрывоопасные жидкости, которые в результате столкновения, переворота, съезда транспортного средства с проезжей части могут вытечь наружу, прореагировать с окружающей средой, нанести неопределимый ущерб природе.

Ежегодно в регионах России вводят временное ограничение движения транспортных средств по автомобильным дорогам в весенний период. Это обусловлено переувлажнением и снижением несущей способности дорожного полотна из-за таяния снега.



В летний период при достижении температуры воздуха 32 градусов, также вводятся ограничения по передвижению тяжеловесных транспортных средств в дневное время.

Каждый регион самостоятельно определяет вводить ли ограничения по величине нагрузки на ось автомобиля. Как правило, меры не распространяются на перевозку грузов первой необходимости, строительную технику.

Многие перевозчики стараются уменьшить нагрузку на ось путем неполной загрузки транспортного средства. Что, во-первых, увеличит количество грузовых автомобилей на дорогах, а во-вторых, повышает риск неправильного размещения груза, ухудшения устойчивости транспорта, опрокидывания, заноса на поворотах и при резком изменении скорости. Применение таких мер ограничений может помочь уменьшить воздействие на асфальтовое покрытие, однако учащаются нарушения правил перевозки грузов.

Так, низкий коэффициент наполненности особенно опасен для автомобильных цистерн, перевозящих жидкие продукты. Существуют рекомендуемые нормы по наполнению емкости для каждого продукта от завода-изготовителя, как правило, цистерну необходимо наполнить не менее, чем на 80% для хорошей поперечной устойчивости [5].

Авторами статьи предлагается обязательная установка системы «адаптивный круиз-контроль» на новых грузовых автомобилях, что позволит уменьшить количество нарушений скоростного режима, а также снизит утомляемость водителя в пути следования.

Также предлагается установка на кузове автомобиля камер, видео с которых выводится на экран на приборной панели, для устранения «слепых» зон при движении машины.

Нужно оборудовать машины, перевозящие грузы, системами контроля полосы, а также стабилизации заноса.

Постепенно автопарк в России будет обновляться, соответственно данные системы повысят безопасность движения.

Рекомендуется ужесточить наказание за нарушение скоростного режима.

Необходимо с помощью различных баннеров, плакатов, видеоматериалов в пунктах отдыха и на заправочных станциях напоминать водителю о важности соблюдения Правил дорожного движения, вежливости на дорогах, периодической проверке технического состояния автомобиля.

Для улучшения безопасности дорожного движения также требуется своевременно обслуживать объекты транспортной инфраструктуры, анализировать причины возникновения ДТП и по возможности устранять их.

Наибольший положительный эффект от данных предложений будет, если внедрять их комплексно, а не по отдельности.

### **Список используемых источников**

1. Пеньшин Н.В. Организация автомобильных перевозок: учебное пособие. Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. 180 с.

2. Лавриков И.Н. Экономическая эффективность мероприятий по снижению ущерба от дорожно-транспортных происшествий на пассажирском транспорте: Бюллетень транспортной информации: № 8. 2017. С. 25-27.

3. Лавриков И.Н., Гуськов А.А., Гавриков В.А., Анохин С.А. Экономический аспект при выборе транспорта в логистической системе: Научное обозрение: теория и практика № 12(80), 2020. С. 3321-3328.

4. Гуськов А.А., Анохин С.А. Проблема обновления подвижного состава в автотранспортных предприятиях: Автотранспортное предприятие № 11, 2016. С. 47-51.

5. Анохин С.А., Залукаева Н.Ю., Гуськов А.А., Гавриков В.А. Инфраструктура автотранспортного комплекса: учеб. пособие. Тамбов: ТГТУ, 2018. 235с.

6. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ (ред. от 27.12.2018).

7. Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090 (ред. от 04.12.2018) «О Правилах дорожного движения» (вместе с «Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения») // Российские вести. 23.11.1993. N 227.

8. О техническом осмотре транспортных средств и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федеральный закон от 1 июля 2011 г. №170-ФЗ (ред. от 30.12.2021) // Российская газета. 04.07.2011. N 142, 04.07.2011,

9. Об утверждении требований к тахографам, устанавливаемым на транспортные средства, категорий и видов транспортных средств, оснащаемых тахографами, правил использования, обслуживания и контроля работы тахографов,

установленных на транспортные средства: Приказ Минтранса России от 28.10.2020 №440 // URL: <http://pravo.gov.ru>

10. Об утверждении Особенности режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей: Приказ Министерства транспорта РФ от 16 октября 2020 г. №424 // URL: <http://pravo.gov.ru> (дата обращения 30.12.2021 г.).

11. Сайт ГИБДД [Электронный ресурс]. URL: <https://гибдд.рф/> (дата обращения 30.12.2021 г.).

12. Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 годы: Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2018 №1-п. // URL: <http://pravo.gov.ru> (дата обращения 30.12.2021 г.).

## РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ: ОЦЕНКА УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

*Казиева Б.А. – магистрант, ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики»*

*Мартынова М.С. – ст. преподаватель, ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики»*

### Аннотация

Статья посвящена актуальному вопросу оценки и анализа технического и технологического развития транспортного комплекса России. В работе проанализированы показатели, отражающие долю основных фондов транспортного комплекса в составе национальных основных фондов и степень износа производственных мощностей транспортной сферы, предложена модель обеспечения качественного развития транспортного комплекса, которая содержит меры по обновлению существующих основных фондов и приоритетные направления развития транспортного комплекса.

Развитие различных сфер деятельности в России осуществлялось в рамках Советского Союза, когда формировались основные виды деятельности, создавались новые виды производств, строились крупные промышленные комплексы и формировался существующий производственный потенциал. В этот же период был сформирован транспортный комплекс, который включал в себя не только автомобильный, железнодорожный и городской транспорт, но и были построены трубопроводы, создан морской и воздушный транспорт и другие виды транспорта. Указанные виды транспорта до сегодняшнего дня осуществляют межгосударственные перевозки, потенциал которых на сегодняшний день используется практически без изменений [1].

Современная структура промышленности с мировой и национальной позиции имеет разные масштабы и влияет на разные сферы деятельности. От функционирования промышленного комплекса зависело не только развитие различных видов деятельности, но и стабильность государства и уровень жизни населения [2]. Одной из отраслей промышленности, влияющих на стабильность государства и мирового сообщества, является транспортный комплекс, который обеспечивает экспорт и импорт различных товаров, увеличивает объем торговли между государствами, осуществляет перемещение пассажиров и в целом обеспечивает устойчивое функционирование мирового промышленного комплекса [3].

Целью данного исследования является оценка технического и технологического состояния транспортного комплекса и формирование рекомендаций по развитию транспортного комплекса России. Исследование базировалось на данных, которые были опубликованы в открытых источниках, а в качестве методов и подходов использовались статистические, логические и аналитические методы, позволившие раскрыть цель исследования.

Для проведения объективного исследования необходимо рассмотреть состав основных средств по видам деятельности с целью определения доли транспортного комплекса в основных средствах (рис. 1) [4].



Рис. 1. Структура основных фондов по видам деятельности, в процентах

Из представленного рисунка видно, что 22,4% основных фондов приходится на транспортировку и хранение, и это свидетельствует о том что, этот сектор в транспортной отрасли является лидером среди других сфер деятельности.

Далее целесообразно проанализировать показатели, отражающие состояние основных фондов транспортного комплекса. Оценка технического и технологического состояния производственных фондов в современной научной литературе проводится с использованием различных показателей и коэффициентов [5-7]. На наш взгляд, оценку технического и технологического состояния основных фондов целесообразно основывать на анализе износа, ввода и выбытия основных фондов (рис. 2).

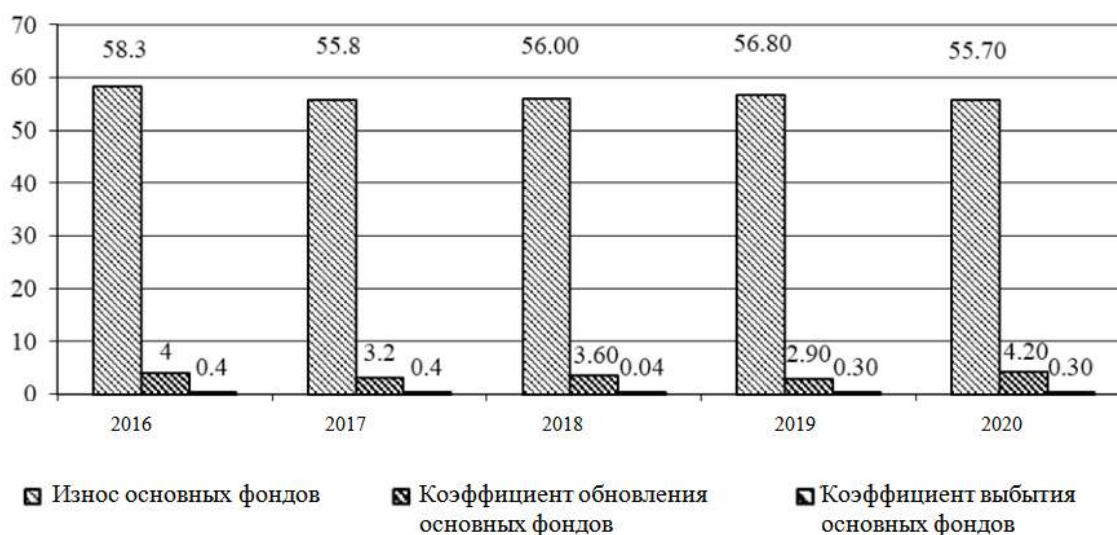


Рис. 2. Состояние основных фондов, в процентах

На рисунке видно, что объем изношенных мощностей составляет более 50%, но в то же время наблюдается незначительное снижение этого показателя. Коэффициент обновления основных фондов не превышает 4%, но в рассматриваемом периоде этот коэффициент имеет переменные значения. Коэффициент выбытия основных средств не превышает 0,4%, и если рассматривать это соотношение вместе со скоростью обновления, то можно сделать вывод, что не обновляются основные производственные активы транспортного комплекса, а увеличиваются их объемы.

Рассмотрим изменения показателя полностью изношенных основных производственных фондов (рис. 3). Из представленного рисунка видно, что в транспортном комплексе машины и оборудование, а также транспортные средства считаются наиболее изношенными. Стоит отметить, что за рассматриваемый период качественных изменений в основных фондах не произошло, более того в разрезе видов «сооружения», «машины и оборудование» эти показатели увеличиваются. Таким образом, анализ показал, что техническое и технологическое состояние основных фондов транспортного комплекса ухудшается с каждым годом и сегодня необходимо проводить мероприятия, направленные на качественное и количественное обновление основных фондов [8].

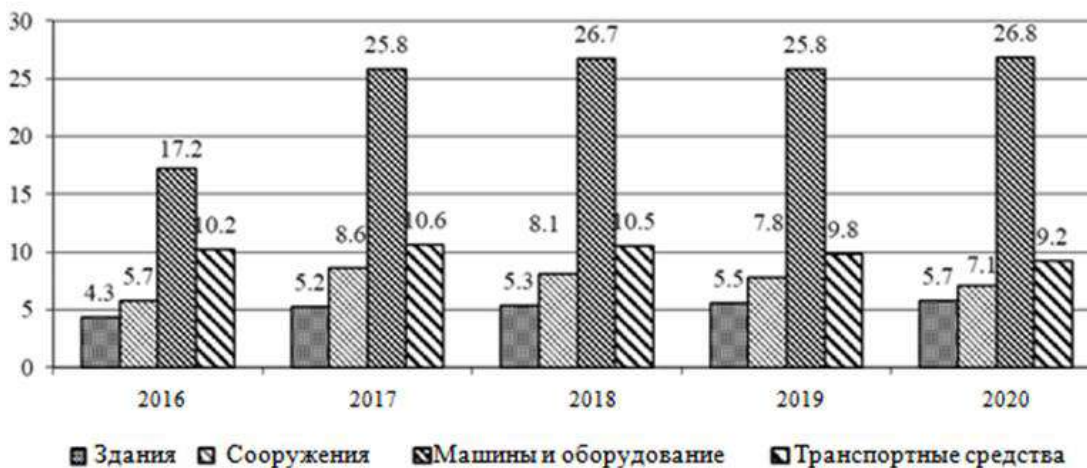


Рис. 3. Доля полностью изношенных основных фондов в транспортном секторе, в процентах

Обеспечение развития и перехода на новые технологии, в т. ч. инновационные и цифровые, требует полной реструктуризации транспортного сектора и создания определенных условий для развития этой сферы деятельности. Несомненно, переход на инновационные технологии, обеспечивающие повышение эффективности деятельности, позволит снизить производственно эксплуатационные затраты снизить потребление топливно-энергетических ресурсов и повысить качественные характеристики продукции (услуг) [9-12].

На наш взгляд модель обеспечения технического и технологического роста может быть представлена в виде схемы, отражающей приоритетные направления развития транспортного комплекса России (рис. 4).



Рис. 4. Модель технического и технологического развития транспортного комплекса

Таким образом, представленная модель обеспечит переход транспортного комплекса на качественно новый путь развития, а реализация модели позволит внедрить новые и обновленные производственные мощности и обеспечит переход к инновационным и цифровым интеллектуальным системам управления транспортом.

Исследование выявило проблемы и перспективы развития транспортного комплекса. В работе проанализированы технико-технологические показатели, отражающие долю изношенных мощностей. Представленный анализ показал, что транспортный комплекс имеет высокую долю изношенных мощностей, и в то же время, мощности обновляются с целью увеличения основных фондов, а не для ликвидации изношенных объектов. В работе предложена модель обеспечения технико-технологического развития транспортного комплекса, содержащая механизмы обновления производственных мощностей, а также перехода на качественно новый путь развития и управления транспортным комплексом.

#### **Список используемых источников**

1. Селютина Л.Г. Подходы к реализации программ реконструкции градостроительных комплексов в российской практике // Управление городом и городским хозяйством: Сб. научн. трудов. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2014. С. 46-50.

2. Егорова М.А. Финансовый аспект теории эффективного управления // Общество. Среда. Развитие (Тerra Humana). 2009. № 3. С. 11-17.

3. Голикова Т.А. Управление инвестиционной деятельностью в регионе: Учебное пособие. СПб.: СПбГИЭУ, 2006. 94 с.

4. Основные фонды и другие нефинансовые активы [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 10.01.2022) г..

5. Селютина Л.Г. Экономическая оценка инвестиций. Учебное пособие. – СПб.: СПбГИЭУ, 2010. 322 с.

6. Песоцкая Е.В. Проблема систематизации рисков инновационно-инвестиционных процессов в обеспечении конкурентоспособности строительных предприятий // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2018. № 3 (111). С. 87-91.

7. Bulgakova K. Basics of investment projects selection for the implementation of regional investment programs in the sphere of social house building // Espacios. 2018. V. 39. No 26. P. 17



8. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. [Электронный ресурс]. URL: <https://mintrans.gov.ru> (дата обращения: 10.01.2022 г.)
9. Мартынов В.Ф. Формирование системы организации инвестирования инновационных процессов в строительстве // Проблемы современной экономики. 2015. № 3. С.261-264.
10. Малеева Т.В. Современные аспекты учета рисков инновационно-инвестиционных процессов в строительстве // КАНТ. 2018. № 1. С. 219-221.
11. Васильев А.Н. Совершенствование организации управления инвестиционными процессами инновационной деятельности предприятий строительного комплекса // Управление инвестициями и инновациями. 2007. № 1(1). С. 46-55.
12. Малеева Т.В. Современные аспекты управления инновационно-инвестиционной деятельностью предприятий строительного комплекса // Теория и практика общественного развития. 2015. № 4. С. 47-49.

# АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СМЕСИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА

*Качурин В.В. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет; ОУ ВО Южно-Уральский технологический университет*

*Крыгина Е.И. – ст. преподаватель кафедры «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»*

## Аннотация

В статье проводится анализ смесительных установок для приготовления органоминерального удобрения с использованием птичьего помета. Отдельное внимание автор уделяет классификации смесителей.

Смешивание компонентов является одним из основных технологических процессов при приготовлении органоминеральных удобрений. При осуществлении этого процесса получают смесь, в котором содержание ингредиентов в любом объеме не отличается от заданного содержания для всей смеси. Исследования показывают, что при приготовлении органоминерального удобрения не все компоненты можно смешивать. В случае нарушения правил смешивания удобрений возможны отрицательные последствия [1]:

- потери питательных веществ;
- переход питательных веществ в менее усвояемую растениями форму;
- ухудшение физических свойств смешанного удобрения, затрудняющее механическое распределение его по полю.

Очевидно, что эффективность смешивания зависит от физико-механических свойств компонентов, продолжительности смешивания и конструкции смесителей. Однако при выполнении качественного смешивания органических и минеральных компонентов необходимо знать их основные физико-химических и механические свойства: влажность, гигроскопичность, слеживаемость, гранулометрический состав, прочность гранул, угол естественного откоса, плотность [2].

Целью процесса смешивания является получение максимально однородной смеси двух или более компонентов. Получение смесей сыпучих материалов с высокой однородностью распределения компонентов является технологически очень сложной задачей. От однородности получаемых смесей напрямую зависит

свойство производимых органоминеральных удобрений. Например, неравномерное распределение ингредиентов по удобрению в лучшем случае приведет к снижению питания, а следовательно, и роста растений.

В ряде случаев для выполнения смешивания компонентов применяются разнообразные по конструктивному исполнению и форме смесители [1–17]. Употребляемые в настоящее время смесители можно представить в виде классификации (рисунок 1) [3].

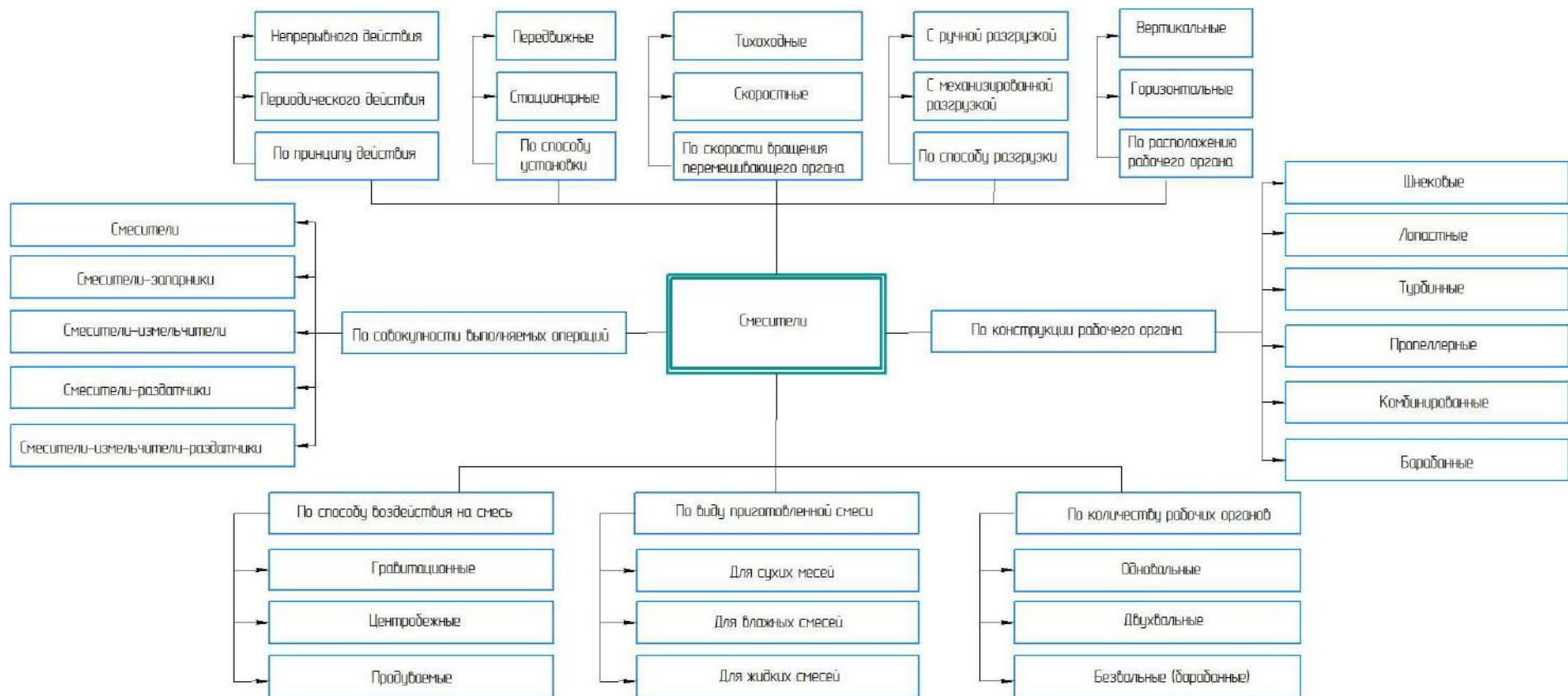


Рис.1. Классификация смесителей

На практике в качестве основного признака классификации может быть принят тот, который для конкретных условий эксплуатации, расчета, моделирования является наиболее важным.

Смешивание происходит в смесителях, конструкция которых представлена на рисунке 2 [4].

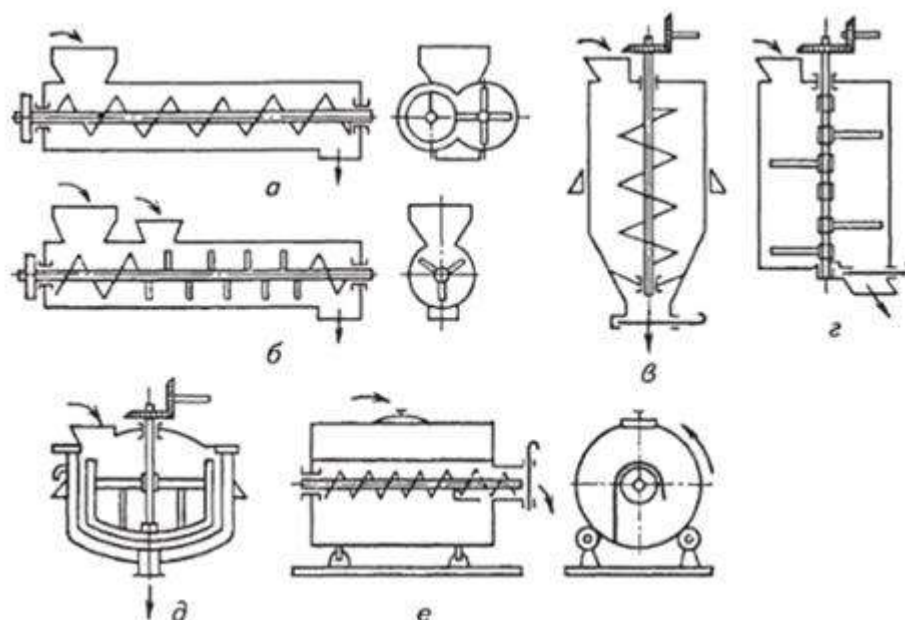


Рис. 2. Схемы смесителей: а, б – горизонтальные непрерывного действия; в – шнековый вертикальный периодического действия; г, д – лопастные периодического действия; е – барабанный периодического действия

Такое разнообразие смесителей является проблемой инженерного искусства и оптимального проектирования, поскольку при работе реальных смесителей процесс сопровождается множеством на первый взгляд второстепенных эффектов, которые в совокупности могут свести на нет самые эффективные принципы построения процесса. Рассмотрим некоторые конструктивные схемы распространенных смесителей сыпучих материалов.

Группа ученых Грузинского сельскохозяйственного института предлагает использовать изобретение измельчитель-смеситель кормов, который содержит: приемный бункер – 1; вертикальную рабочую камеру – 2; измельчающий режущий элемент – 3; вал – 4, 8; вентилятор – 5; привод – 6, 9; ведомый шкив – 7; ведущий шкив – 10, 11; регулятор – 12; указатель степени измельчения – 13; ось – 14 (рисунок 3) [5].

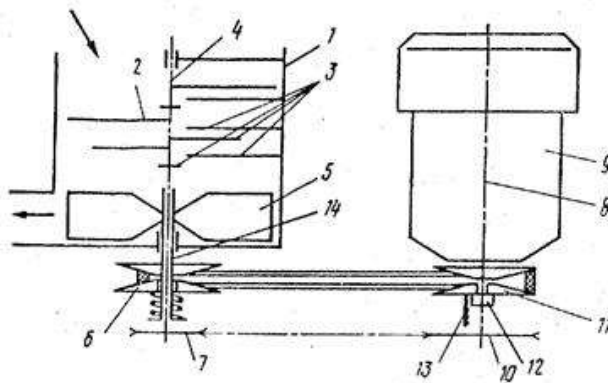


Рис. 3. Измельчитель-смеситель кормов

Достоинством данного изобретения является использование вариатора, что позволяет регулировать частоту вращения вентилятора, тем самым бесступенчато регулировать степень измельчения продукции. К недостаткам можно отнести высокую энерго- и материалоемкость, а также залипание вентилятора при смешивании компонентов высокой влажности.

Учеными Саратовского института механизации сельского хозяйства им. М.И. Калинина предлагается использовать оборудование для измельчения и смешивания кормов (рисунок 4) [6].

Измельчитель-смеситель кормов состоит из корпуса – 1; разбрасывающего конуса – 2; ротора – 3; ножей – 4; противорезов – 5; лопастной швырляки – 6; пальцевые гребенки – 7; привода – 8; рамы – 9; камеры выброса продукта – 10; выгрузного окна – 11.

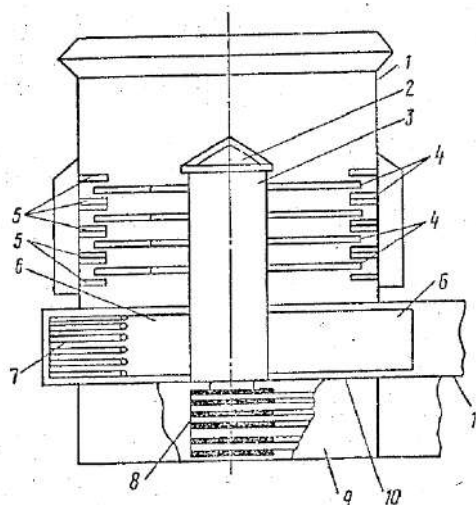


Рис. 4. Измельчитель-смеситель кормов

Достоинством данного измельчителя-смесителя является снижение энергоемкости процесса выгрузки готового продукта, а также повышение его эксплуатационной надежности.

Основным недостатком конструкции измельчителя-смесителя кормов является то, что при смешивании кормовой массы, корм движется только в одну сторону, это приводит к длительному процессу смешивания компонентов кормосмеси, а, следовательно, к нецелесообразному использованию энергетических ресурсов для достижения заданной степени однородности.

В.А. Кирченко и В.А. Михайлов рекомендуют для измельчения и смешивания кормов использовать установку, представленную на рисунке 5 [7].

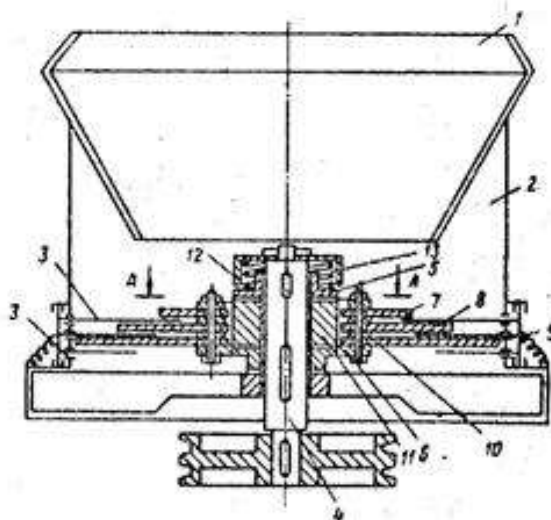


Рис. 5. Измельчитель-смеситель кормов

Измельчитель-смеситель кормов включает в себя приемник – 1; вертикальную камеру – 2; режущие элементы – 3; вал – 4; ступицы 5, 6; ножи – 7, 8, 9; зубчатый сектор – 10; шестерню – 11; амортизационную прокладку – 12; пружину – 13.

К достоинству измельчителя-смесителя можно отнести подпружиненные режущие элементы, которые позволяют удерживать ножи от произвольного смещения, что способствует более качественному измельчению и смешиванию материала.

Основным недостатком представленного измельчителя-смесителя является то, что у него отсутствует устройство для отделения инородных примесей от подаваемых в камеру измельчения и смешивания кормов. На режущую часть ножей

могут попасть инородные примеси и вызвать их поломку, а попав вместе с кормом в желудочно-кишечный тракт животного - его гибель.

На рисунке 6 представлен роторно-центробежный измельчитель, который состоит из цилиндрической части корпуса – 1; торообразной части корпуса – 2; загрузочной воронки – 3; вала – 4; режущей лопасти – 5; шнековой насадки – 6; съемного рабочего элемента – 7; конической насадки – 8; выгрузной крыльчаткой – 9; зубчатой оболочки – 10; продольных вертикальных канавок прямоугольного сечения – 11; конфузорного кольца – 12; активаторного колеса – 13; пластинчатых лопаток – 14; поперечной перегородки – 15; загрузочной воронки – 16; соединительного патрубка – 17; выгрузочного патрубка – 18; шкива – 19 [8].

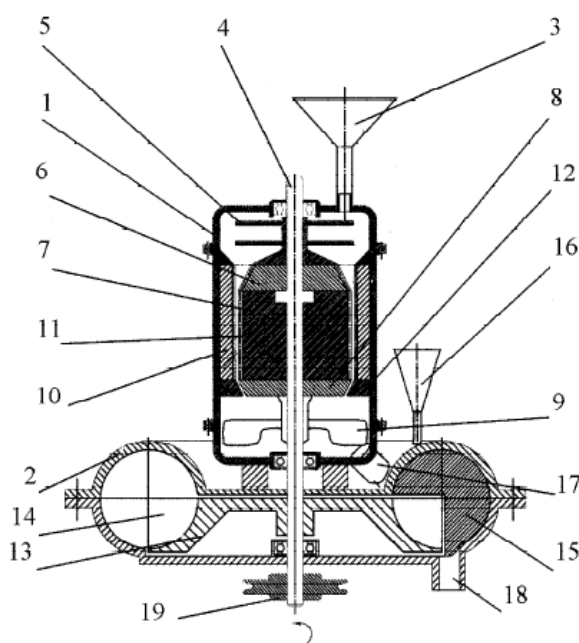


Рис. 6. Роторно-центробежный измельчитель

Такой тип роторно-центробежного измельчителя позволяет сократить энергозатраты на 15-20%, а также исключить затраты на создание дополнительного оборудования. Данная конструкция измельчителя позволяет увеличить на 17-20% получение более тонкого продукта за счет высокой энергонапряженности агрегата в вследствие применения нескольких видов механического воздействия на измельчаемый материал.

К недостаткам роторно-центробежного измельчителя можно отнести повышенную трудоемкость при смене регулировочных конических насадок различных диаметров для получения требуемого помола.



Воронцов И.И. предлагает применить для непрерывного измельчения и смешивания компонентов кормов измельчитель-смеситель представленный на рисунке 7 [9]. Измельчитель-смеситель кормов содержит приемный бункер – 1; корпус – 2; выгрузную камеру – 3; привод вала – 4; двухступенчатый вал – 5; ножи – 6, 7; швырялка – 8; крышка – 9; шарниры – 10; зацепы – 11; замки – 12; винты – 13; противорезы – 14, 15; направляющий рукав – 16.

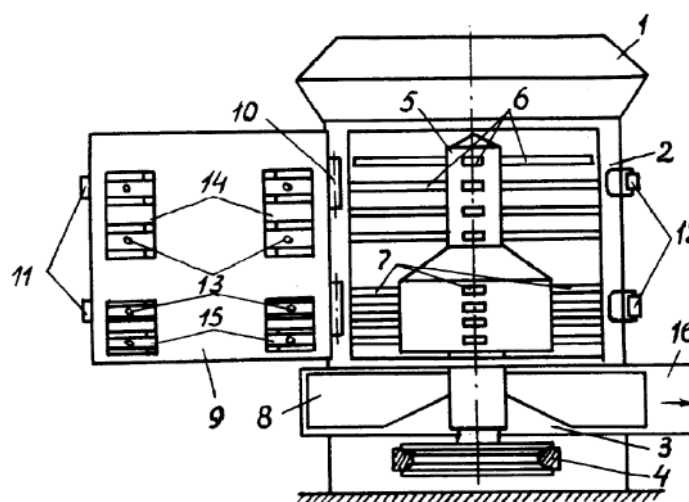


Рис. 7. Измельчитель-смеситель кормов

Достоинством измельчителя-смесителя является то, что ротор режущего аппарата выполнен двухступенчатым, первая ступень для крупного измельчения, а вторая для мелкого.

Недостатками данного измельчителя-смесителя являются: показатель стационарности, который требует дополнительных устройств для приготовления кормовой добавки, а также высокая энерго- и материалоемкость, увеличенный срок приготовления кормовой добавки.

На рисунке 8 представлен малогабаритный измельчитель-смеситель кормов [10]. Работа малогабаритного измельчителя-смесителя кормов осуществляется следующим образом. Неизмельченный материал подается в бункер 1 на ножевой диск 5 вращающийся на валу 4. Наклонные криволинейные ножи 6, жестко связанные с ножевым диском 5, отрезают стружку, которая через сквозные окна 7 ножевого диска 5 попадает в пространство под ним, откуда измельченная резка подается лопастями 8 наружу по гибкому рукаву 20 через выгрузную горловину 21. При этом верхняя 2 и нижняя 3 смешивающие пластины фиксируются наружными стопорами 13 и 14 к стенке бункера 1. Наклонные криволинейные ножи 6

размещены на ножевом диске 5 попарно в одном направлении, удовлетворяющие условиям минимального и максимального углов скольжения, по теории режущего аппарата, с криволинейными лезвием. Такое расположение ножей дает эффект «скользящего резания», обеспечивающего чистый срез материала и снижение энергозатрат в 1,4-2,5 раза по сравнению с резанием в режиме «рубка».

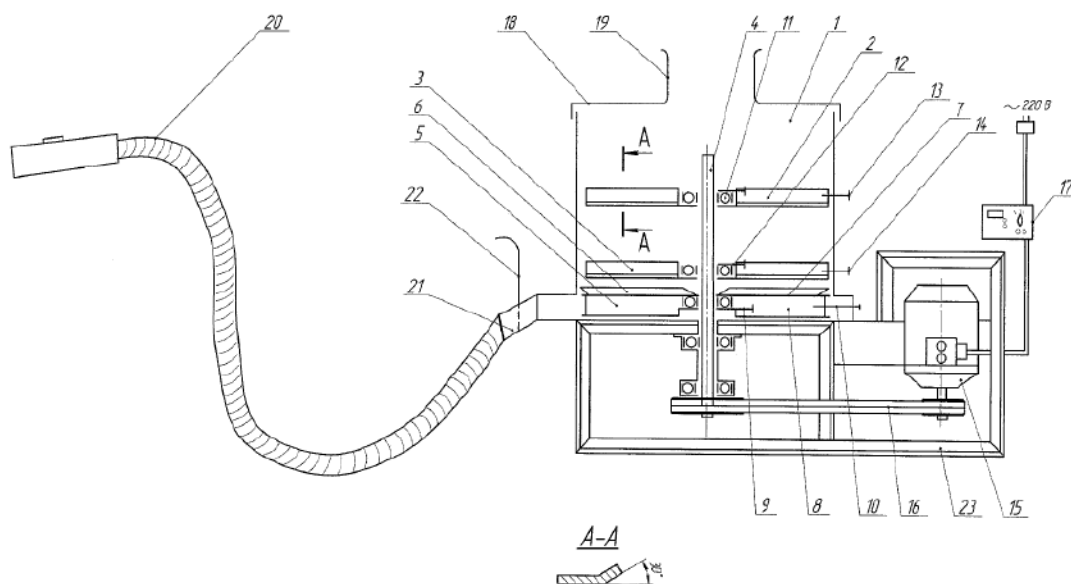


Рис. 8. Малогабаритный измельчитель-смеситель кормов

Недостатками малогабаритного измельчителя-смесителя является отсутствие загрузочного и дозирующего устройств, требует перенастройку режимов измельчение – смешивание, что несомненно сказывается на производительности аппарата.

Учеными Сергеевым Н.С., Коньшиным А.П., Чиж А.Е. представлен центробежно-роторный измельчитель дезинтегрального типа, который состоит из корпуса – 1; загрузочного патрубка – 2; выходного патрубка – 3; дисков-ротора – 4, 5; болтов – 6, 7; выступов – 8, 9; измельчающих пальцев – 10; валы – 11, 12; калибровочные прокладки – 13 [11].

Использование данного измельчителя позволяет снизить энергоемкость процесса измельчения, металлоемкость измельчителя и повысить качество готового продукта, а также снизить энергоемкость процесса измельчения за счет применения измельчающих пальцев.

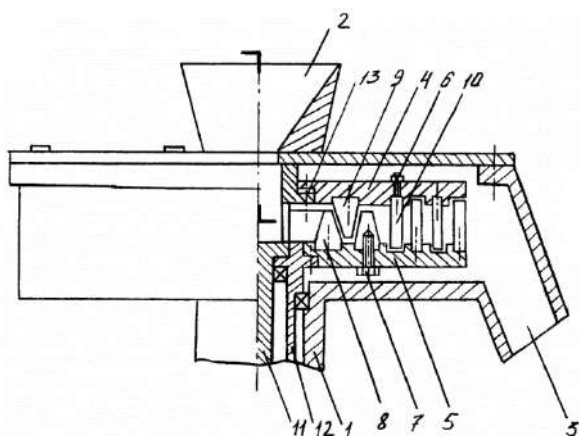


Рис. 9. Центробежно-роторный измельчитель дезинтеграторного типа

Основным недостатком центробежно-роторного измельчителя является большой расход измельчающих пальцев, трудности при очистке, а также затруднена регулировка тонкости продукта.

Ученые Белорусского государственного технологического университета рекомендуют использовать роторно-центробежный смеситель (рисунок 10) [12].

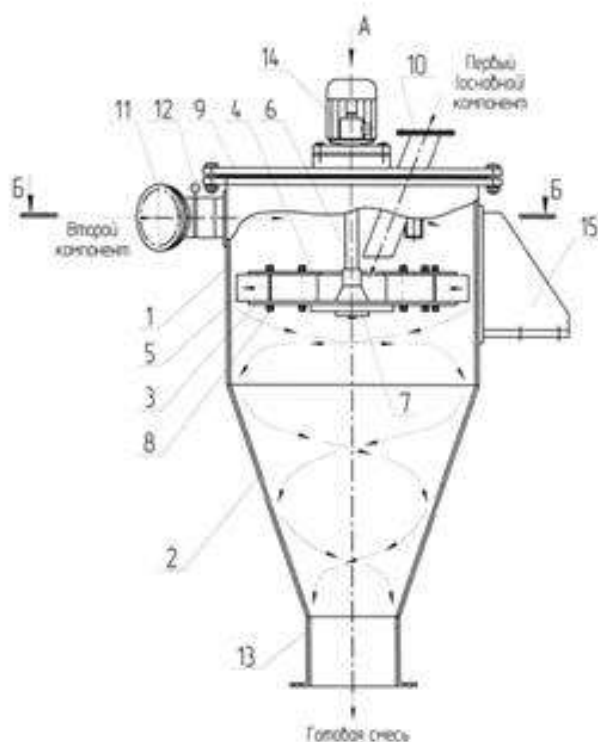


Рис. 10. Роторно-центробежный смеситель

Роторно-центробежный смеситель состоит из вертикального корпуса, жестко сваренного из цилиндрической обечайки 1, конической обечайки 2, нижнего 3 и верхнего дисков 4, сменных плоских прямолинейных и дугообразных лопаток 5,

вала 6, распределительного конуса 7, специального механизма 8, плоской крышки 9 с патрубком 10 для соосной подачи воздуха совместно с основным компонентом смеси, нескольких тангенциальных патрубков 11, дозирующими заслонками 12, соосного патрубка 13 для выхода готовой смеси, электродвигателя 14 и трех опор-лап 15 для крепления аппарата на вертикальных стойках или раме.

Данное техническое решение, по мнению авторов, позволит повысить процесс смешивания сухих сыпучих материалов в микрообъемах и существенно снизить вероятность принудительного измельчения компонентов смеси при их ударе об боковую поверхность цилиндрического корпуса аппарата.

Недостатком данного смесителя является невозможность соблюдения точной рецептуры при приготовлении сложной смеси, особенно при предварительном отведении части материала.

Проведенный детальный анализ смесителей для приготовления органоминерального удобрения указывает, что все известные схемы смесителей достаточно далеки от совершенства. Очевидно, что получения высококачественного удобрения, необходимо использовать установку, которая позволит измельчать подаваемый материал, качественно и быстро его смешивать сухие органические и минеральные компоненты.

#### **Список используемых источников:**

1. Петербургский А.В., Смирнов А.П. Минеральные удобрения. М.: Росагропромиздат, 1989. 95 с.
2. Технологическое оборудование и поточные линии предприятий по переработке зерна: учебник / Л.А. Глебов, А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев, А.Е. Яблоков, I и III части под ред. Л.А. Глебова, II часть под ред. А.Б. Демского. М.: ДеЛи принт, 2010. 696 с
3. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. М., «Машиностроение». 1973, с. 216.
4. Технологии смешивания кормов / Учебные материалы для студентов [электронный ресурс] URL: <https://m.studme.org>. (дата обращения: 09.04.2021 г.)
5. Патент SU 1782442 A1. МПК A01 F29/00. Измельчитель смеситель кормов. Мируашвили В.З., Гамхошвили Р.М., Сургуладзе Н.Д., Сухиашвили М.И., Самниашвили Д.З. Авторское свидетельство СССР № 1186140, кл. A01 F29/02, 1984.

6. Патент SU 1789121 A1. МПК А01 F29/00. Измельчитель-смеситель кормов. Мухин В.А., Какабаев О., Малашенко С.Т. Авторское свидетельство СССР №1563629, кл. А01 F29/02, 1990.
7. Патент SU 1210727 А. Измельчитель-смеситель кормов. Кириченко В.А., Михайлов В.А. Авторское свидетельство СССР №677722, кл. А01 F29/00, 1978.
8. Патент RU № 2204437 С1 РФ. МПК В02 С18/08. Роторно-центробежный измельчитель. Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Севостьянов М.В., Титаренко Ю.Д., Овсянко И.И. - №2002100656/03; заявка 04.01.2002; опуб. 20.05.2003.
9. Патент RU № 146665 U1 РФ. МПК А01 F 29/00. Измельчитель-смеситель кормов. Воронцов И.И. - № 94018699/15; заявка 24.05.1994; опуб. 20.12.1996.
10. Патент RU № 2070377 С1 РФ. МПК В02С 18/08. Малогабаритный измельчитель-смеситель кормов. Капустин И.В., Грицай Д.И., Марченко В.И., Затеев В.Д., Поярков А.Д. - № 2013131925/13; заявка 09.07.2013; опуб. 20.10.2014. Бюл. №29.
11. Патент RU № 53936 U1 РФ. МПК В02С 13/22. Центробежно-роторный измельчитель дезинтеграторного типа. Сергеев Н.С., Коньшин А.П., Чиж А.Е. - № 2005137655/22; заявка 02.12.2005; опуб. 10.06.2006.
12. Патент ВУ № 14933. МПК В01F 3/18, В01F 7/26. Роторно-центробежный смеситель. Гарабажиу А.А., Левданский Э.И. - № а20090025; заявка 09.01.2009; опуб. 30.08.2010.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ

*Крыгина Е.И. – ст. преподаватель кафедры «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»*

*Мухамадиев Э.Г. – к.т.н., доцент кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», доцент кафедры «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»*

*Шевцова В.В. – специалист кафедры «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»*

### **Аннотация**

В статье произведен анализ транспортной обеспеченности городского населения, рассмотрены основные направления улучшения управления транспортным обслуживанием в городе. Разработаны рекомендации по совершенствованию качества транспортного обслуживания населения г. Челябинска с указанием основных проблем и путей для их разрешения.

Городской общественный транспорт – одна из самых важных отраслей городского хозяйства. Работа предприятий, учреждений и организаций, возможность получения жителями города товаров и услуг, которые необходимы для обеспечения комфортной жизни, поддержания здоровья, а также интеллектуального и духовного уровня – всё перечисленное обеспечивается стабильным функционированием транспортной системы.

В настоящее время практически все предприятия, так или иначе, пользуются услугами или оказывают их. Очень важное значение в этом процессе имеет транспортный комплекс. Уровень развития транспортного комплекса в хозяйственной системе региона или страны в целом во многом характеризует как качество жизни населения, так и рост экономики.

Транспортный комплекс состоит из сети транспортных линий и узлов, предназначенных для перевозки пассажиров и грузов. В ближайшем будущем требуется максимальная отдача от функционирования транспортной инфраструктуры для обеспечения увеличения уровня благосостояния населения и дальнейшего экономического развития региона или государства, а это, в свою очередь требует улучшения средств и методов управления.

Анализируя и исследуя транспортное обслуживание в городе Челябинске, выявлена потребность в решении проблемы – повышение качества транспортного обслуживания населения.

Системой транспортного обслуживания населения является организационная мера, которая направлена на управленческие действия, с целью удовлетворения потребности населения в перевозке на определенной территории.

К видам городского транспорта можно отнести: массовый общественный транспорт, который занимается перевозкой пассажиров по определенным маршрутам (трамвай, автобус, троллейбус, маршрутное такси); легкой автомобильный транспорт (личные и ведомственные автомобили).

Согласно принятым определениям, общественным пассажирским транспортом называют транспорт общего пользования, который осуществляет транспортное обслуживание населения на территории города или муниципального образования, а также в его пригородной зоне на основании договора перевозки пассажиров или муниципального контракта, который, в свою очередь, определяет условия работы перевозчика на маршруте. На практике видно, что основная масса перевозчиков сосредоточена в городах, нежели в поселках городского типа или районных центрах, исходя из этого наиболее уместным является исследование городского пассажирского (общественного) транспорта. Далее в исследовании используется упрощенный термин – общественный пассажирский транспорт [1].

Транспортная система, как фактор экономического роста играет огромную роль в экономической отрасли нашей страны. Транспортная инфраструктура – это совокупность производственных характеристик населения, но в то же время она является обособленной частью финансовой деятельности, которая отвечает за стабильность экономики в целом. Следовательно, транспортные услуги носят коммерческий характер и заключаются в перевозках продукта, произведенного в других сферах. Исходя из этого, транспорт является ключевым фактором обеспечения взаимодействия основных элементов экономической деятельности.

Городские пассажирские перевозки, как и любая другая область деятельности, имеют свои цели и задачи (Рис. 1).

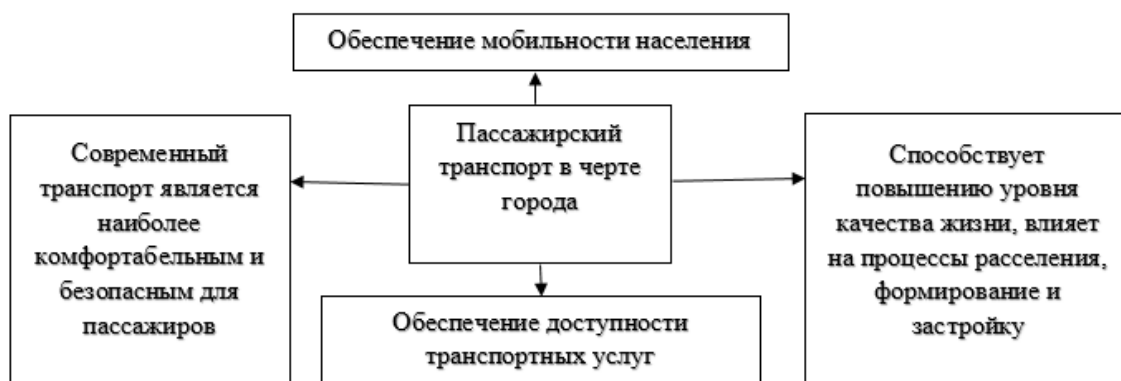


Рис. 1. Цели и задачи городского пассажирского транспорта

Анализ транспортного обслуживания помог выявить наиболее приоритетные варианты политики развития городского пассажирского автотранспорта: приоритет общественного транспорта большей вместимости перед меньшей. В том числе приоритет автобуса перед маршрутным такси, учитывая его большую провозную способность и безопасность; приоритет общественных интересов перед частными. Организация транспортного обслуживания там, где это действительно необходимо, то есть первоочередной задачей является решение вопросов связанности города, перед вопросами развития отдельных направлений; общественный пассажирский транспорт должен обладать приоритетом над индивидуальным транспортом.

Государство рассматривает транспорт в качестве единого объекта управления при региональных и отраслевых отличиях в транспортной системе на макроуровне. Единым комплексом транспорт делает организация взаимодействия различных его видов и согласованное развитие, что позволяет достичь дополнительного эффекта.

Город Челябинск является столицей Южного Урала, административным центром, на территории которого проживает более трети населения Челябинской области. Челябинск – один из самых крупных российских культурных, научно-образовательных, управленческих, промышленных и транспортных центров, который имеет удобное географическое расположение на пересечении транспортных путей и развитую инфраструктуру.

Транспортная система города на данный момент находится в критическом состоянии. Постоянные заторы на перегонах и перекрестках города снижают скорость движения, большинство транспортных магистралей перегружены, при



этом наблюдается превышение предельно допустимых норм загазованности атмосферного воздуха на магистралях и прилегающих территориях.

Структура городского пассажирского транспорта не обеспечивает своевременное и полное удовлетворения потребностей населения, средние затраты времени пассажиров на поездку превышают 30 минут. Город занимался постройкой метрополитена, в качестве скоростного пассажирского транспорта, который предусмотрен комплексной схемой и генеральным планом развития всех видов городского пассажирского транспорта, однако метрополитен строится с 1987 г. и дата окончания строительства не известна. Альтернативой, в качестве скоростного пассажирского транспорта, могут выступить железная дорога и трассы скоростного трамвая.

В настоящее время общий уровень автомобилизации стремится к показателю в 450 автомобилей на тысячу жителей, отмечается быстрый рост количества единиц легкового транспорта. В перспективе уровень автомобилизации достигнет показателей в 600-650 автомобилей на тысячу жителей, что приведет к дальнейшему снижению доли пассажирских перевозок на общественном транспорте, а также к чрезмерной нагрузке уличной дорожно-транспортной сети, которая будет превышать все рекомендации и нормативы [5].

Структура и объем перевозок пассажиров по видам транспорта составляют анализ результатов работы транспортного комплекса. Основные показатели объемов перевозок и транспортной подвижности населения г. Челябинска представлены ниже (Табл. 1). Динамика перевозок пассажиров представлена на рис. 2.

Табл. 1

Транспортная подвижность населения города Челябинска

Наименование	2019	2020	2021
1. Подвижность населения, передвижений в год	966	965	910
2. Транспортная подвижность населения годовая, количество поездок в год на одного человека	425	421	358
– в том числе на городском пассажирском транспорте	326	322	274
3. Перевезено пассажиров, тыс. пасс. в год, в том числе:	514200	512160	441362
– легковым	119704	120464	108418
– городским пассажирским транспортом, в том числе:	394496	391696	332944
а) трамвай	47783	46432	39468
б) троллейбус	26386	26531	22552
в) автобус	39303	39587	33649
г) маршрутные такси	174520	173980	147883
д) нелегальные и необследованные	106504	105166	89392

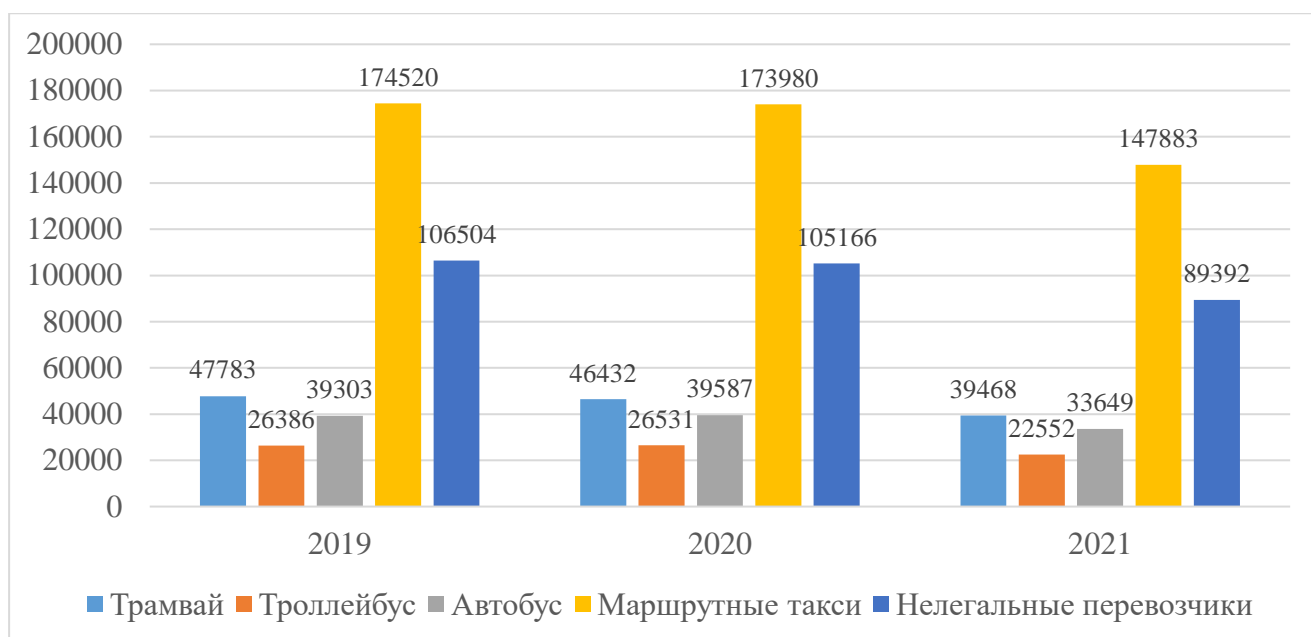


Рис. 2. Количество перевезенных пассажиров на разных видах транспорта, тыс. чел. в год

Нелегальные перевозчики и маршрутные такси составляют основную долю пассажирских перевозок. Также заметно снижение пассажиропотока в 2021 г. на фоне пандемии, оно составило приблизительно 10-15%. На маршрутных такси в 2021 г. было перевезено 147883 тыс. чел., что на 26097 тыс. чел. меньше, чем в 2020 г. Отрицательная динамика наблюдается и на остальных видах транспорта, так количество пассажиров, перевезенных трамваями сократилось на 6964 тыс. чел., троллейбусами – 3979 тыс. чел., автобусами – 5938 тыс. чел. Восстановление ситуации ожидается в 2022 г., по мере снятия ограничений, связанных с пандемией.

В процентном соотношении трамваи перевозят около 12% от всех пассажиров общественного транспорта, троллейбусы и автобусы – 7% и 10% соответственно, основную часть составляют маршрутные такси (включая нелегальных перевозчиков) – около 71%. Ситуация объясняется тем, что время, затраченное на поездку в трамвае, троллейбусе или автобусе в 1,5-2 раза больше времени, затраченного на поездку в маршрутном такси. Причиной является невысокая эксплуатационная скорость подвижного состава пассажирского транспорта.

Анализ основных экономических показателей транспортной сферы г. Челябинска позволил проследить отрицательную динамику роста и прибыльности. Увеличение финансового обеспечения деятельности городского пассажирского транспорта и увеличение в период с 2020-2021 гг. возмещения

расходов перевозчиков за проезд льготных пассажиров являются основными источниками резервов повышения уровня рентабельности. Выручка и чистая прибыль также имеют ежегодную отрицательную динамику.

В структуре транспортной сети Челябинска наибольшую долю от общей протяженности транспортной сети составляют маршрутные такси. Маршрутные такси также являются лидером и по количеству подвижного состава. Наиболее изношенным видом транспорта является электрический (трамваи и троллейбусы), его средний возраст более 20 лет. Куда лучше обстоит ситуация с автобусным парком, в связи с относительно частым пополнением и обновлением подвижного состава. Маршрутные такси лидируют и в общей структуре перевозок, порядка 70%, в то время как среди городского пассажирского транспорта лидирует трамвайный.

Также стоит отметить постоянный рост уровня автомобилизации населения, в связи с чем немалая доля населения города предпочитает использовать легковой транспорт в качестве средства передвижения.

Стоимость проезда на всех видах пассажирского транспорта города остается на прежнем уровне, однако в начале 2022 г. ожидается увеличение стоимости проезда на маршрутных такси, на что также влияет популярность данного вида транспорта среди населения. Отрицательная динамика наблюдается среди основных экономических показателей городского пассажирского транспорта. Наблюдается снижение темпов роста фонда заработной платы.

На фоне ограничений из-за пандемии положительно выглядит ситуация с безопасностью на дорогах общего пользования, т. к. наблюдается понижение всех показателей, которые связаны с дорожно-транспортными происшествиями.

Основные проблемы, которые в настоящее время имеют пассажирские перевозки: уменьшение количества подвижного состава из-за морального и физического старения; нарушение организации работы и условий доступа к ней индивидуальных предпринимателей; увеличение количества несчастных случаев на частных маршрутных такси; понижение качества пассажирского обслуживания; недостаточное возмещение расходов за перевозку льготных категорий граждан; дефицит финансовых средств на содержание городского пассажирского транспорта [3].

Основные причины понижения качества транспортного обслуживания: недостаточная насыщенность маршрутной сети городским пассажирским транспортом; неудовлетворительная организация ремонта и обслуживания

подвижного состава, как у частных перевозчиков, так и на городском пассажирском транспорте; отсутствие использования на муниципальных маршрутах города передовых, наиболее эффективных методов и форм организации перевозочного процесса [4]. В табл. 2 приведены основные проблемы совершенствования качества транспортного обслуживания пассажиров и пути их решения.

Табл. 2.

Проблемы и пути совершенствования качества транспортного обслуживания пассажиров

Проблема	Путь решения
Изношенный парк подвижного состава городского пассажирского транспорта	Обновление подвижного состава, внедрение IT-технологий на транспорте
Массовая автомобилизация населения	Повышение популярности общественного транспорта среди населения города
Использование единого тарифа оплаты проезда частными перевозчиками	Применение дифференцированного тарифа к использованию частными перевозчиками
Отсутствие единой системы контроля работы пассажирского транспорта и управления	Стимулирование распространения на городском транспорте эффективных систем контроля и диспетчерского управления
Использование базовых механизмов в проведении конкурсов и регулирование допуска деятельности перевозчиков на контрактной основе	Реализация новых конкурсных механизмов регулирования допуска, технологии организации и контроля деятельности перевозчиков на контрактной основе

Отличным инструментом для повышения качества транспортного обслуживания является оснащение транспорта Wi-Fi. Сложно недооценить важность подключения к сети Интернет в современном мире, особенно среди молодежи. Оснащение транспорта Wi-Fi также позволит: оптимизировать транспортные маршруты; помочь в формировании передвижения пассажиров по городу; обеспечить контроль за соблюдением расписания движения и трудовой дисциплиной водителя; повысить безопасность в салонах общественного транспорта; распределить пассажиропотоки.

Для оснащения транспорта Wi-Fi необходимо внедрить комплексную IT-систему, которая позволит объединить систему видеонаблюдения, медиа центр и другие важные датчики. GPS модуль позволит передавать местоположение транспорта на сервер в парк, а также в медиа центры на остановках и в салоне. Установленные системы смогут осуществлять автоматическую фокусировку видеонаблюдения, что позволит определять происходящие в салоне транспорта события. Данные будут также сохраняться на внешний носитель. Также данная

система позволить контролировать некоторые показатели в узлах и агрегатах различных видов транспорта (например, давление в шинах) и информировать водителя о состоянии транспорта.

Для привлечения интереса среди населения к транспортным картам предлагается использовать транспортную карту для оплаты проезда в частном пассажирском транспорте. Сегодня на городском пассажирском транспорте (трамвай, троллейбус, автобус) используется дифференцированная оплата проезда. Применяется система транспортных карт, которые используются как многоразовые средства оплаты. По статистике, на начало 2021 г. около 200 000 тысяч человек в Челябинске использовали транспортные карты, это свидетельствует о популярности данной услуги [5].

Использование транспортной карты предусматривает единовременный платеж за проезд (пополнение баланса транспортной карты), из чего складывается стоимость проезда на транспорте – уменьшение стоимости проезда, с увеличением суммы платежа. Тарифный план при использовании транспортной карты для оплаты проезда на городском пассажирском транспорте представлен ниже (Табл. 3).

Табл.3.

Система скидок на оплату проезда в городском пассажирском транспорте при использовании транспортной карты

Сумма единовременного платежа, руб.	Размер скидки, в %	Стоимость одной поездки, руб.
30 – 299	0	23,00
300 – 499	3	22,30
500 – 699	5	21,90
700 и более	10	20,70

Стоимость «Единого пересадочного билета» в трамвае, автобусе и троллейбусе продолжительностью 60 и 90 минут составляет 25 и 34 рубля соответственно. То есть при пересадке в течении установленного промежутка времени стоимость билета составит 0 рублей. Для удобства пассажиров кассовые терминалы у кондукторов поддерживают функцию бесконтактной оплаты – NFC. Такую же скидочную систему предлагается использовать и на маршрутных такси.

Применение данной системы позволит решить несколько важных задач: обеспечение финансовой прозрачности работы частных перевозчиков; обеспечение удобства для пассажиров и повышение уровня обслуживания;

предоставление более достоверных данных о количестве перевезенных пассажиров; отслеживание в режиме реального времени выполнения транспортной работы при помощи спутниковой навигационной системы; учет проезда льготных категорий пассажиров; привлечение внимания населения к транспортным картам [2]. Ниже приведены пути решения ряда проблем и ожидаемый результат (Табл. 4)

Табл. 4

Результат, ожидаемый от использования предложенных решений

Содержание проблемы	Пути решения	Ожидаемый результат
Устаревший подвижной состав Издержки на ремонт и обслуживание	– рациональное использование подвижного состава; – повышение тарифов на проезд в общественном городском транспорте; – приобретение современного подвижного состава.	– увеличение уровня безопасности и комфорта, а также повышение доступности транспорта для маломобильных групп граждан; – возможность постепенного перевода всего городского пассажирского транспорта на альтернативные источники топлива; – понижение уровня шума и количества выбросов; – дополнительные средства для обновления подвижного состава; – понижение издержек на ремонт и обслуживание изношенного и морально устаревшего подвижного состава.
Малый пассажиропоток	– обеспечение доступа в сеть Интернет при помощи установки специального оборудования; – оформление транспортных карт для всех категорий граждан.	– понижение риска хищения денежных средств; – привлечение новых пассажиров из числа молодежи; – увеличение интереса пассажиров вследствие повышения уровня безопасности и комфорта; – упрощение системы расчетов за проезд.

Несостоятельность органов управления	<ul style="list-style-type: none"> <li>– привлечение технического персонала в органы управления;</li> <li>– создание программы мотивации сотрудников;</li> <li>– отбор квалифицированных кадров;</li> <li>– повышение квалификации и обучение действующих сотрудников.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– свежие идеи в процессе управления;</li> <li>– рациональное использование имеющихся ресурсов;</li> <li>– улучшение системы управления городским общественным транспортом;</li> <li>– увеличение заинтересованности сотрудников в повышении результативности работы;</li> <li>– принятие необходимых и взвешенных решений.</li> </ul>
--------------------------------------	---	--

Переход к системе безналичных расчетов за проезд, оформление и выдача транспортных карт, наличие отопления и кондиционера, комфортный и удобный современный подвижной состав – все перечисленное способствует повышению качества транспортного обслуживания пассажиров и увеличению привлекательности городского общественного транспорта.

#### Список используемых источников

1 Будрина Е.В. Развитие системы городского наземного пассажирского транспорта на основе инноваций // В сборнике: Инновации на транспорте и в машиностроении сборник трудов IV международной научно-практической конференции. Отв. ред. Т.А. Менухова, А.В. Терентьев. 2016. С. 28-31.

2 Гаврилов Д.С. Совершенствование управления на транспорте/ Д.С. Гаврилов, В.А. Грановский // Молодой ученый. 2017. №12. С. 40-42.

3 Локтев А.А. Стратегия государственного регулирования и поддержки транспортного комплекса России в современных условиях (в контексте зарубежного опыта) // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2016. № 17. С. 173-183.

4 Максимов В.Л. Основные проблемы и направления развития пассажирского транспорта в РФ // Наука XXI века: актуальные направления развития. 2016. № 1-2. С. 199-202.

5 Сайт Управления транспорта Администрации города Челябинска [Электронный ресурс]. URL: <https://transport.cheladmin.ru>. (дата обращения: 28.12.2021 г.)

## ЛИДЕРЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Саввин Н.Ю. – старший преподаватель БГТУ им. В.Г. Шухова*

*Комоза Д.В. – студент БГТУ им. В.Г. Шухова*

### Аннотация

В статье рассмотрены электромобили, которые сейчас предлагает рынок и их краткое описание. Выделен лидер на рынке и произведен более подробный обзор его характеристик. Представлена личная аналитика по поводу будущего электромобилей.

В современном мире огромный выбор автомобилей. Производители предлагают своим клиентам не только высокую технологичность, качество, но и современный дизайн машин. Компании соревнуются за внимание покупателей, стремятся первыми выпустить уникальный автомобиль. На дорогах всё чаще можно встретить электромобили. Активно создаются более комфортные условия для езды именно на электрических видах транспорта, развиваются сети электрозаправочных станций [1]. Такую популярность электрокары завоевали благодаря своим преимуществам. На сегодняшний день многие автомобилестроительные компании выпускают электромобили (табл. 1).

Табл. 1

Краткая характеристика электроавтомобилей

№ п/п	Название	Страна производитель	Характеристика
1	Audi e-tron	Германия	Данный электромобиль оснащен батареей на 96 кВт. Полная зарядка составляет 8 ч. Запас хода 446 км, а разгон до 100 км/ч за 3,5 с.
2	Citroën e-C4	Франция	Запас батареи 50 кВт, что очень ограничивает электромобиль в дальности, здесь он составляет 350 км, а разгон до 100 км/ч за 9,7 с.
3	Hyundai IONIQ Electric	Корея	Корея решила, как и прежде взять бюджетностью и производительностью, поэтому данная версия предлагает скорость в 275 км/ч и функцию быстрой подзарядки.
4	Jaguar I-Pace	Великобритания	Оснащен двумя электродвигателями мощностью в 400 л.с. и разгоняют автомобиль до 100 км/ч за 4,8 с. Запаса хода хватит на 470 км, а максимальная скорость достигает 200 км/ч.
5	Porsche Taycan TurboS	Германия	Автомобиль оснащен мощностью в 761 л.с., которая позволяет развить скорость до 100 км/ч всего за 2,8 с, а запас хода позволяет проехать до 470 км.



6	LucidAir Dream Edition	США	Данную модель называют главным конкурентом Tesla, т.к. запас хода у электромобиля американской компании более 800 км, благодаря батарее емкостью 113 кВт/ч и двум электродвигателям. До 100 км/ч машина разгоняется за 2,5 с, а максимальная скорость составляет 270 км/ч
---	------------------------	-----	---

Бесспорным лидером рынка является электромобиль TeslaModelS (страна производитель – США). Данная модель, конечно же, является революцией в мире автомобилестроения. Электромобили по всем параметрам лучше, чем их предшественники.

Динамические характеристики данного автомобиля не могут не удивить, ведь с батареей на 100 кВт/ч машина разгоняется до 100 км/ч за 2,1 с. Для сравнения BugattiVeyron 16.4 GrandSportVitesse разгоняется за 2,6 с до 100 км/ч.

Как заявляет производитель, дальность хода у Tesla составляет 628 км. Если говорить о безопасности, то с уверенностью можно сказать что это один из самых безопасных автомобилей в мире. Его корпус изготовлен из жесткого и легкого алюминия. Батарея располагается под днищем, являющейся силовым элементом конструкции (рис. 1). При таком расположении батареи, машина стала практически не опрокидываемой. В автомобиле установлено 8 подушек безопасности для водителя и пассажира, также имеются боковые шторки безопасности [2].

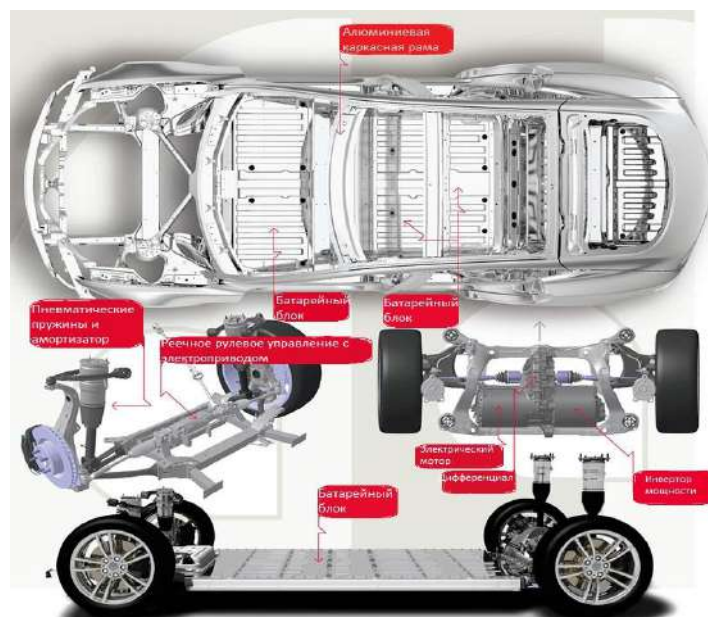


Рис.1. Конструктивные компоненты

Интерьер Tesla без лишних элементов: приборная панель и сенсорный экран на 17 дюймов с большим количеством функций. Но самой интересной из них, является автопилот. По сравнению с другими автомобилями, в Tesla самый автономный и безопасный автопилот, который постоянно дорабатывается. Благодаря нему вождение стало более безопасным и менее утомительным [3].

Электродвигатель асинхронного типа, работающий на переменном токе и индуцирующий четырехполюсное магнитное поле, которое прокручивает ротор. Инвертор, выполняющий трансформацию постоянного тока, которой поступает с батареи и преобразовывает его в переменный трехфазный ток. Аккумуляторная батарея, осуществляющая питание электродвигателя. Трансмиссия представляет собой, одноступенчатый редуктор, передающий вращение ротора на ведущие колеса. Кузов, рамной конструкции из алюминия с ребрами жесткости, которые обеспечили безопасность при столкновении. Электронная система управления, оснащенная множеством датчиков, анализирует и управляет работой многих устройств автомобиля. Аккумуляторная батарея (12 V), снабжающая бортовую сеть [4].

В итоге такие конструкционные особенности делают автомобиль лучшим в мире, что доказывает диаграмма хода (рис. 2).

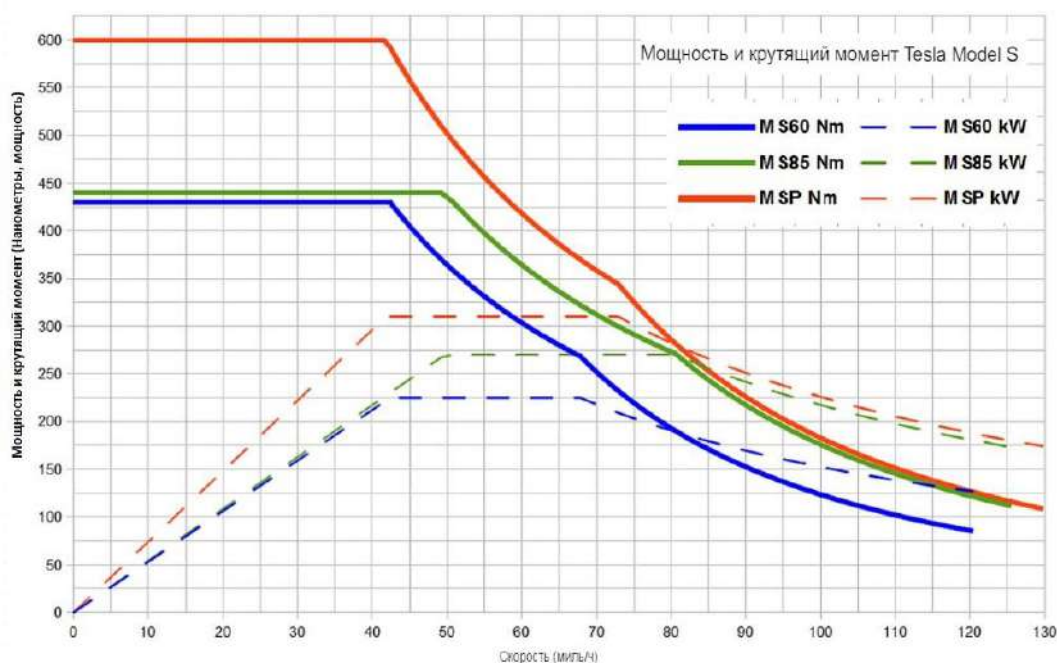


Рис. 2. Диаграмма хода

Существует несколько способов зарядить Tesla. Трехфазной розеткой (в отеле или подземном паркинге), либо же от стандартной бытовой розетки в 220 В.

Вторым способом выступает зарядная станция стандарта MennekesType 2 или зарядной станцией CHAdemo.

Если рассматривать зарядку дома, то стоимость будет исходить из тарифа на электроэнергию. Рассматривая средние показатели по России, можно определить, что за один киловатт электроэнергии россияне тратят от двух до шести рублей. Из этого можно вывести формулу: Цена 1кВт × Емкость батареи = Цена зарядки (рубли). Возьмем примерные значения 5руб × 100 кВт = 500 рублей. Можно сказать, что TeslaModelS проедет 500 км за 500 рублей (примерные данные). Не каждый автомобиль может похвастаться такой экономичностью.

Очевидно, что у электромобилей огромное будущее. Человечество сейчас находится только в начале развития электромобильной промышленности. В 2020 г. было зарегистрировано большое количество новых электромобилей, произведено более 3 млн [5]. И это не «пик» популярности данных автомобилей, с каждым годом спрос будет увеличиваться, и по приблизительным прогнозам к 2030 г. их количество составит 150 млн. Такой прогресс объясняется экологичностью, дешевизной, бесшумность и простотой в обслуживании данного транспорта.

С таким темпом роста технологий, через 10 лет будет доступна сверхбыстрая зарядка электромобилей, и решатся проблемы с нехваткой зарядных станций.

### **Список используемых источников**

1. Исаева Я.К. Общий анализ конструкций и технических особенностей электроавтомобилей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 6. С. 280-283.

2. Gray matter network reorganization in multiple sclerosis from 7-Tesla and 3-Tesla MRI data / G. Gonzalez-Escamilla, D. Ciolac, A. Radetz [et al.] // Annals of Clinical and Translational Neurology. 2020. Vol. 7. No 4. P. 543-553. DOI 10.1002/acn3.51029.

3. Эйзлер А.М., К.Н. Чиган. Электрокары с умной системой управления на примере компании "TESLA" / Информатизация и виртуализация экономической и социальной жизни: материалы VI Студенческой научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 14 мая 2019 года. Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. С. 169-172.

4. Туниянц Э.А. Технология и организация автомобилестроительного производства на примере компании Tesla // Современные тенденции развития в области экономики и управления: Материалы Международной научно-

практической конференции, Москва, 19–21 марта 2018 года. М.: Государственный университет управления, 2018. С. 372-375.

5. Испытания экспериментальных образцов электролит -поддерживающих батарей для инновационных электроавтомобилей / Ю.М. Аверина, Д.А. Сахаров, А.Н. Трапезников [и др.] // Химическая промышленность сегодня. 2020. № 5. С. 72-75.

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ДОЖИГАНИЯ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ В ПРИСУТСТВИИ ТВЕРДЫХ ОКИСЛИТЕЛЕЙ

*Сахингареев Д.Р. – инженер-исследователь, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»*

*Ульянов В.В. – к.т.н., начальник лаборатории, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»*

*Кошелев М.М. – заместитель начальника лаборатории, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»*

*Асхадуллин Р.Ш. – к.т.н., доцент, начальник лаборатории, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»*

### Аннотация

В статье описаны основные способы очистки воды. Проведен анализ дожигания продуктов пиролиза ионообменных смол при помощи разных типов твердых окислителей. Дана оценка полного сжигания катионита КУ-2-8 при помощи оксидов металлов. Среди методов утилизации отработавших ИОС перспективным является пиролиз, одними из продуктов которого являются газообразные соединения. Исследовано их дожигание на твердом оксидном окислителе. Расчетом выявлено, что лучшим окислителем является оксид меди. Экспериментально подтверждено, что все газообразные продукты пиролиза переводятся в неокисляемую форму.

В настоящее время человечество испытывает серьезные проблемы, связанные с загрязненностью водных ресурсов. В частности, доступ к чистой пресной воде с каждым годом уменьшается. Для того, чтобы решить данную проблему, человеком были придуманы различные способы водоподготовки. Наиболее распространенные из них:

- механическая фильтрация;
- сорбция;
- ионный обмен;
- дистилляция;
- обратный осмос.

Все представленные выше методы водоподготовки в совокупности позволяют получать воду разной степени чистоты для различных областей человеческой жизнедеятельности. В частности, в атомной промышленности применяется большинство вышеприведенных методов очистки воды. Ионный обмен является одним из самых распространенных и эффективных методов переработки ЖРО. В атомной промышленности ИОС применяются для очистки воды реакторов от радионуклидов на всех АЭС с водяным охлаждением [1].

Ионообменные смолы (ИОС) – это твердые, зернистые, механически прочные, химически устойчивые, нерастворимые вещества, обладающие способностью к обмену ионов, содержащихся в растворе. При помощи ИОС проводят тонкую очистку воды, необходимую для нужд АЭС [2].

Тем не менее ИОС имеют ограниченный ресурс эксплуатации, по окончании которого их заменяют. Отработавшие свой ресурс ионообменные смолы превращаются в жидкие радиоактивные отходы. При этом преобладающая часть ИОС в общем количестве накопленных жидких радиоактивных отходов исключает возможность их совместной переработки. Для переработки ИОС необходимо создавать специализированные установки. Переработка ионообменных смол является наиболее сложной и дорогостоящей операцией по отношению к другим видам переработки радиоактивных отходов.

В настоящее время не существует серийного производства установок для переработки отработавших ионообменных смол [3, 4].

Согласно требованиям федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, отработавшие ионообменные смолы должны быть переработаны и кондиционированы, а кондиционированные отработавшие ионообменные смолы должны безопасно храниться и окончательно захораниваться.

Авторами ведутся работы по обоснованию утилизации ионообменных смол путем пиролиза в жидком свинце. Предварительные испытания показали, что разложение ИОС при пиролизе дает весьма хорошие результаты: обеспечивает получение инертного и химически нейтрального конечного продукта без применения добавок. По окончании процесса пиролиза остается сухой остаток ИОС и газообразные продукты пиролиза. Последние являются преимущественно органическими веществами и требуют окисления.

При анализе продуктов пиролиза катионита КУ-2-8 были обнаружены сульфоксид углерода (COS), фенол, ацетофенон, С-3-алкилбензолы, дифенилсульфид, дифенилдисульфид, дифенилпропан. При пиролизе анионита

АВ-17-8 выделяются синильная кислота, формальдегид, метанол, ацетонитрил, этиламин, метилизоцианат, диметилформамид, метилбензофуран, циннамальдегид, дитоллилэтан, бензонитрил, диметиламиноацетонитрил и другие вещества.

Образованные при пиролизе ионообменных смол газы содержат, наряду с негорючими газами ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$ ) большое количество органических соединений (прежде всего метан, производные бензола, диметил- и триметиламин), а также монооксид углерода ( $\text{CO}$ ). Данные вещества являются токсичными, а ароматические соединения – опасными канцерогенами. Отсюда возникает проблема в необходимости очистки отходящих газов от таких химических соединений.

Проведение подобной очистки можно осуществить либо поглощением токсичных веществ растворителями или адсорбентами, либо превращением опасных веществ в нетоксичные формы ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ) в процессе окисления.

Первый вариант – неэкономичный, т. к. для поглощения токсичных продуктов пиролиза потребуется большое количество адсорбента, который в последующем нужно перерабатывать или утилизировать.

Последний вариант является менее затратным и технически проще реализуемым, поэтому именно этот метод переработки пиролизного газа. Само окисление горючих токсичных продуктов пиролиза можно осуществить следующими способами:

- введение в поток отходящего газа газообразного окислителя (прежде всего кислорода) и последующим сжиганием полученной смеси;
- окисление газов с применением твёрдых окислителей (оксиды металлов).

Первый из них потенциально опасен, поскольку есть вероятность взрыва, что может нарушить герметичность пиролизной установки и привести к выбросу радиации в окружающее пространство. Ко всему прочему, высокие температуры, создающиеся в факеле пламени, способствуют окислению свободного азота воздуха кислородом, что приводит к эмиссии высокотоксичных оксидов азота. Единственным безопасным способом дожигания пиролизного газа, не сопровождающимся образованием оксидов азота, на взгляд авторов, является окисление с применением в качестве окислителей оксидов некоторых металлов, т. к. реакция окисления в этом случае протекает без взрыва.

Дополнительным плюсом использование твердых окислителей является то, что при определенных условиях существует возможность обратного окисления металла до оксида, т. е. технологически возможно осуществить восстановление твердого окислителя, что позволяет увеличить срок эксплуатации перерабатывающей установки, а также уменьшить количество образующихся твердых радиоактивных отходов.

### Подбор оксида металла для дожигания ионообменной смолы КУ-2-8

Зададим начальную массу ионообменной смолы КУ-2-8 в 10 кг. Чтобы найти массу выбранного типа оксида металла для полного сжигания, необходимо учесть в каком стехиометрическом соотношении в ходе химической реакции взаимодействуют между собой смола и твердый окислитель.

В качестве твердого окислителя рассматриваются:

- оксид меди (II)  $\text{CuO}$ ;
- смесь оксида меди (II) и диоксида циркония  $\text{CuO} + \text{ZrO}_2$ ;
- оксид железа (II, III)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ;
- оксид свинца (II)  $\text{PbO}$ ;
- оксид висмута (III)  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ .

### Реакция ионообменной смолы КУ-2-8 с оксидом меди (II)

Ионообменная смола КУ-2-8 получается в ходе реакции сульфирования сополимера стирола с 8% дивинилбензола. Она представляет собой гелевую структуру, монофункциональна. Катионит КУ-2-8 стоек к разбавленным кислотам и щелочам, обладает высокой механической прочностью и термостойкостью (до  $120\text{ }^\circ\text{C}$  в H-форме).

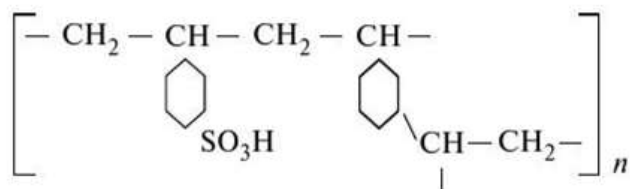
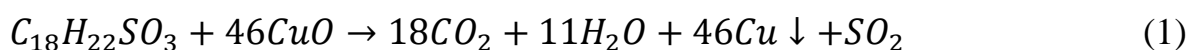


Рис. 1. Химическая формула катионита КУ-2-8

Примем, что КУ-2-8 – мономер, тогда реакцию с оксидом меди (II) можно представить в следующем виде:





Молярная масса мономера катионита КУ-2-8:

$$M(C_{18}H_{22}SO_3) = 318,418 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль}}\right).$$

Молярная масса оксида меди (II):

$$M(CuO) = 63,546 + 15,999 = 79,545 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль}}\right).$$

Масса оксида меди (II), необходимая для полного сжигания 10 кг ионообменной смолы, находится следующим образом:

$$m(CuO) = \frac{m(C_{18}H_{22}SO_3) \cdot 46 \cdot M(CuO)}{M(C_{18}H_{22}SO_3)} = \frac{10000 \cdot 46 \cdot 79,545}{318,418} = 114914 \text{ (г)} \quad (2)$$

Таким образом, получено расчетное значение количества оксида меди (II), которое необходимо на полное сжигание 10 кг смолы КУ-2-8. Оно составляет 114,9 кг оксида меди (II).

### **Реакция ионообменной смолы КУ-2-8 со смесью, состоящей из оксида меди (II) и диоксида циркония**

Данная смесь состоит на 40% из оксида меди (II), а остальные 60% – это диоксид циркония. Последний не участвует в реакции с катионитом КУ-2-8, но является матрицей для оксида меди (II).

Химическая реакция взаимодействия аналогична (1).

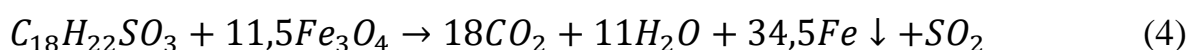
Расчеты для нахождения массы смеси проводятся в соответствии с пунктом «Реакция ионообменной смолы КУ-2-8 с оксидом меди (II)», но с учетом массы не взаимодействующего диоксида циркония:

$$m(CuO, ZrO_2) = \frac{m(CuO)}{40\%} \cdot 100\% = \frac{114914}{40\%} \cdot 100\% = 287285 \text{ (г)}. \quad (3)$$

В конечном итоге, получено расчетное значение количества смеси оксида меди (II) и диоксида циркония, которое необходимо на полное сжигание 10 кг смолы КУ-2-8. Оно составляет 287,3 кг смеси.

### **Реакция ионообменной смолы КУ-2-8 с оксидом железа (II, III)**

Общий вид уравнения реакции катионита с оксидом железа (II, III) имеет вид:



Молярная масса мономера катионита КУ-2-8:

$$M(C_{18}H_{22}SO_3) = 318,418 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль}}\right)$$

Молярная масса оксида железа (II, III):

$$M(Fe_3O_4) = 231,531 \left( \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} \right)$$

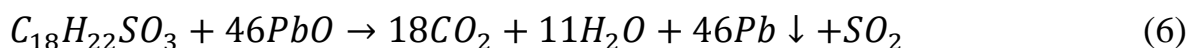
Масса оксида железа (II, III), необходимая для полного сжигания 10 кг ионообменной смолы, находится следующим образом:

$$m(Fe_3O_4) = \frac{m(C_{18}H_{22}SO_3) \cdot 11,5 \cdot M(Fe_3O_4)}{M(C_{18}H_{22}SO_3)} = \frac{10000 \cdot 11,5 \cdot 231,531}{318,418} = 83620(\Gamma). \quad (5)$$

Получено расчетное значение количества оксида железа (II, III), которое необходимо на полное сжигание 10 кг смолы КУ-2-8. Оно составляет 83,6 кг оксида железа (II, III).

### **Реакция ионообменной смолы КУ-2-8 с оксидом свинца (II)**

Общий вид уравнения реакции катионита с оксидом свинца (II) имеет вид:



Молярная масса катионита КУ-2-8:

$$M(C_{18}H_{22}SO_3) = 318,418 \left( \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} \right)$$

Молярная масса оксида свинца (II):

$$M(PbO) = 223,209 \left( \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} \right)$$

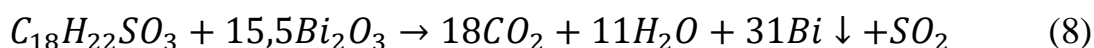
Масса оксида свинца (II), необходимая для полного сжигания 10 кг ионообменной смолы, находится так:

$$m(PbO) = \frac{m(C_{18}H_{22}SO_3) \cdot 46 \cdot M(PbO)}{M(C_{18}H_{22}SO_3)} = \frac{10000 \cdot 46 \cdot 223,209}{318,418} = 322457(\Gamma) \quad (7)$$

Таким образом, получено расчетное значение количества оксида свинца (II), которое необходимо на полное сжигание 10 кг смолы КУ-2-8. Оно составляет 322,5 кг оксида свинца (II).

### **Реакция ионообменной смолы КУ-2-8 с оксидом висмута (III)**

Общий вид уравнения реакции катионита с оксидом висмута (III) имеет вид:



Молярная масса катионита КУ-2-8:

$$M(C_{18}H_{22}SO_3) = 318,418 \left( \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} \right)$$

Молярная масса оксида висмута (III):

$$M(Bi_2O_3) = 465,957 \left( \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} \right)$$

Масса оксида висмута (III), необходимая для полного сжигания 10 кг ионообменной смолы, рассчитывается следующим образом:

$$m(\text{Bi}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{SO}_3) \cdot 15,5 \cdot M(\text{Bi}_2\text{O}_3)}{M(\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{SO}_3)} = \frac{10000 \cdot 15,5 \cdot 465,957}{318,418} = 226819(\text{г}) \quad (9)$$

На полное сжигание 10 кг смолы КУ-2-8 необходимо затратить 226,8 кг оксида висмута (III).

Для анализа соотношений между массой смолы и твердым окислителем были проведены аналогичные расчеты для 1, 2 и 5 кг выбранных оксидов металлов. Расчетные значения масс твердых окислителей необходимых для окисления катионита представлены в таблице 1.

Табл. 1

Расчетные значения масс твердых окислителей, необходимых для сжигания катионита

m(смолы), кг	m(CuO), кг	m(Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ), кг	m(PbO), кг	m(Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), кг	m(CuO+ZrO <sub>2</sub> ), кг
1	11,491	8,362	32,246	22,682	28,729
2	22,983	16,724	64,491	45,364	57,457
5	57,457	41,81	161,229	113,41	143,643
10	114,914	83,62	322,457	226,819	287,285

На рисунке 2 представлены графики зависимостей массы ионообменной смолы (катионита КУ-2-8) от массы оксида (твердых окислителей).

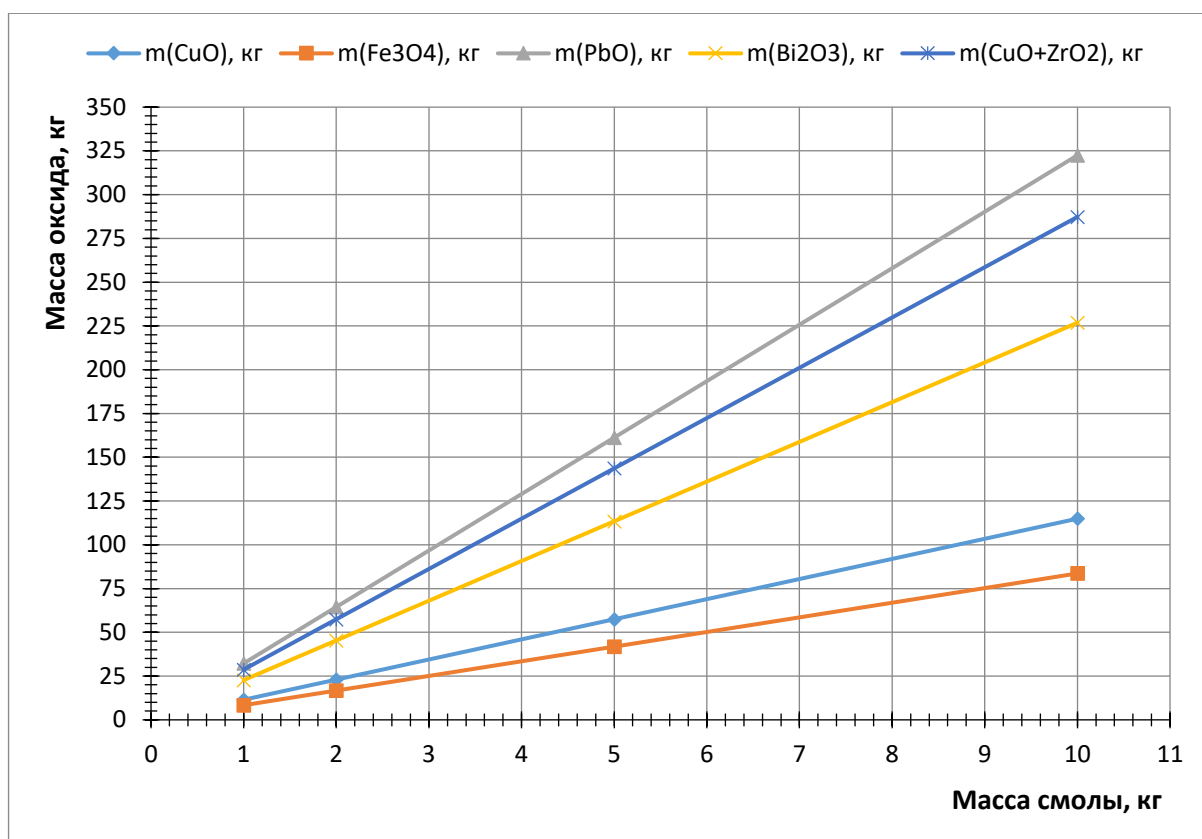


Рис. 2. Зависимости массы смолы КУ-2-8 (кг) от массы оксида – твердого окислителя (кг)

Исходя из полученных соотношений можно сделать следующие выводы:

1) Для окисления 1 кг катионита КУ-2-8 разброс между массами твердых окислителей составляет от 11,5 кг (CuO) до 32,2 кг (PbO).

2) С увеличением массы катионита разброс между массами твердых окислителей, которые необходимо для полного окисления КУ-2-8, начинает резко возрастать. Для 10 кг смолы интервал составляет 114,9 кг (CuO) до 322,5 кг (PbO). С экономической точки зрения, наиболее выгодным приоритетным становится использование оксида железа (II, III). Но, учитывая лучшую реакцию способность оксида меди (он легче отдает кислород к органическому реагенту), для экспериментов был выбран именно он.

#### Расчет массы оксида меди (II) для реакционной емкости узла дожигания

Плотность порошка оксида меди (II):  $\rho(CuO) = 6,31 \text{ г/см}^3$ .

Насыпная плотность порошка оксида меди (II):  $\rho_n(CuO) = 2,2 \text{ г/см}^3$ .

В реальных экспериментах использовались гранулы оксида меди (II). Поэтому, очевидно, что будет иметься пространство с воздухом.

Для получения значений насыпной плотности оксида меди (II) в виде гранул были проведены измерения следующим образом: был выбран стакан номинальным объемом 50 см<sup>3</sup>, затем измерялась масса пустого стакана и стакана вместе с оксидом меди (II).

Насыпная плотность оксида меди вычислялась по следующей формуле:

$$\rho_{\text{H}}(\text{CuO}) = \frac{m_{\text{ст.}+\text{CuO}} - m_{\text{ст.}}}{V_{\text{ст.}}}, \quad (10)$$

где  $m_{\text{ст.}+\text{CuO}}$  – масса стакана с оксидом меди (II), г;  $m_{\text{ст.}}$  – масса стакана, г;  $V_{\text{ст.}}$  – объем стакана, см<sup>3</sup>.

$$1) m_{\text{ст.}} = 35,4595 \text{ (г)}; m_{\text{ст.}+\text{CuO}} = 130,0906 \text{ (г)}; \rho_{\text{H}}(\text{CuO}) = 1,893 \text{ (г/см}^3\text{)}.$$

$$2) m_{\text{ст.}} = 35,4727 \text{ (г)}; m_{\text{ст.}+\text{CuO}} = 128,9389 \text{ (г)}; \rho_{\text{H}}(\text{CuO}) = 1,869 \text{ (г/см}^3\text{)}.$$

$$3) m_{\text{ст.}} = 35,4855 \text{ (г)}; m_{\text{ст.}+\text{CuO}} = 131,6478 \text{ (г)}; \rho_{\text{H}}(\text{CuO}) = 1,923 \text{ (г/см}^3\text{)}.$$

$$\langle \rho_{\text{H}}(\text{CuO}) \rangle = 1,895 \text{ (г/см}^3\text{)}.$$

Формула для расчета объема цилиндра:

$$V_{\text{цилиндр}} = \pi \cdot r^2 \cdot h, \quad (11)$$

где  $\pi$  – число пи (3,1415);  $r$  – радиус цилиндра, см;  $h$  – высота цилиндра, см.

Реакционная емкость №1 (из четырех маленьких корзин)

Высота одной корзины:  $h = 12$  см.

Диаметр корзины:  $D = 4,5$  см.

Диаметр оси внутри корзины:  $d = 1,4$  см.

Суммарная высота:  $\Sigma h = 48$  см.

Объем реакционной емкости находим по формуле (11):

$$V_{1 \text{ реакц. емк.}} = (\pi \cdot 2,25^2 \cdot 48) - (\pi \cdot 0,7^2 \cdot 48) = 689,52 \text{ (см}^3\text{)}. \quad (12)$$

$$m_1(\text{CuO}) = \rho_{\text{H}}(\text{CuO}) \cdot V_{1 \text{ реакц. емк.}} = 1,895 \cdot 689,52 = 1306,64 \text{ (г)}. \quad (13)$$

Реакционная емкость №2 (одна цельная корзина)

Высота всей корзины:  $h = 50$  см.

Диаметр корзины:  $D = 4,5$  см.

Диаметр оси внутри корзины:  $d = 1,4$  см.

Объем реакционной емкости находим по формуле (6):

$$V_{2 \text{ реакц. емк.}} = (\pi \cdot 2,25^2 \cdot 50) - (\pi \cdot 0,7^2 \cdot 50) = 718,25 \text{ (см}^3\text{)}. \quad (14)$$

$$m_2(\text{CuO}) = \rho_{\text{H}}(\text{CuO}) \cdot V_{2 \text{ реакц. емк.}} = 1,895 \cdot 718,25 = 1361,08 \text{ (г)}. \quad (15)$$

Учитывая полученные результаты в пункте «Реакция ионообменной смолы КУ-2-8 с оксидом меди (II)», можно установить сколько понадобится ионообменной смолы КУ-2-8 для выбранных масс оксида меди (II).

$$m_1(C_{18}H_{22}SO_3) = \frac{M(C_{18}H_{22}SO_3) \cdot m_1(CuO)}{46 \cdot M(CuO)} = \frac{318,418 \cdot 1306,64}{46 \cdot 79,545} = 113,71 \text{ (г)}; \quad (16)$$

$$m_2(C_{18}H_{22}SO_3) = \frac{M(C_{18}H_{22}SO_3) \cdot m_2(CuO)}{46 \cdot M(CuO)} = \frac{318,418 \cdot 1361,08}{46 \cdot 79,545} = 118,44 \text{ (г)}. \quad (17)$$

Суммарная масса катионита КУ-2-8, которую можно сжечь 2667,7 г оксида меди (II):

$$\Sigma m(C_{18}H_{22}SO_3) = 232,15 \text{ (г)}.$$

Для полного сжигания выбранной массы ИОС необходимого оксида меди в 11,5 раз больше по массе. В реальности же твердый окислитель будет использоваться для дожигания продуктов пиролиза ионообменных смол.

### Экспериментальная установка дожигания продуктов пиролиза ионообменных смол

Для исследования характеристик и отработки технологического процесса дожигания продуктов пиролиза был разработана и изготовлена экспериментальная установка. Её схема представлена на рисунке 3.

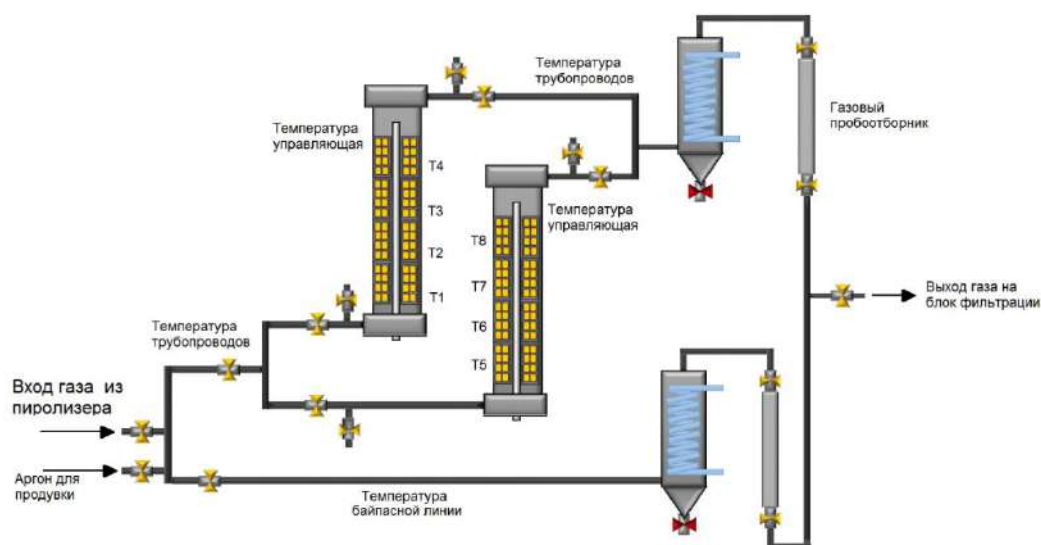


Рис. 3. Схема экспериментальной установки дожигания продуктов ионообменных смол

Основными элементами экспериментальной установки являются:

- 1) Пиролизер, 2) Реакционная емкость; 3) Кожухотрубный теплообменник.

Пиролизер – герметично закрытая емкость, в которой находится свинец. Над поверхностью свинца располагается перфорированная корзина, в которой находятся ИОС. Перфорированная корзина закреплена на подвижном штоке для

возможности погружения корзины в расплав. Герметизация пиролизера производится с помощью фланцевого соединения с графитовой прокладкой. Охлаждение графитовой прокладки осуществляется при помощи трубчатого теплообменника с проточной водой. В крышку пиролизера врезан трубопровод с вентилем для подачи в стенд инертного газа (Ar).

В качестве модельного состава ИОС было решено использовать смесь катионита КУ 2-8 и анионита АФ-17-8 в соотношении 50%:50%.

Реакционная емкость содержит твердый окислитель, предназначенный для дожигания горючих токсичных газообразных продуктов пиролиза, отработавших ИОС. Он размещается в перфорированной корзине, оболочка которой покрыта сеткой из нержавеющей стали. Корзина устанавливается на съемный упор.

Реакционная емкость крепится к раме с помощью кронштейнов. Термоэлектрические преобразователи предназначены для контроля температуры внутри реакционной емкости. Вход и выход осуществляется через соответствующие патрубки.

Кожухотрубный теплообменник предназначен для охлаждения и конденсации окисленных после дожигания продуктов пиролиза. Охлаждение производится проточной холодной водопроводной водой.

В узле дожигания отходящих газов предусмотрен байпасный трубопровод, предназначенный для организации прохождения газа в обход реакционной емкости на холодильник в случае возникновения такой необходимости.

По ходу производятся отборы проб двух типов:

- 1) пиролизная жидкость из холодильника;
- 2) газообразная проба из пробоотборника газа.

Пиролизная жидкость сливается через кран в нижней точке емкости сбора конденсата у холодильника.

Пробоотборник газа представляет собой цилиндрическую емкость с вентилями на входе и на выходе. Также в пробоотборнике газа предусмотрен патрубок для отбора пробы шприцом на хроматограф.

Рабочие температуры:

- 550 °С – для пиролизера и реакционной емкости,
- 250 °С – для участка подогрева газа.

## Результаты экспериментов

Авторами было проведено четыре эксперимента. Первые два проводились без использования твердого окислителя с целью исследований процесса пиролиза ионообменных смол в жидком свинце. Вторые два проводились с заполненными реакционными емкостями для исследования процесса дожигания продуктов пиролиза.

Отличием пар экспериментов является особенности отбора газовых проб. В первых экспериментах газообразные продукты пиролиза проходили через газовый пробоотборник естественным образом. Во вторых экспериментах каждой пары заполнение газового пробоотборника осуществлялось с помощью подачи в пиролизатор аргона с избыточным давлением, при этом, выход газового пробоотборника был закрыт.

Полученные результаты испытаний представлены в таблице 2.

Табл. 2

Результаты экспериментальных исследований дожигания продуктов пиролиза ионообменных смол

№	CuO	Ar	m (ИОС) <sub>до</sub> , г	m (ИОС) <sub>после</sub> , г	m (CuO) <sub>до</sub> , г	m (CuO) <sub>после</sub> , г	V <sub>пир</sub> , см <sup>3</sup>
1	-	-	100,0	19,2	-	-	74
2	-	+	100,3	25,3	-	-	61
3	+	-	100,4	15,0	999,5	960,5	78
4	+	+	100,4	17,6	1002,1	967,2	74

Исходя из приведенных результатов, можно сделать следующие выводы:

- исходная масса ИОС после проведения экспериментов сокращается в 4-5 раз;
- исходная масса ИОС оксида меди после проведения экспериментов уменьшилась примерно на 4%;
- объем полученной пиролизной жидкости варьировался от 61 до 78 см<sup>3</sup>;
- экспериментально подтверждено, что газообразные продукты пиролиза переводятся в неокисляемую форму.

По итогам исследования можно сделать следующие выводы.

1. Изучены последствия очистки воды при помощи ионообменных смол. Выявлено, что отработавшие ИОС необходимо утилизировать. Среди методов утилизации отработавших ИОС перспективным является пиролиз, одними из продуктов которого являются газообразные соединения.



2. Исследовано их дожигание на твердом оксидном окислителе. Расчетom выявлено, что лучшим окислителем является оксид меди. Экспериментально подтверждено, что газообразные продукты пиролиза переводятся в неокисляемую форму.

3. Все экспериментальные пробы переданы на химический анализ для получения информации о количественном составе веществ в полученных пробах жидкостей и газов.

Авторы выражают благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований, при поддержке которого (проект № 19-48-400003) выполняется обоснование технологии свинецсодержащих теплоносителей в тепло-массообменных аппаратах различного назначения.

### **Список используемых источников**

1. Ульянов В.В., Кошелев М.М., Кремлёва В.С., Харчук С.Е. Обоснование возможности переработки отходов, содержащих ионообменные смолы (в том числе радиоактивные) в жидком металле // Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения: сборник трудов V Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов / [науч. ред. А.Н. Ткачёв, А.М. Ромодина]. Челябинск: ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», 2021. 253 с.

2. Рощектаев Б.М. Водно-химический режим АЭС с реакторами ВВЭР-1000 и РБМК-1000: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. 132 с.

3. Коростелев Д.П. Обработка радиоактивных вод и газов на АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1988. 152 с.

4. Ионообменные смолы / Новые химические технологии. Аналитический портал химической промышленности. [Электронный ресурс]. URL: [www.newchemistry.ru/glossary.php?gloss\\_id=1881](http://www.newchemistry.ru/glossary.php?gloss_id=1881) (дата обращения: 15.12.21 г.).

## ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДАХ

*Севостьянов М.А. – магистрант кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»;*

*Степанов Н.А. – магистрант кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет».*

### **Аннотация**

В статье рассматриваются ключевые задачи пассажирских перевозок в городах, направленных на улучшение и объединение транспорта. Отдельное внимание авторы уделяют анализу проблем и пути их решения в сфере перевозочного процесса.

Оценивая транспортную деятельность экономически и, экологически можно прийти к выводу, что личный транспорт стал нецелесообразным способом передвижения в городах. Поэтому в настоящее время существует ярко выраженная тенденция по снижению зависимости городов от личного автомобильного транспорта в пользу общественного транспорта, а также в пользу не моторизированных способов перемещения. Чтобы стимулировать жителей городов к переходу на альтернативные виды транспорта, эти услуги должны быть доступными, эффективными и привлекательными с точки зрения качества предоставляемых услуг. Если такой план развития города будет качественно реализован, то потенциально это становится решением по улучшению связи между разными районами города и в целом повысит качество пассажирских перевозок внутри города.

В основном политика многих городов мира традиционно направлена в сторону развития инфраструктуры для личного пассажирского транспорта. Это произошло в результате целого ряда причин, включая экономический рост и социальные предпочтения, которые во многих странах привели к созданию условий, положительно сказывающихся на желании людей владеть личным транспортом. Как результат, значимая часть бюджета городов тратится на планирование, расширение и модернизацию улично-дорожной сети городов. Однако, такой подход имеет недостатки, которые препятствуют достижению высокоэффективной транспортной сети внутри городов:

- автомобили являются транспортными средствами малой вместимости и поэтому могут перевозить небольшое количество пассажиров одновременно;
- расширение дорожного полотна и строительство новых дорог не приводит к снижению уровня заторов;
- рост численности населения, а также его улучшающееся благосостояние приводит к ускоренным темпам автомобилизации;
- личный транспорт не способствует улучшению экологической обстановки в городах, так как, общественным транспортом рациональнее используются топливные ресурсы.

При формировании системы пассажирских мультимодальных перевозок в городах, власти столкнулись с определенными трудностями, так как, изначально вся транспортная сеть планировалась разрозненно, без учета возможности объединения всех видов транспорта в единую транспортную сеть. Условно можно выделить 4 способа формирования объединенной транспортной сети.

1. Инфраструктурный метод – такой подход включает в себе создание транспортных «узлов», где будет происходить пересадка пассажиров с одного средства передвижения на другое.

2. Второй способ схож с первым, но объединение будет происходить между разными видами транспорта не только в рамках одного города. Железнодорожный транспорт, городской наземный транспорт, морской транспорт разных городов будут взаимосвязаны между собой.

3. Третий способ основывается на планировании расписания, чтобы снизить временные затраты пассажиров в пути. Для этого совмещаются графики работы различных видов транспорта, чтобы интервал между высадкой с одного вида транспорта и посадкой в другой тип транспорта был минимальным. Этот метод сложнее двух предыдущих для реализации, но новейшие технологии в сфере вычислительной техники способствует созданию такого уровня взаимодействия;

4. Формирование нормативно – правовой базы для разрешения всех законодательных трудностей, возникающих при создании единой транспортной сети. В последние годы технический прогресс опережает законодательство и статус каршеринга (временной аренды автомобиля) и электрических способов перемещения (сигвей, самокаты и др.) не до конца определен, что не позволяет создать оптимальный уровень интеграции данных способов перемещения в единую транспортную сеть городов.

Удачным примером работы по развитию в этом направлении является Сингапур. В этой стране в 1996 начинает реализовываться комплексный план по развитию мультимодальных перевозок. Одной из главных задач является достижение уровня использования общественного транспорта в 75% среди всех моторизированных способов перемещения по стране. В 2008 году доля общественного транспорта составляла 59 %, а в 2018 эта доля увеличилась до 67 %. Это увеличение было достигнуто за счет интеграции системы общественного транспорта с другими видами транспорта:

- все станции метро в стране должны быть связаны с будущими коммерческими постройками, а также должны быть объединены с автобусами, которые курсируют по городу. Такой подход позволяет почти сразу после прибытия в намеченный пункт воспользоваться услугой другого типа общественного транспорта;

- в Сингапуре действует система легкорельсового транспорта в дополнение к метрополитену. Обе этих системы объединены с маршрутной автобусной сетью города, что в итоге дает единую транспортную систему. Уже в 2003 году около 90 % населения города проживало не далее, чем в 300 м от автобусных остановок, что с легкостью позволяло пользоваться всеми тремя типами городского транспорта;

- в 1990-х годах была введена единая карта проезда. С ее помощью можно перемещаться по стране с использованием услуг общественного транспорта. Стоимость поездки зависит от преодолеваемого расстояния, а также необходимо отметить, что это намного выгоднее, чем использовать билет на одну поездку на одном виде транспорта. Таким образом, поощряется использование общественного транспорта страны на постоянной основе;

- правительство создало организацию TransitLink, которая занимается обслуживанием системы единых транспортных карт по стране. А также было основано управление наземного транспорта, которое одновременно является органом планирования и регулирования, охватывающим как государственный, так и частный транспорт. Однако, даже в Сингапуре управлением не полностью централизовано, так как, существует ряд независимых операторов по работе с автобусным транспортом и легкорельсовым транспортом для поддержания конкуренции внутри системы.

Если план по созданию мультимодальной системы пассажирских перевозок в городе будет реализован с запланированной точностью, то это должно улучшить связь между районами города. Кроме того, при наличии нескольких типов общественного транспорта, которые удобны в использовании и легкодоступны, а также имея вариант немоторизированных способов перемещения, которые также безопасны и легки в использовании, определенная часть владельцев транспортных средств сможет отказаться от личного транспорта. Важно также учесть, что более молодое поколение не будет планировать пересаживаться на личный транспорт при достижении возраста совершеннолетия. Таким образом создание и воплощение плана мультимодальных пассажирских в городе будет иметь следующие преимущества:

- повышение эффективности работы всей транспортной системы. У пассажиров появляется доступная информация о способах перемещения по городу, имеются альтернативные варианты способов перемещения. Такой подход может снизить количество необходимых поездок внутри системы. Сингапурский опыт с единой картой оплаты доказал, что время на посадку-высадку пассажиров в автобусном транспорте можно снизить на 62 % по сравнению с оплатой наличными;

- снижение уровня заторов. Существует достаточно небольшое количество исследований по подсчету экономических потерь из-за заторов, но все же рассчитано, что суммарно, Великобритания, Франция, Германия и США потеряли около 200 миллиардов долларов из-за транспортных заторов в 2013 году. Это значение состоит из временных задержек, повышенных расходов на горюче-смазочные материалы, а также повышенного уровня выброса углекислого газа. Поэтому создание лучшей альтернативы по перемещению в виде общественного транспорта поможет городам производить меньший уровень загрязнения окружающей среды, а жителям добираться до мест назначения с меньшими временными затратами.

Комплексное планирование мультимодальных перевозок должно осуществляться как для действующего транспорта в городе, так и для планируемых маршрутов движения. Поэтому предварительная оценка того, какой тип транспортных средств будет наиболее подходящим для удовлетворения потребностей населения в мобильности крайне необходима. Этапы такой оценки могут включать следующие пункты:

- мониторинг и оценка существующих условий;
- прогнозирование роста численности населения, а также возможного создания новых жилых районов и рабочих мест и, следовательно, как будет необходимо организовать транспортную структуру;
- оценка текущих финансов и инвестиций. Бюджет, выделенный на создание и развитие транспортной структуры, может оказывать наибольшее влияние на будущее развитие транспорта в определенном регионе. Важно учитывать развитие в долгосрочной перспективе.

Для городов, которые планируют стимулировать жителей пригородных зон пересаживаться с личного транспорта на общественный, необходимо удобные и доступные услуги. Важна частота движения транспорта, скорость перемещения, надежность услуги и безопасность в процессе. Эти параметры являются основой для планирования, а также стоит учитывать возможность не моторизированных способов передвижения для менее обеспеченного населения. Также такой тип перевозок должен быть включен в общую мультимодальную систему города для более эффективной перевозки.

Итак, рассмотрев особенности разработки внедрения мультимодальных систем можно выделить наиболее явные проблемы, а также предоставить возможный способ их разрешения. Наличие большого ряда учреждений ответственных за организацию и работу транспорта может негативно сказываться на работе всей транспортной системы. Высокий уровень дискретности не позволяет более эффективно взаимодействовать разным видам транспорта. Создание новых объединений с охватом больших территорий управления позволит выстроить более эффективную перевозку пассажиров в городе, так как, расписание, подбор транспорта, система оплаты будет формироваться одним оператором или же несколькими конкурирующими, но по единым стандартам. Дополнительно, транспорт должен быть частью плана развития города. Важна не только эффективно организованная перевозка пассажиров по маршрутам движения, но и нацеленность на снижение требуемого уровня перемещения. Удобно организованные районы могут удовлетворять спрос населения во всем, при этом нагружая транспортную сеть в меньшей степени.

### **Список используемых источников**

1. Инфраструктура автотранспортного комплекса [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Анохин, Н.Ю. Залукаева, А.А. Гуськов, В.А. Гавриков. - Тамбов. Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018.
2. Лавриков И.Н., Гуськов А.А., Гавриков В.А., Анохин С.А. Экономический аспект при выборе транспорта в логистической системе // Научное обозрение: теория и практика. 2020. Т. 10. № 12 (80). С. 3321-3328.
3. Лавриков И.Н. Транспортная логистика: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. 92 с.
4. Пеньшин Н. В. Лавриков И.Н. Организация функционирования рынка транспортных услуг: учебное пособие. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. 92 с.

### **ВЫБОР ВМЕСТИМОСТИ АВТОБУСА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

*Севостьянов М.А. – магистрант кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»*

*Гуськов А.А. – к.т.н., доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»*

#### **Аннотация**

Была изучена классификация автобусов по вместимости и типу конструкции с последующим анализом преимуществ и недостатков. Определены необходимые условия и критерии для использования разных классов автобусов для городских пассажирских перевозок.

Города являются центрами экономической активности, которые требуют эффективной и удобной системы перемещения населения и товаров. Поэтому создаются услуги общественного транспорта для обеспечения высокого уровня мобильности всего населения. Исходя из этого возникают проблемы выбора необходимого типа транспорта для перевозок. В городах с малой численностью населения почти никогда не используется метро и трамваи. Основную часть общественного транспорта составляют автобусы. Данная категория транспортных

средств является крайне вариативной, поэтому важно учитывать все особенности каждого класса автобусов перед началом их эксплуатации в городской среде [1-3].

Оптимальные условия для эксплуатации транспортных средств отличаются в зависимости от количества мест для размещения пассажиров. Это приводит к тому, что в определенных ситуациях достаточно сложно выбрать какой класс автобуса подойдет для использования лучше всего, чтобы удовлетворить возникающий спрос [4].

К параметрам, влияющим на выбор транспортного средства, можно отнести [5]:

- объем пассажиропотока;
- характеристика улично-дорожной сети;
- вид перевозок.

Количество перевезенных пассажиров будет отличаться в зависимости от выбранного транспортного средства. Перевозка с использованием микроавтобусов с примерной вместимостью 10 человек и интервалом движения в 2 мин, позволит перевести до 300 пассажиров в час по одной полосе в одном направлении.

Автобусы большой вместимости способные максимально вмещать до 114 пассажиров (например, ЛиАЗ-5292) при коротком интервале движения в 2 мин теоретически способны перевести до 3420 пасс/ч. Однако этого значения возможно добиться лишь в «идеальных» условиях, т. к. транспортные заторы в «часы пик», неравномерность движения других участников дорожного потока и другие факторы не позволяют использовать расчетную провозную способность.

Как правило, для большого пассажиропотока необходимо использовать наиболее вместительные виды общественного транспорта с учетом улично-дорожной сети. Чем выше это значение, тем больше должна быть пассажироместность. Таким образом, перевозка будет наиболее эффективной и экономичной из-за меньшей площади дорожного пространства, которое занимает автобус. Например, при необходимости перевести 90 пассажиров потребуется 6 микроавтобусов и всего 1 автобус большей вместимости (из расчета, что микроавтобус вмещает в себя до 15 пассажиров, а автобус большей вместимости 108 пассажиров). Важной особенностью этого класса является способность перевозить с комфортом и достаточным уровнем безопасности стоячих пассажиров. Дополнительно стоит отметить, что при меньшем количестве транспортных единиц на автотранспортном предприятии (АТП) потребуется



меньшее по площади пространство для хранения автобусов, что будет являться важным фактором, если оно ограничено. Также снизится количество людей, занимающихся обслуживанием парка транспортных средств (водители, ремонтный персонал, кондукторы). В конечном итоге могут снизиться затраты на работу АТП, а эффективность возрастет, что косвенно снизит уровень загрязнения от работы предприятия [6].

Микроавтобусы могут обеспечить более высокую частоту обслуживания для данного пассажиропотока, что может повысить удобство обслуживания маршрута. Пассажиры также предпочтительнее относятся к микроавтобусам, потому что они быстрее передвигаются и меньше времени простаивают во время посадки-высадки на остановочных пунктах. Также такой тип автобусов позволяет создавать большую вариативность маршрутов движения без ущерба для частоты обслуживания пассажиров.

Размер транспортного средства может по-разному влиять на его техническую скорость. Небольшое транспортное средство обычно обладает лучшим ускорением и маневренностью в движении, чем более крупное транспортное средство. Меньший размер также означает меньшее максимальное число пассажиров в салоне, поэтому время пребывания на остановках также сократится. Скорость работы влияет на производительность всей системы пассажирских перевозок. Транспортное средство, способное развивать более высокую среднюю скорость, сможет обеспечить большее количество пассажиро-километров, чем более медленное транспортное средство с той же вместимостью, хотя на эффективность работы транспортного средства, очевидно, влияет скорость дорожного потока.

Там, где имеется интенсивный пассажиропоток, преимущество в скорости, которым пользуются небольшие транспортные средства, уменьшается или даже сводится на нет из-за заторов, вызванных большим количеством транспортных средств, останавливающихся на остановочных пунктах, чтобы совершить посадку и высадку пассажиров [7]. В целом, более крупные транспортные средства означают большую потенциальную пропускную способность транспортной системы.

При совмещении работы автобусов разного класса вместимости на одном маршруте возникают задержки на остановочных пунктах, что не позволяет автобусам равномерно распределяться по маршруту своего следования – даже если автобусы отправляются с конечных пунктов через равные временные интервалы. Также на это влияет разная техническая скорость движения транспортных средств.

Однако короткий интервал движения транспорта означает большое количество транспорта в работе, что как раз ведет к возникновению заторов. Этого можно избежать, увеличив интервал следования и использование автобусов большей вместимости, т. к. микроавтобусы расточительно используют дорожное пространство.

Микроавтобусы производятся в большем объеме, чем автобусы большей вместимости, и поэтому себестоимость производства пассажирского места может быть значительно ниже. Затраты на техническое обслуживание также существенно меньше в случае микроавтобусов, а как следствие этих аспектов стоимость запасных деталей зачастую ниже. Небольшие транспортные средства также, как правило, проще в обслуживании. Это делает их привлекательными для частных предпринимателей, особенно для владельцев-водителей.

Однако срок службы микроавтобусов обычно короче, чем у транспортных средств большей вместимости, поэтому амортизационные затраты транспортного средства при учете количества перевезенных пассажиров могут быть относительно высокими.

В дополнение к широкому диапазону классов автобусов, основанных на их вместимости, существуют различные типы транспортных средств, которые могут эксплуатироваться на обычных автобусных маршрутах. Основной выбор – между одно- и двухэтажными транспортными средствами, а также между жесткими и сочлененными транспортными средствами. В рамках этих категорий существует множество альтернативных конфигураций, включая компоновку кузова и шасси, а также технические характеристики.

Одноэтажные автобусы имеют длину от 5 до 12 метров. В некоторых странах разрешены еще более длинные автобусы, максимум до 15 метров, хотя такая длина нецелесообразна, за исключением случаев, когда эксплуатация осуществляется исключительно на относительно широких и прямых дорогах. Если требуются автобусы длиной более 12 метров, обычно необходимо использовать сочлененные транспортные средства.

Самой меньшей по длине категорией автобусов являются микроавтобусы, перевозящие от 9 до 23 пассажиров (показания различаются в зависимости от модели транспортного средства). Преимущественно они рассчитаны для перевозки пассажиров с использованием сидячих мест. Некоторые модели позволяют перевозить дополнительно одного пассажира стоя.

Автобусы среднего класса характеризуются пассажироместимостью до 60 человек и длиной кузова от 8 до 9,5 м, а автобусы большого класса имеют длину кузова от 10 до 12 метров и их вместимость до 90 пассажиров.

Двухэтажные автобусы, имеют длину от 9 до 12 метров, но в некоторых странах до 15 метров и вместимостью от 60 до 120 пассажиров, эксплуатируются на городских маршрутах во многих странах. Двухэтажные автобусы обладают рядом преимуществ. Они способны обеспечить высокую вместимость в ограниченном пространстве. Они занимают меньше площади на дорожном покрытии и депо с расчетом на одного сидящего пассажира. В условиях перегруженного движения и ограниченного пространства это может быть большим преимуществом. Однако экономия места на одного пассажира может быть сравнительно небольшой в зависимости от приемлемого соотношения числа стоящих и сидящих пассажиров.

Двухэтажные автобусы имеют ряд недостатков по сравнению с одноэтажными, в том числе:

- увеличенное время погрузки и разгрузки;
- дополнительные затраты из-за более сложного производства;
- требуется лестница;
- требуется помещение с достаточной высотой для хранения.

Низкие мосты и другие препятствия, такие как кабели электросети, часто ограничивают маршруты, по которым они могут эксплуатироваться.

Сочлененные (в том числе двухзвенные), перевозящие до 270 пассажиров, являются эффективными в перевозках большого количества пассажиров. Они более маневренны, чем автобусы с жесткой рамой той же длины. Также этот класс автобусов может быть намного длиннее автобусов стандартной конструкции вплоть до 25 метров, хотя обычная максимальная длина составляет 18-20 метров.

Сочлененные автобусы могут быть очень эффективными в местах с большим пассажиропотоком. Дополнительным требованием являются относительно широкие и прямые дороги, а пространство не сильно ограничено. Благодаря хорошо спроектированным автобусным остановкам и соответствующим системам оплаты проезда они могут очень быстро производить посадку-высадку пассажиров, несмотря на их размеры. Однако они требуют достаточный уровень квалификации водителя. Количество маршрутов, по которым они могут эксплуатироваться, часто также ограничено. Также могут потребоваться специально спроектированные

боксы для хранения транспортного средства. Они могут быть непрактичными в местах с узкой проезжей частью и при дорожных заторах. Из-за более сложной конструкции стоимость такого вида транспорта, а также стоимость технического обслуживания будет выше, чем у автобусов с жесткой рамой, но степень надежности может быть ниже из-за большего количества деталей и соединений.

Автобусам сочлененного типа требуются хорошо оборудованные остановочные пункты с учетом особенностей их конструкции. Заездной карман должен быть достаточной длины, чтобы транспорт мог открывать все двери одновременно для пассажиров во время остановок, а также требуется достаточный запас длины для автобусов, следующих сзади, чтобы избегать дорожных заторов.

В соответствии с проведенным анализом вместимости подвижного состава были определены необходимые условия и критерии для использования разных классов автобусов для городских пассажирских перевозок.

1. Необходимо учитывать интенсивность пассажиропотока. Чем выше это значение, тем более вместительным должно быть транспортное средство.

2. Автобусы малой вместимости эффективно использовать на социальных маршрутах, в ночное время, когда отсутствует

3. потребность в перевозке большого количества пассажиров; в районах города со сложным устройством улично-дорожной сети (узкие улицы, малые радиусы поворота).

4. Важно комбинировать преимущество каждого класса автобусов для достижения эффективного использования ресурсов АТП и рациональнее использовать дороги общего пользования.

#### **Список используемых источников**

1. Сакульева Т.Н. Организация пассажирских перевозок на автомобильном транспорте // Вестник транспорта. 2012. № 7. С. 8-12.

2. Гуськов А.А., Залукаева Н.Ю. Городской наземный общественный транспорт: проблемы и перспективы развития // Научное обозрение. 2017. № 13. С. 79-83.

3. Анохин С.А. Автомобильный транспорт как элемент качества жизни, экономики природопользования и экономики устойчивого развития городов // В.И. Вернадский: устойчивое развитие регионов: Межд. науч.-практ. конф., Тамбов: ТГТУ, 2016. С. 249-254.

4. Гавриков В.А., Залукаева Н.Ю. Факторы конкурентоспособности автотранспортного предприятия // Транспортное дело России. 2017. № 5. С. 54-56.
5. Астахов К.О., Анохин С.А. Показатели комфортности пассажирских перевозок городским общественным автомобильным транспортом и их оценка потребителем (на примере Г. Тамбова) // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2013. № 1(45). С. 36-41.
6. Лавриков И.Н., Пеньшин Н.В. Экономическая эффективность и конкурентоспособность пассажирских перевозок в регионах России // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2014. Т. 20. № 3. С. 599-607.
7. Анохин С.А. Статистические методы оценки качества перевозочного процесса городского общественного автотранспорта // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012. № 4(42). С. 35-43.

## УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

*Семенычева А.В. – студент магистрант, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

### **Аннотация**

Дана оценка необходимости модернизации система городского освещения на базе интеллектуальных автоматических систем управления. Описаны основные технические решения данных систем и показаны их преимущества.

Система уличного освещения является на сегодняшний день не просто необходимым, а обязательным элементом инфраструктуры любого муниципального образования.

Создание комфортной среды, повышение безопасности в местах проживания и работы населения относится к основной задаче системы уличного освещения [1]. При этом в последние годы главными требованиями к данным система становятся высокая энергоэффективность и использование новейших энергосберегающих технологий.

В соответствии с различными зонами наружное освещение принято разделять на квартальное, дорожное и функциональное. При этом к функциональному относят декоративное освещение, информационное, ландшафтное, световую рекламу и различные виды иллюминации. Очевидно, что при развитии или модернизации этих системы следует учитывать и требования государственных отраслевых стандартов Российской Федерации, внутригородские постановления и рекомендации, нормы безопасности в области организации дорожного движения и другие нормативные акты.

В то же время экономические трудности 90-х годов, приведшие к отложенной реконструкции системы освещения и задержке в развитии нормативной базы остро поставили вопрос о капитальной модернизации всей отрасли. Кроме того, следует учитывать и все повышающиеся требования к энергоэффективности, регламентированные Федеральным законом №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2]. С учётом того, что на долю освещения приходится значительная часть (до 40%) расходных статей

муниципальных бюджетов, развитие систем управления освещением является актуальной технической задачей.

Развитие систем интеллектуального управления на базе использования автоматических устройств регулирования при помощи фотоэлектрических датчиков, позволяют создать системы адаптивного изменения освещенности территории в зависимости от уровня естественного освещения.

Автоматизированная система управления сетями наружного освещения, которая дает возможность отслеживать и измерять текущие параметры сети и диагностировать текущее состояние оборудования и линии. Система состоит из двух уровней (см. рис. 1).

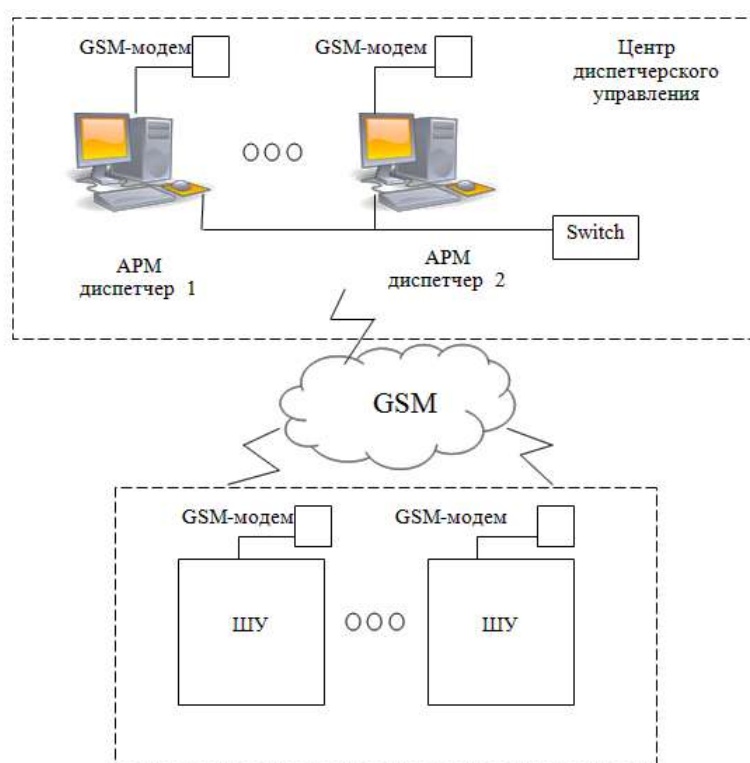


Рис. 1. Структура автоматической системы управления наружным освещением

Первый уровень – это шкафы управления (ШУ), которые осуществляют непосредственное управление наружным освещением, трехфазные электросчетчики и контроллер. Второй уровень – это центр диспетчерского управления, в котором происходит контроль состояния и управление наружным освещением. Полученные данные со шкафов управления обрабатываются и анализируются в диспетчерском пункте. Сигнал о состоянии наружного освещения в автоматической системе управления наружного освещения передается по GSM/GPRS-каналам. Данная возможность позволяет удаленно отслеживать состояние системы.

Включение и отключение наружного освещения происходит в двух режимах: автоматическом и ручном. Таким образом, диспетчер имеет возможность управлять освещением в аварийных ситуациях или во время ремонтных работ.

Применение автоматизированных систем управления взамен дистанционных или телемеханических позволит контролировать энергопотребление, отслеживать состояние оборудования и своевременно информировать оперативный персонал об аварийных ситуациях в сети. Благодаря проведению вышеупомянутых мероприятий обеспечится бесперебойность питания, и как следствие обеспечить безопасность на дорогах. Так как количество ДТП и противоправных действий значительно снижается при хорошем освещении города.

Интеллектуальная система управления уличного освещения является решением для удаленного управления уличного освещения, которая обладает возможностью управления лампами и уровня освещения каждого уличного светильника. Также гарантирует нужное количество света при различных условиях. Не менее важно, наличие обратной связи в режиме реального времени, сообщающей о любых изменениях, происходящих вдоль линии, снижает потери энергии и предлагает передовые инструменты оптимизации технического обслуживания.

Интеллектуальная система управления наружного освещения предлагает возможности управления уровня освещенности. Индивидуальные регулировки яркости и включение / выключение светильников уличного освещения станет легкой задачей. Возможность выбрать заранее запрограммированные графики, планировать график самостоятельно или вручную управлять каждым уличным фонарем, в соответствии с необходимыми потребностями. Кроме того, каждая лампа включается без мерцания, вызванного скачком напряжения, в то время как сеть освещения работает 24/7.

Когда освещение улиц необходимо уменьшить в определенной области или в течение определенного промежутка времени, Интеллектуальная система управления наружного освещения помогает приглушить свет соответственно. Если движение пешеходов значительно уменьшается с 1:00 до 5:00 утра, то затемнением света является верным решением. Значительное сокращение потребления энергии и выбросов CO<sub>2</sub>, а также уменьшения светового загрязнения и общее воздействие на окружающую среду. Интеллектуальная система управления наружного освещения крепится к любым из ваших уличных фонарей, используя либо магнитные или электронные балласты, без каких-либо дополнительных инвестиций в сеть.



Контроллеры интеллектуальной системы управления наружного освещения устанавливаются внутри полюса или внутри лампы, в то время как устройства связи размещаются внутри шкафов питания. Система осуществляет передачу данных между лампами и шкафами питания с использованием любого IP-решения на основе имеющихся коммуникаций между шкафами и системными процессорами [3].

Затраты на электроэнергию сразу снижаются до 35% за счет интеллектуального включения/выключения, выборочного затемнения и эффективного управления потреблением, в то время как общие эксплуатационные расходы снизятся до 42% за счет:

- затемнения уличного освещения в периоды низкого трафика и выключения в необходимое для нас время;
- путем мониторинга потребления энергии и уменьшения потерь энергии;
- продления срока эксплуатации оборудования за счет затемнения;
- прогнозирования и предотвращения неисправностей путем мониторинга в реальном времени 24/7;
- предоставления точной информации о неисправности в техническом отделе (подробную информацию проблемы, точное место нахождения);
- сокращения расходов на обслуживание путем очного мониторинга срока службы оборудования.

В последние годы, цена на энергоресурсы постоянно растет со скоростью 20%, и нет никаких признаков того, что в ближайшее время этот рост будет замедляться.

Снижение светового загрязнения и выбросов CO<sub>2</sub> за счет снижения потерь энергии и, следовательно, количества выпущенной CO<sub>2</sub>. Интеллектуальная система управления уличного освещения помогает уменьшить влияние города на окружающую среду, а также помогает удовлетворить все более жесткие экологические нормы. Кроме того, световое загрязнение, затрагивающее перелетных птиц и дикую природу, в целом значительно уменьшилось.

Интеллектуальная система управления наружного освещения работает в любое время, тем самым помогает практически полностью избежать риска аварий из-за неисправности системы освещения. Большинство проблем освещения обнаружены и устранены еще до того момента, как граждане могут их заметить. В целом общественная безопасность повышается, а также сохраняются значительные суммы денег, которые могут быть использованы для других проектов города.

Преимущества дистанционного управления:

- осуществление связи через кабели питания;
- не требует дополнительной инфраструктуры и каких-либо строительных работ;
- отсутствие помех от других сетей независимо от плотности городских застроек;
- оптимальное использование структурированных уличных осветительных сетей;
- работа происходит в режиме реального времени, осуществляется постоянный контроль и сбор данных;
- открытые коммуникационные протоколы;
- совместимость со сторонними компонентами, возможны интеграция с существующими и будущими системами города;
- быстрое и экономичное осуществление проекта [4].

Интеллектуальная система управления наружного освещения не требует замены каких-либо компонентов. Система способна управлять и контролировать любыми лампами в уличных осветительных установках, в том числе декоративного и архитектурного освещения. Контроллеры подходят ко всем светодиодным и газоразрядным лампам высокой интенсивности (ртутные лампы, металлогалогенные лампы и натриевые лампы), также с использованием магнитных или электронных балластов. Данная система легко встраивается и быстро адаптируется к существующей инфраструктуре кабелей, столбов, балластов и ламп накаливания.

Контроллеры установлены внутри или снаружи светильников уличного освещения, в то время как коммуникационные устройства размещены внутри шкафов питания. Передача данных осуществляется между лампами и шкафами питания с использованием любого IP-решения на основе имеющихся коммуникаций между шкафами и управления программным обеспечением. Повторяющиеся механизмы и встроенный расширенный сигнал позволяют безопасно общаться даже на самых больших сетях уличного освещения.

Интеллектуальная система управления наружного освещения является решением для удаленного управления уличного освещения, которая предлагает подробные возможности управления лампами любого уровня в вашем городе и гарантирует нужное количество света при любых условиях, где и когда это необходимо. Не менее важно наличие точной обратной связи в режиме реального времени о каких-либо изменениях.

Данная система готова управлять практически неограниченным количеством ламп уличного освещения.

Интеллектуальная система управления наружного освещения требует намного меньших инвестиций чем можно было бы ожидать, т. к. она приспособляется к существующей инфраструктуре городского освещения. Система может быть реализована без каких-либо замен в арматуре и без каких-либо строительных работ. Интеллектуальная система управления наружного освещения использует массив датчиков и дополнений в соответствии с вашими потребностями, доказывая тем самым высокую гибкость. Кроме того, с помощью открытых протоколов, он адаптируется к сторонним компонентам и интегрируется с другими настоящими и будущими городскими системами. Система управления позволяет удаленно контролировать и управлять всей системой уличного освещения от рабочего стола или с помощью мобильного приложения.

Интеллектуальная система управления наружного освещения оснащена открытым протоколом. Подключение и управление системой является достаточно простой процедурой. Данную систему следует рассматривать как модернизацию электрической сети; система совместима с традиционными электромагнитными балластами уличных фонарей, а также с новейшими электронными балластами. Система также в дальнейшем может послужить в качестве основы для будущих установленных приложений (экологических, транспортных, мониторинга шума, светофоров и т. д.) и более продвинутые технологии, такие как Smart Grids.

### **Список используемых источников**

1. Курылева Л.А. Современные концепции искусственного освещения в контексте исторической среды города // Урбанистика. 2017. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-kontseptsii-iskusstvennogo-osvescheniya-v-kontekste-istoricheskoy-sredy-goroda> (дата обращения: 24.11.2021 г.).
2. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 23.11.2009. №261-ФЗ. URL: <http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html>. (дата обращения: 24.11.2021 г.).
3. Семенова Н.Г. Интеллектуальная система энергоэффективного управления уличным освещением на основе нейросетевых технологий // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. №4. С. 185-191.

4. Сапрыка А.В., Черенков А.В. Модернизация осветительных систем города. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2015. №4 (135). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-osvetitelnyh-sistem-goroda> (дата обращения: 24.11.2021 г.).

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ МАРШРУТНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ПУТЁМ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКУПЕРИРОВАННОЙ ЭНЕРГИИ В ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ ТРАМВАЯ

*Семченков С.С. – магистр, старший преподаватель кафедры «Транспортные системы и технологии», Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*Корольчук М.А. – первый заместитель директора–главный инженер филиала «Трамвайный парк» государственного предприятия «Минсктранс», г. Минск*

## Аннотация

В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности работы систем маршрутного пассажирского транспорта, имеющих в своём составе трамвайные подсистемы, за счёт рационального использования рекуперированной электрической энергии путём аккумулирования в бортовом накопителе энергии с целью последующего её использования на тягу трамвая, обосновывается актуальность и необходимость данного предложения, приводятся схемы его реализации с определением предполагаемого экономического эффекта от внедрения.

Трамвай – старейший вид электрического транспорта, транспортные средства которого передвигаются по проложенному рельсовому пути и приводятся в движение тяговыми электрическими двигателями, которые получают электрическую энергию от воздушной контактной сети (известны системы, где используется наземный токосъём, а также системы, имеющие участки автономного хода для сохранения эстетического вида центральной застройки городов, однако они носят единичный характер и являются скорее исключением из общего правила). Трамвай, как вид транспорта, берёт своё начало в XIX в. и в мировой практике известны примеры использования этого вида транспорта для городских, пригородных, междугородних и международных перевозок [1].

Трамвай является наиболее надёжным, скоростным, комфортным, экологичным и экономичным. Трамвай обладает самой высокой провозной способностью среди видов наземного маршрутного пассажирского транспорта, по которой, в целом, может конкурировать только с метрополитеном или городской железной дорогой. Реализуемые высокие ускорения и замедления позволяют повысить доступность трамвая для пассажиров, значительно сократив расстояния между остановочными пунктами без значительного снижения скорости сообщения,

что делает трамвай незаменимым для эффективного транспортного обслуживания пассажиров в городах.

Преимущество трамваев перед другими видами транспорта подчёркивается также наиболее низким удельным потреблением электрической энергии в расчёте на 1 км пробега в расчёте на 1 пасс. Это свойство обусловлено низким коэффициентом сопротивления движению в паре взаимодействия «колесо–рельс», как следствие необходимости меньшей силы тяги для поддержания высоких ускорений и наличием большого выбега без значительного снижения скорости движения [2].

Система энергоснабжения трамвая (рис. 1) состоит из внешнего и внутреннего энергоснабжения. Со стороны внешнего энергоснабжения высокое напряжение, поступившее по высоковольтным линиям электропередач от электростанций (тепловых, ветровых, атомных и т. д.), понижается и далее распределяется по потребителям, к числу которых относят и тяговые подстанции трамвая. Тяговые подстанции входят в состав системы внутреннего энергоснабжения трамвая и служат для преобразования переменного тока напряжением 6–10 кВ в постоянный ток напряжением 600 В. В условиях города электроэнергия, необходимая для подвижного состава трамвая, от тяговых подстанций подводится к трамвайным линиям преимущественно по кабельным сетям с помощью положительных питающих линий, с которых затем подаётся на контактный провод. Сами трамваи подключаются к контактному проводу с помощью токоприёмника, через который электроэнергия поступает к высоковольтному оборудованию трамвая. Электрическая цепь «замыкается» через колёсные пары и рельсовую сеть, отрицательную питающую линию и нулевую точку тягового трансформатора тяговой подстанции трамвая [3].

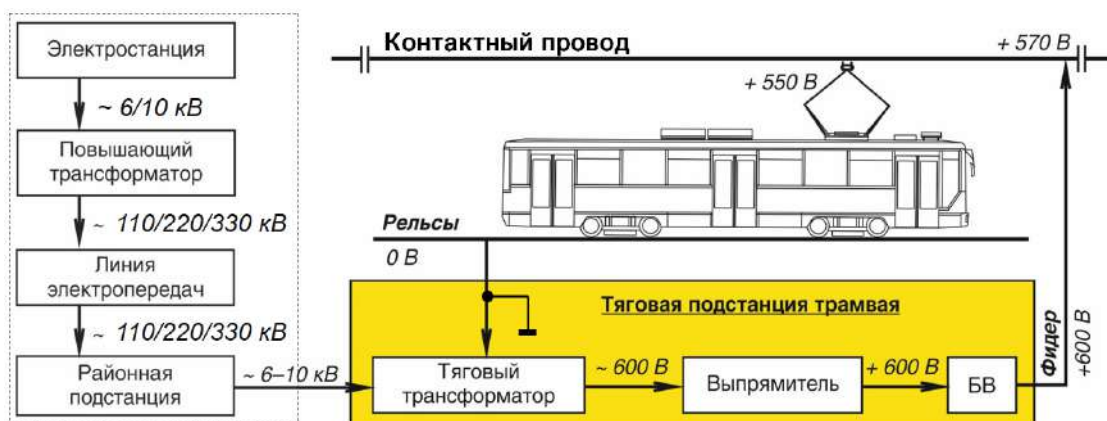


Рис. 1. Схема энергоснабжения трамвая

Контактная сеть секционируется (разделяется) на электрически изолированные друг от друга участки, которые также называют секциями контактной сети. Такие секции отделяются друг от друга изоляторами, которые называются секционными изоляторами. Каждая секция контактной сети получает питание от тяговой подстанции по отдельной питающей линии. Секционирование выполняется для повышения надёжности электроснабжения, снижения потерь при передаче электроэнергии под питающей нагрузкой, поддержания постоянного напряжения на каждом участке контактной сети, обеспечения локализации аварийных участков, отключения отдельных участков.

Длина участков трамвайной линии в границах секции зависит от интенсивности движения трамваев, профиля пути, расположения остановочных пунктов и светофорных объектов, назначения участков, технической скорости движения трамваев, принятой схемы энергоснабжения (централизованная, децентрализованная), выбранного сечения контактного провода и других факторов, по опыту эксплуатации в условиях г. Минска может варьироваться от 200 до 800 м. На рис. 2 приведён фрагмент схемы внутреннего энергоснабжения части трамвайной линии в микрорайоне «Серебрянка» в г. Минске с указанием условных номеров и границ участков секционирования [4].



Рис. 2. Принципиальная схема секционирования части трамвайной линии в микрорайоне «Серебрянка» в г. Минске

На рис. 3 представлена упрощённая схема высоковольтного электрического оборудования подвижного состава трамвая (схема выполнена условно, на примере 4-осного трамвая, подключённого к контактному проводу с помощью токоприёмника Т и предназначена только для последующего пояснения распределения «поточков электрической энергии» в цепях высоковольтного электрического оборудования трамвая, получающих питание от контактной сети номинальным напряжением 550 В).

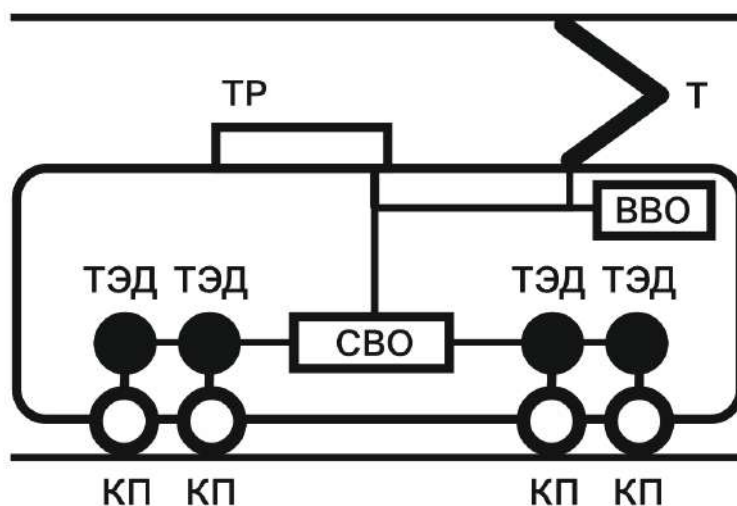


Рис. 3. Упрощённая схема высоковольтного электрического оборудования трамвая

По назначению высоковольтное электрическое оборудование делят на силовое (СВО) и вспомогательное (ВВО) высоковольтное оборудование. СВО предназначено для приведения трамвая в движение с помощью тяговых электрических двигателей (ТЭД), каждый из которых, в свою очередь, приводит в движение соответствующую колёсную пару (КП). Для гашения электроэнергии, вырабатываемой ТЭД в режиме торможения предназначены тормозные резисторы ТР, как правило, расположенные на крыше трамвая.

На рис. 4 показана принципиальная схема работы трамвая в режиме тяги, при этом высоковольтное оборудование трамвая получает питание по цепи Т–ВВО||СВО–4хТЭД–4хКП, ТЭД работают в режиме двигателей, создают вращающий момент, необходимый для создания силы тяги и приведения трамвая в движение.



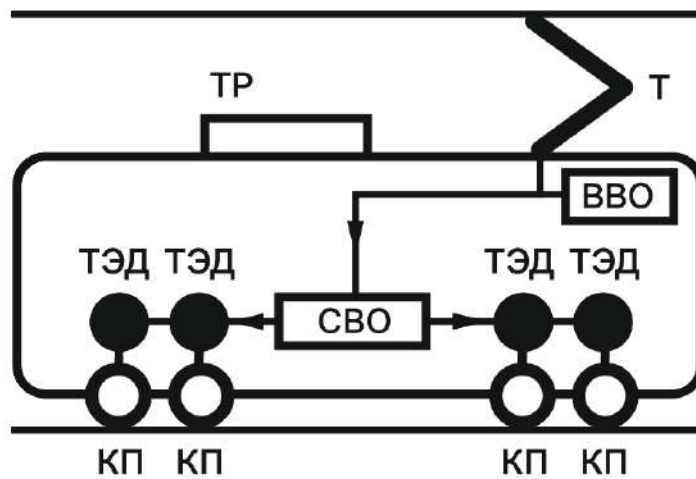


Рис. 4. Принципиальная схема работы трамвая в режиме тяги

ТЭД, являясь электрическими машинами, обладающими свойством обратимости, могут работать не только в режиме двигателя для создания вращающего момента и реализации режима тяги, но и могут работать как генераторы электрической энергии, которые, вырабатывая электрическую энергию, осуществляют снижение скорости трамвая (с необходимой интенсивностью вплоть до практически полной остановки). Как правило, выработанная таким образом электрическая энергия может быть рекуперирована в контактную сеть и направлена на питание других трамваев, находящихся в границах секции контактной сети, или погашена в тормозных резисторах с последующим рассеянием полученного тепла в атмосфере.

На рис. 5 показана принципиальная схема работы трамвая под условным номером 1 в режиме рекуперации. При этом ТЭД этого трамвая работают в режиме генератора, а вырабатываемая ими электрическая энергия направляется по цепи  $4 \times \text{ТЭД} - \text{СВО} - \text{ВВО} \parallel \text{Т} - \text{Контактный провод}$  к высоковольтному оборудованию трамвая под условным номером 2, который в свою очередь получает питание фактически от трамвая с условным номером 1 по цепи  $\text{Контактный провод} - \text{Т} - \text{ВВО} \parallel \text{СВО} - 4 \times \text{ТЭД} - 4 \times \text{КП}$ , его ТЭД работают в режиме двигателей, создают вращающий момент, необходимый для создания силы тяги и приведения трамвая в движение. В этом случае обязательным условием для режима рекуперации для трамвая под условным номером 1 является наличие в границах секции контактной сети, в которой он находится, трамвая с условным номером 2, который в данный момент станет потребителем рекуперированной энергии, двигаясь в режиме тяги.

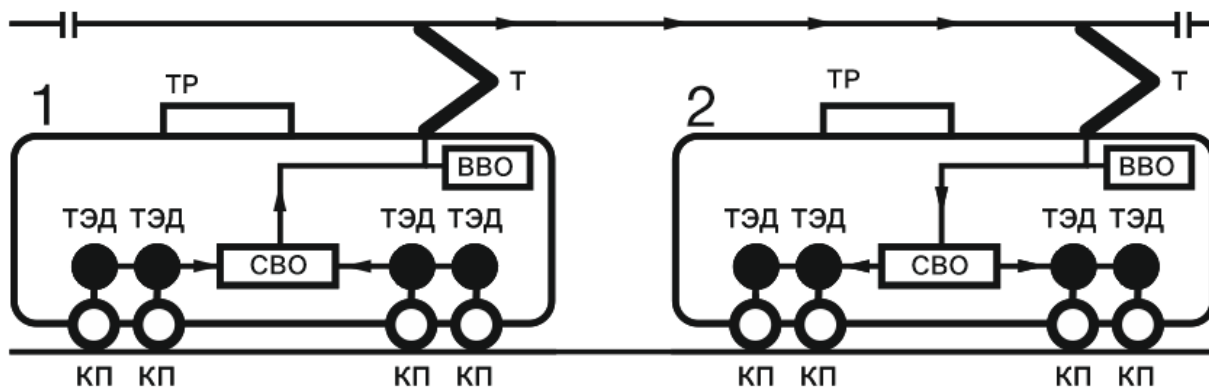


Рис. 5. Принципиальная схема работы трамвая в режиме электрического рекуперативного торможения

Тяговые подстанции трамвая по своему устройству являются однонаправленными и обеспечивают только передачу электрической энергии к трамваям, и не предназначены для приёма (перераспределения) энергии в обратном направлении. Поэтому в случае, если в границах секции контактной сети в момент торможения трамвая отсутствуют потребители в виде других трамваев, рекуперация не наступает, а вся вырабатываемая ТЭД электрическая энергия преимущественно гасится в тормозных резисторах с последующим рассеиванием в атмосфере.

На рис. 6 показана принципиальная схема работы трамвая в режиме электрического реостатного торможения, при этом вырабатываемая ТЭД электрическая энергия направляется по цепи 4xТЭД–СВО–ТР (или ТР||ВВО – частично в некоторых вариантах электрических схем трамваев).

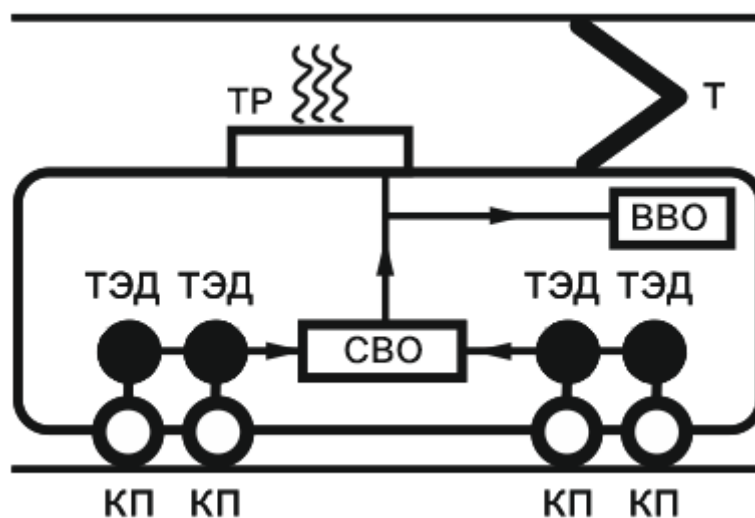


Рис. 6. Принципиальная схема работы трамвая в режиме электрического реостатного торможения

Анализ эксплуатационных данных и диагностических показывает, что большинство торможений трамваев осуществляется именно по схеме электрического реостатного торможения без рекуперации энергии в контактную сеть по причине отсутствия на участке, ограниченном границами секций, других трамваев-потребителей (или по причине срабатывания защиты от перенапряжения). При этом электрическая энергия рассеивается в тормозных реостатах и используется таким образом совершенно непродуктивно.

При нынешнем уровне развития электрохимических источников тока, устройств для накопления заряда и энергии электрического поля (в т. ч. электрохимических устройств) представляет интерес реализация предложения, направленного на оснащение трамваев бортовыми накопителями энергии, предназначенными для аккумуляирования рекуперированной электрической энергии с целью последующего её использования для тяги трамвая.

Для реализации данного предложения в качестве бортовых накопителей энергии, устанавливаемых параллельно с ТР, могут использоваться:

- а) суперконденсаторы (ионисторы);
- б) литий-титанатные аккумуляторные батареи;
- в) литий-железо-фосфатные аккумуляторные батареи;
- г) литий-никель-марганец-кобальт-оксидные аккумуляторные батареи.

Основные технические характеристики некоторых, широко используемых в Беларуси бортовых накопителей энергии, приведены в табл. 1 [5].

Результаты наблюдений по опыту эксплуатации трамваев показывают, что удельный расход электроэнергии на тягу трамвая лежит в диапазоне 1,8..2,5 кВт·ч/км для 15-метровых трамваев и в диапазоне 2,2..3,05 кВт·ч/км для 26-метровых трамваев. Принимая во внимание данные показатели, а также то, что в 15-метровых и 26-метровых трамваях используется 4 ТЭД суммарной мощностью 320 кВт, целесообразно в качестве накопителя энергии использовать более дорогой, но эффективный вариант ионисторов. При этом достаточный для реализации предложения запас энергии составляет 3,4 кВт·ч.

На рис. 7 показана принципиальная схема работы трамвая в режиме электрического торможения с накоплением энергии в бортовом накопителе Н, при этом вырабатываемая ТЭД электрическая энергия направляется по цепи 4хТЭД–СВО–Н (или Н||ВВО – в соответствующих вариантах электрических схем трамваев).

Технические характеристики некоторых накопителей энергии

Наименование параметра	AOWEI S585V39-K7-A	4x40WB-LYP100AH(A)(B)	2xPP 320-689
Тип накопителя	суперконденсаторы (ионисторы)	литий-железо-фосфатные аккумуляторные батареи	литий-никель-марганец-кобальт-оксидные аккумуляторные батареи
Ёмкость, Ф	1250	–	–
Запас энергии, кВт·ч	34	51,2	41,4
Диапазон рабочего напряжения постоянного тока, В	420...585	448...640	300...800
Разрядный ток	До 450 А	100 А (импульсно 300 А)	160 А (импульсно до 350 А)
Номинальный зарядный ток, А	450	100	100
Максимальный ток заряда, А	500	125	160
Масса, кг	1300	528	860

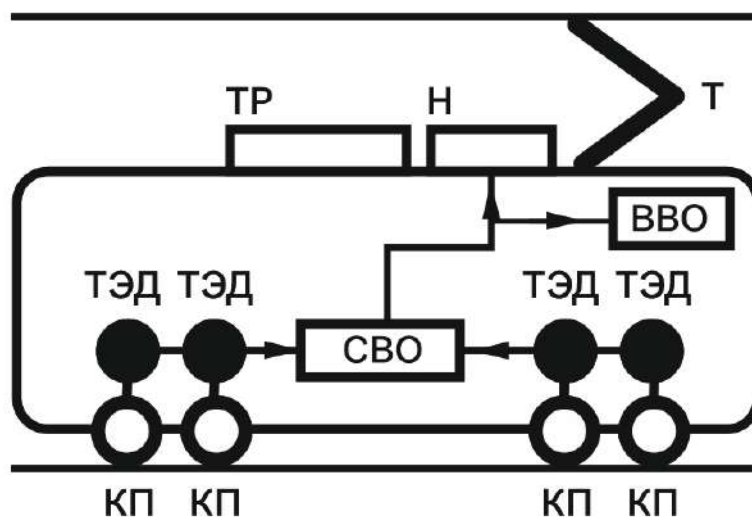


Рис. 7. Принципиальная схема работы трамвая в режиме электрического торможения с накоплением энергии

В предлагаемой схеме даже при отсутствии потребителей в границах секции участка контактной сети выработанная электрическая энергия будет рассеиваться

на ТР только в случае, когда Н не сможет принять выработанный ТЭД объём электрической энергии.

На рис. 8 показана принципиальная схема работы трамвая в режиме тяги с питанием от бортового накопителя, при этом высоковольтное оборудование трамвая получает питание по цепи Н–ВВО||СВО–4хТЭД–4хКП, ТЭД работают в режиме двигателей, создают вращающий момент, необходимый для создания силы тяги и приведения трамвая в движение. При этом в работе данной схемы могут быть реализованы различные алгоритмы использования энергии, аккумулированной в накопителе (например, работа в буферном режиме или управляемое использование электроэнергии накопителя на тягу при достижении уровня заряда до 80% ёмкости с разрядом его до 30% и последующим зарядом до 80% и т. д.).

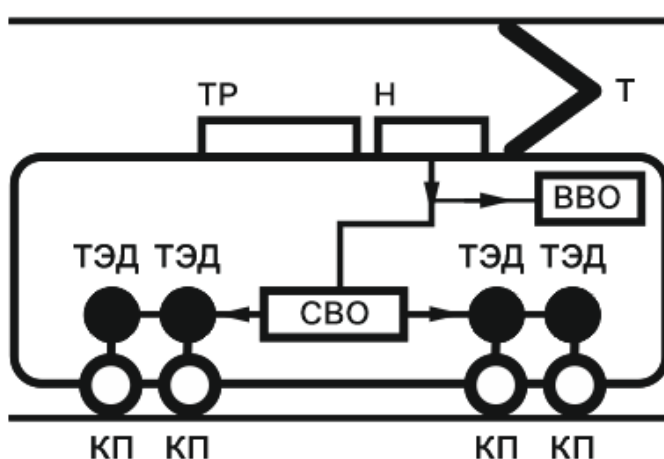


Рис. 8. Принципиальная схема работы трамвая в режиме тяги с питанием от бортовых накопителей

Анализ данных, собранных при обработке показаний бортовых счётчиков электрической энергии показывает, что за счёт рекуперации можно «вернуть» от 12% до 20% электрической энергии. В среднем, трамвайный парк, обслуживающий маршрутную сеть с выпуском на линию 100 ед. по будним дням и 50 ед. по выходным дням имеет годовое потребление электроэнергии 13 564 000 кВт·ч (с учётом сезонности) с тарифом в текущих ценах 0,26 BYN/кВт·ч (по состоянию на 13.01.2022 установлены курсы валют 1 BYN = 2,5689 USD, 100 RUB = 3,4465 BYN).

Стоимость установки бортовых накопителей (ионисторов) при ориентировочной цене одного накопителя 20 550 BYN на 125 трамваев (с учётом коэффициента выпуска 0,80) оценивается в 2 568 750 BYN. При этом годовая экономия при 16%-ном использовании рекуперированной энергии составит

564 264 BYN, таким образом, установка бортовых накопителей окупится за 4,5 года, при жизненном цикле 15 лет чистый эффект от экономии составит 5 895 186 BYN.

В заключение стоит отметить, что рассмотренное предложение является довольно перспективным и обладает большим научно-техническим инновационным потенциалом. Современные тенденции, сформированные под влиянием направлений на развитие экологических видов транспорта, зелёной экономики, рационального природопользования, достижения в области электроники и электротехники позволили, рационально пересмотрев сформированные стереотипы в проектировании и эксплуатации подвижного состава трамвая, предложить использование ионисторов в качестве бортовых накопителей энергии и тем самым рационально подойти к использованию электроэнергии, полученной благодаря использованию свойства обратимости электрических машин.

#### **Список используемых источников**

1. Кот Е.Н. Трамвайная система г. Минска – проблемы и перспективы. – Текст: непосредственный // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XXIV Международной научно-практической конференции – Минск: БНТУ, 2018. – С. 197–222. – Текст: непосредственный.
2. Семченков С.С. Трамваи Минска сегодня. – Минск: Информпресс, 2004. 87 с. Текст: непосредственный.
3. Правила технической эксплуатации трамвая: утверждены приказом Министра жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь 03.09.1996 № 101 – Минск: Белинкоммаш, 1996. 100 с. Текст: непосредственный.
4. СН 3.03.02–2019. Трамвайные и троллейбусные линии: издание официальное: дата введения 2019-12-16 – Минск: Стройтехнорм, 2020. – IV, 57 с. – Текст: непосредственный.
5. Оценка возможности использования троллейбусов и электробусов в Полоцке и Новополоцке // Организация и безопасность дорожного движения / отв. ред. Д.А. Захаров – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. С. 266–273.

## ДОСТУПНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТАМБОВА

*Сычёва С.В. – магистрант кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»*

*Гуськов А.А. – к.т.н., доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»*

### **Аннотация**

В статье рассматриваются внутригородские пассажирские перевозки, доступность пассажирского транспорта как критерия качества обслуживания населения. Целью работы является совершенствование технологии и методов определения транспортной доступности городского населения. Предложены мероприятия, позволяющие улучшения качества обслуживания пассажиров в г. Тамбове.

Наличие транспортной системы является главной особенностью любого территориального образования. Транспортная система представляет собой социальное и экономико-финансовое взаимодействие между частями системы. Степень развитости системы оценивается на основании расчёта показателей, описывающих как правило загруженность местности сооружениями, которые относятся к транспортной инфраструктуре (густота расположения дорог, перевалочных транспортных узлов) или взаимное расположение таких объектов (близость или удаленность от центров притяжения). Как правило оценке подвергается каждая часть транспортной системы: пассажир, перевозчик, транспортный узел, дорога с её инфраструктурой [1]. Таким образом транспортная система предстаёт перед нами в виде сложного экономического и географического сооружения.

Развитие транспорта никогда не будет везде в равной степени отлично, центральные территории, территории с развитой инфраструктурой и с достаточно привлекательным местом притяжения будут лучше обеспечены транспортом на основании своего выгодного географического положения, нежели территории отдаленные от мест притяжения человеческих ресурсов. Эти периферийные области зачастую слабо развиты в социально-экономическом плане, т. к. удалены от средоточения прогрессивных, инновационных достижений, от рынков труда, и в связи с этим от социальных и культурных объектов [2].

Одной из основных целей Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 г. является обеспечение доступности и качества услуг транспорта для населения в соответствии с социальными стандартами. Конституционное право на свободу перемещения должно быть не только озвучено, но и законодательно оформлено, обеспечено необходимым набором услуг достаточного объема и надлежащего качества. Транспортная доступность крайне важна в социальном плане и должна опираться на бюджет. Повышение социальной мобильности выражается в различных государственных программах и концепциях. Государственное регулирование и помощь в реалиях сегодняшнего мира просто необходимы.

Доступность – это критерий качества оказания услуги по перевозке пассажиров. Она различна для центральных и отдаленных районов как города, так и страны [3].

В нашей стране, в реалиях сегодняшнего дня, применение исключительно рыночных механизмов неприемлемо и нереализуемо. Общественный транспорт прежде всего имеет высокое социальное значение. Таким образом, решать самим перевозчикам основные вопросы, связанные с проблемами в транспортной отрасли, как при свободном рынке, не получится из-за социальной направленности общественного транспорта. Социальные маршруты пассажирского транспорта практически постоянно убыточны и не слишком привлекательны для перевозчиков.

При анализе организации перевозок пассажиров в разных странах мира можно выделить следующие аспекты организации транспортного обслуживания жителей городов [4].

1. Деление маршрутов между перевозчиками, схожими по подвижному составу и определенному виду перевозок на основе конкурентных процедур имеет право на существование. Заинтересовав таким образом крупных перевозчиков, можно снизить финансовую нагрузку на региональный и местный бюджеты, тем самым высвобождая финансовую подушку безопасности для обновления подвижного состава или покупки нового, современного, комфортабельного транспорта.

2. Повысить величину выручки от оплаты проезда гражданами можно с помощью повышения эффективности продаж единых проездных билетов с применением маркетинговых ходов (повысить привлекательность приобретения проездных билетов за счет включения в оплату проезда акций и бонусов). Проезд



– это такой же товар, как и другие материальные ценности, соответственно повысить его привлекательность для покупателя реально. К примеру, оплата проезда по системе смарт-карт позволит оптимизировать процесс аккумуляции выручки: денежные средства накапливаются в одном месте и позволяют высвободить их часть для перспективного планирования расходов. При осуществлении перевозочной деятельности обязательное внимание уделяется воздействию на экологическую ситуацию.

В нашей стране остро стоят проблемы поиска средств на эксплуатационные и капитальные расходы автотранспортных предприятий. Направления выхода из сложившейся ситуации с субсидированием в сфере общественного транспорта может подсказать зарубежный опыт организации транспортного обслуживания, где эта сфера состоялась в условиях рыночной конкуренции и успешно функционирует [5]. Кроме того, существует потребность в разработке достойной системы дотирования и содержания общественного транспорта, гарантирующую его надежное функционирование в условиях рынка, учитывая социальную направленность сферы и влияние её на формирование уровня жизни населения, а также уровень социально-экономического статуса города. Разрабатывая новую систему, необходимо помнить о нововведениях в области законодательства по предоставлению льготного и бесплатного проезда гражданам.

Исследование доступности транспортного обслуживания населения проводилось на примере г. Тамбова. Надёжная и эффективная работа пассажирского транспорта общего пользования является одним из важнейших факторов социально-политической и экономической стабильности города Тамбова. Его устойчивое, сбалансированное и эффективное развитие служит необходимым условием для обеспечения повышения качества жизни городского населения. Население концентрируется в местах расположения транспортных инфраструктур, определяет рост и развитие городов и поселков в непосредственной близости от нее. Развитая инфраструктура города обеспечивает потребности горожан и способствует формированию транспортной сети [6].

Обследование потребностей пассажиров позволяет изучить спрос и перераспределить существующий подвижной состав на маршрутах города, не забывая при этом о социально значимых направлениях.

Маршрутная сеть городского округа – город Тамбов Тамбовской области составлена таким образом, что с любой точки до любого района города можно добраться беспересадочно, либо с одной пересадкой, что соответствует

рекомендациям социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом. Рекомендуемое общее количество пересадок, осуществляемых пассажиром в целях перемещения в любую точку муниципального образования, при использовании муниципальных и межмуниципальных маршрутов регулярных перевозок составляет не более двух в муниципальных образованиях с численностью населения более 500 000 человек, не более одного в остальных муниципальных образованиях [7]. Таким образом, данное условие соблюдено в маршрутной сети города.

В конце 2019 г. в ходе совещания круглого стола «Равные права – равные возможности» рекомендовано перевозчикам при закупке транспортных средств осуществлять меры по обеспечению соблюдения условий их доступности для пассажиров из числа инвалидов. Резолюцией круглого стола рекомендовано перевозчикам при закупке транспортных средств осуществлять меры по обеспечению соблюдения условий их доступности для пассажиров из числа инвалидов или рассмотреть возможность установки специализированных подъемных устройств для инвалидной коляски на уже эксплуатирующийся транспорт не менее 2-х на маршруте.

Для определения текущего уровня качества перевозок пассажиров в г. Тамбове было проведено исследование наиболее актуальных обращений и предложений граждан за 2020-2021 гг. (рис. 1), которые формировались на базе МУП «Пассажирские перевозки».

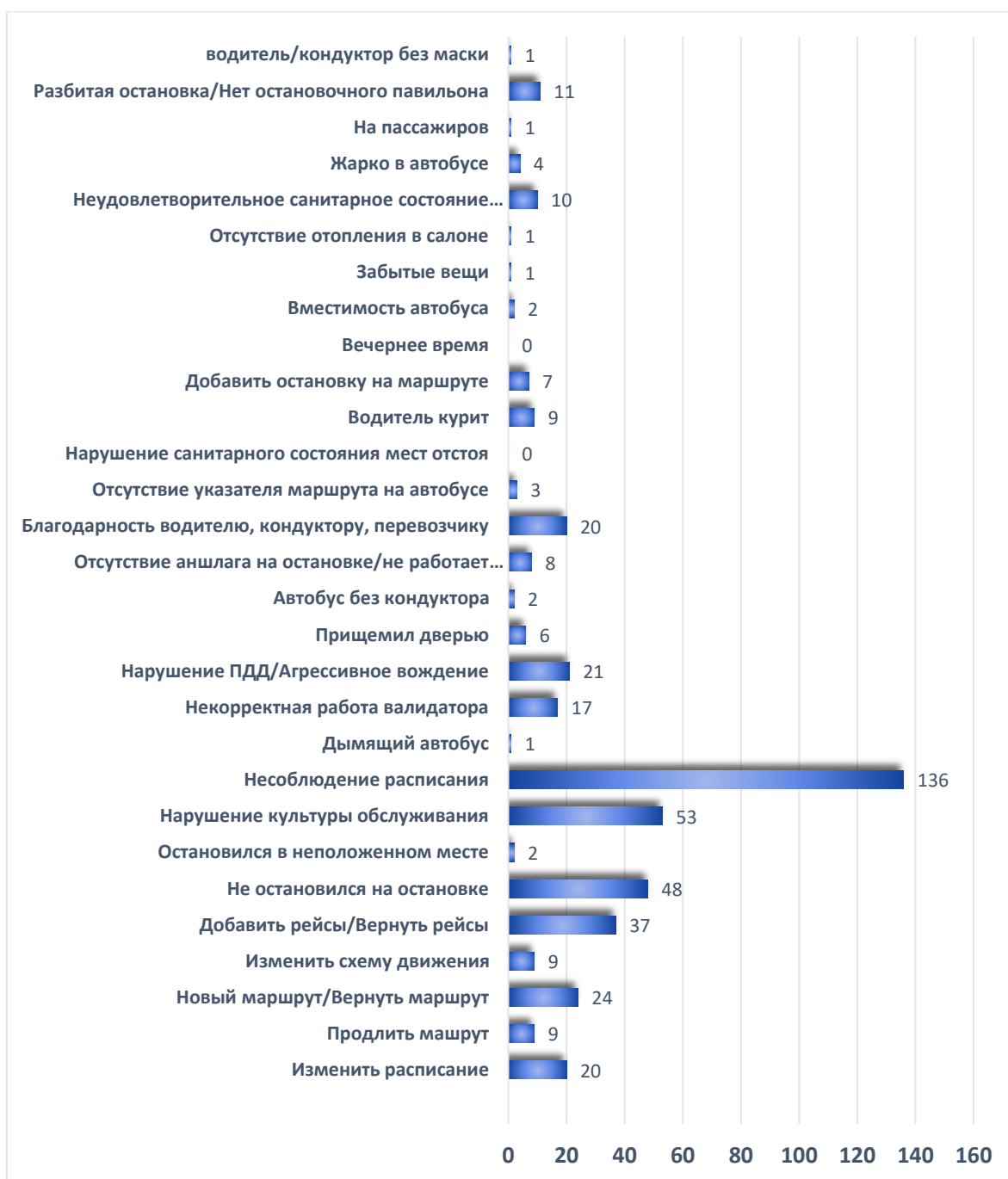


Рис. 1. Обращения граждан за период 2020-2021 гг.

При проведении анализа обращений граждан они были разделены на категории и отнесены к тем маршрутам, в отношении которых фиксировались. Таким образом, большинство обращений и жалоб приходится на несоблюдение утвержденного расписания движения перевозчиками, осуществляющими пассажирские перевозки по муниципальным маршрутам – 136 жалоб за год. Нарушение расписания напрямую связано с оценкой качества оказываемых услуг населению, с доступностью транспорта для населения города. Данное нарушение рассматривается на постоянно действующей комиссии по контролю за

исполнением договоров на выполнение перевозок пассажиров и багажа наземным пассажирским транспортом общего пользования по маршрутам регулярных перевозок на территории городского округа – город Тамбов.

Несоблюдение схемы маршрута водителями пассажирского транспорта (не остановился на остановке, либо остановился в неполюженном месте) – 48 жалоб пассажиров. Нарушение схемы движения напрямую влияет на безопасность перевозочного процесса и, пассажиров, в частности. Пассажиры, желая попасть на проезжающий мимо автобус, выбегают на проезжую часть, чтобы привлечь внимание водителя, тем самым провоцируя дорожно-транспортное происшествие и подвергая свою жизнь и жизнь других участников движения смертельной опасности, так как автомобиль – это средство повышенной опасности. Такой же опасности подвергается человек, выходящий из автобуса в неполюженном для посадки-высадки месте. Водитель, допустивший данное нарушение, может быть привлечен к административной ответственности. Посадка в автобус, трамвай или троллейбус либо высадка из автобуса, трамвая или троллейбуса пассажиров в неустановленных местах влечет наложение административного штрафа на водителя в размере трех тысяч рублей. Повторное совершение административного правонарушения влечет наложение административного штрафа на водителя в размере пяти тысяч рублей.

С просьбой изменить схему движения маршрута было зарегистрировано 9 обращений. При организации транспортного обслуживания населения основной задачей является соблюдение баланса между желаниями пассажиров и экономической составляющей пассажирских перевозок. Схемы движения транспорта по каждому маршруту разрабатываются с учётом как потребности пассажиров, так и обеспечения необходимого объёма прибыли при осуществлении перевозок пассажиров по маршрутам. Гарантией стабильной и качественной работы общественного транспорта является её рентабельность. Исторически в городе Тамбове сложилась достаточно плотная маршрутная сеть, маршруты практически дублируют друг друга, за исключением небольших участков. Изменение утверждённых схем движения по маршрутам города может повлечь за собой ещё большее дублирование маршрутов и снижение рентабельности перевозок. Кроме того, согласно действующему законодательству, любое изменение утверждённых схем движения возможно осуществлять только с согласия администрации транспортного предприятия, обслуживающего данные маршруты, и с учётом их заинтересованности.

Достаточно объёмным разделом жалоб является нарушение культуры обслуживания водительско-кондукторским составом. Он включает в себя 43 жалобы. Составом этого раздела является так называемый «человеческий фактор». В должностных инструкциях каждого водителя и кондуктора пассажирского транспорта обязательным пунктом является соблюдение культуры обслуживания при работе на маршруте. На состояние водителя и кондуктора при работе на маршруте влияет огромное количество факторов. При этом экипаж автобуса должен быть непристрастным к пассажирам и внимательным в любой ситуации. Не всегда удаётся людям, не желающим понять, объяснить то или иное положение при проезде в общественном транспорте. Как следствие – возникает конфликтная ситуация. Оставляя жалобу человек, надеется решить конфликт в свою пользу. На деле же оказывается (после проведенного расследования), что половина жалоб на конфликт в транспорте не обоснована и ситуация возникла по вине пассажира. Ситуации, связанные с нарушением культуры обслуживания, обычно запутанные и почти всегда требуют разбирательства со стороны контролирующей организации. При выявлении факта нарушения со стороны водительско-кондукторского состава (если не удастся решить к обоюдному согласию сторон) конфликтная ситуация разбирается также на постоянно действующей комиссии по контролю за исполнением договоров на выполнение перевозок пассажиров и багажа наземным пассажирским транспортом общего пользования по маршрутам регулярных перевозок на территории городского округа – город Тамбов.

Соблюдение культуры обслуживания является важным критерием качества транспортного обслуживания населения. Качественная организация транспортного обслуживания невозможна без тесного взаимодействия жителей города и перевозчиков, обслуживающих маршруты города.

Жалобы на нарушение ПДД водителем, а также агрессивное вождение при работе на маршруте зарегистрированы от 20 пассажиров. Водитель несёт ответственность за людей, находящихся в салоне транспортного средства. Нарушая правила дорожного движения, тем самым, подвергает их жизнь и здоровье необоснованному риску.

Согласно результатам исследования, для улучшения качества обслуживания пассажиров на территории городского округа – город Тамбов, предлагается следующее:

1. Для урегулирования пассажиропотоков на загруженных маршрутах города предусмотреть в списочном составе транспортных предприятий наличие автобусов, относящихся к разным классам транспортных средств;

2. Для восполнения недостатков в выполнении вечерних рейсов по утвержденному расписанию движения пассажирского транспорта по причине технической неисправности предусмотреть в конкурсной документации резерв подвижного состава – 15% от списочного количества транспорта предприятия;

3. Для повышения заинтересованности перевозчиков в улучшении качества услуги по перевозке пассажиров:

– усовершенствовать систему отбора перевозчиков при проведении открытого конкурса на право получения свидетельства об осуществлении перевозок по одному или нескольким муниципальным маршрутам регулярных перевозок на территории городского округа – город Тамбов, предусмотрев бальную систему оценки качества предоставления услуг на основании анализа поступивших обращений жителей с жалобой на работу транспортного предприятия за прошедший отчетный период, а также процент исполненных пожеланий граждан. Это позволит жителям как, потребителям оказываемых услуг, принять участие в выборе перевозчика;

– предусмотреть систему льготного налогообложения транспортных предприятий на уровне местного бюджета при условии выполнения требований перевозочного процесса в соответствии с действующим законодательством, отсутствие административных нарушений при работе на маршруте, а также в зависимости от количества жалоб, поступивших из различных источников на работу перевозчика за предыдущий отчетный период. При отсутствии негативных отзывов на работу перевозчика по обслуживаемым маршрутам освободить от налогов на местном региональном уровне, тем самым повысить мотивацию автотранспортных предприятий к исполнению всех требований перевозочного процесса без нареканий;

– предусмотреть возможность льготного кредитования перевозчика, осуществляющего перевозку пассажиров с наименьшим количеством нареканий на работу по маршрутам, при приобретении подвижного состава с улучшенными характеристиками, т. е. обновления подвижного состава;

– разработать систему оплаты проезда с повышением тарифа в вечернее время при уменьшении пассажиропотока на маршрутах города.

В связи с введением ограничительных мер по противодействию распространения новой коронавирусной инфекции на территории города и области произошел значительный отток транспортных средств в автотранспортных предприятиях города. Недостаточное количество подвижного состава, а также значительное уменьшение персонала предприятий (режим самоизоляции, строгое требование осуществления вакцинации при работе на маршрутах города) влечет за собой ухудшение соблюдения утвержденного расписания движения общественного пассажирского транспорта. Пытаясь справиться своими силами, перевозчики в то же время стремятся обеспечить рентабельность работы транспортных средств по маршруту. Следовательно, выполняются рейсы с наибольшей загрузкой, экономически невыгодные рейсы практически нет.

Для повышения транспортной мобильности населения города Тамбова необходимо:

- государственное софинансирование в сфере оказания услуг по перевозке пассажиров;
- заинтересовать перевозчика в выполнении вечерних рейсов – повысить оплату проезда в городском пассажирском транспорте в вечернее время;
- убедить перевозчика в необходимости оказания услуги по перевозке пассажиров в полном объеме согласно нормативным документам. Этого можно достичь путём частичного снижения налогообложения на уровне бюджета местного самоуправления.

#### **Список используемых источников**

1. Инфраструктура автотранспортного комплекса [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Анохин, Н.Ю. Залукаева, А.А. Гуськов, В.А. Гавриков. Тамбов. Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018.
2. Гуськов А.А., Залукаева Н.Ю. Городской наземный общественный транспорт: проблемы и перспективы развития // Научное обозрение. 2017. № 13. С. 79-83.
3. Гавриков В.А., Залукаева Н.Ю. Факторы конкурентоспособности автотранспортного предприятия // Транспортное дело России. 2017. № 5. С. 54-56.
4. Гукетлев Ю.Х., Ткачева Я.С., Гукетлев Э.Ю. Зарубежный опыт развития городского пассажирского транспорта // Новые технологии. 2016. № 4. С. 27-32.

5. Лавриков И.Н., Пеньшин Н.В. Экономическая эффективность и конкурентоспособность пассажирских перевозок в регионах России // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2014. Т. 20. № 3. С. 599-607.

6. Залукаева Н.Ю. Организация транспортных услуг и безопасность транспортного процесса [Электронный ресурс]. Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021.

7. Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 31.01.2017 №НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом».



## ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В КООРДИНИРОВАННОМ УПРАВЛЕНИИ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

*Тарабара Д.А. – магистрант, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»*

### Аннотация

В статье рассматриваются проблемы, вызванные увеличением числа интенсивности движения на улично-дорожной сети городов. Проанализированы технические средства организации дорожного движения, которые входят в автоматизированную систему управления движением. Выявлены недостатки координированного управления движением и предложены методы решения транспортных проблем на перекрестках.

С каждым годом уровень автомобилизации в мире растёт. В России за последние пару лет этот показатель увеличился на 15%. Стремительный рост числа транспортных средств в населённых пунктах приводит к затруднению движения. В крупных городах особенно в час-пик утренний и вечерний период времени на центральных улицах и новых современных микрорайонах города образуются заторы. Такая дорожно-транспортная ситуация снижает скорость потока, тем самым увеличивая время в пути в несколько раз [1].

С рядом проблем улично-дорожной сети сталкиваются водители. Основными отрицательными сторонами транспортных проблем являются:

- высокие транспортные задержки;
- низкая скорость сообщения;
- увеличение числа ДТП;
- перерасход топлива;
- ухудшение экологической обстановки [2, 3].

Для решения этих проблем применяются технические средства организации дорожного движения. Одним из инструментов, который помогает обеспечивать безопасность дорожного движения на пересечение улиц, является внедрение светофорного регулирования. Однако работа светофорной сигнализации по жесткой временной программе вызывает задержки ТС, поэтому требуется гибкое регулирование дорожным движением. Оно должно включать в себя многопрограммные контроллеры и системы адаптивного регулирования, с помощью чего светофорные объекты способны перенастраивать время горения сигналов в зависимости от интенсивности движения автомобилей [4].

Основной частью в организации дорожного движения составляет настройка и управление светофорным регулированием. Она является одной из самых сложных задач. Объектами управления оказываются транспортные и пешеходные потоки. В связи с этим, контуром управления становятся ряд взаимозависимых точек.

Автоматическое управление может быть двух видов: с участием человека или с заранее запрограммированными параметрами. Работа первого случая включает сбор и корректировку данных специалистом через сервис автоустройств. А работа второго – осуществляется в замкнутом контуре, где существует обмен данными между средствами и объектами с помощью специальных устройств. Такими устройствами являются детекторы транспорта [5].

Принцип работы такого инструмента несложен. Первое, что происходит – это обработка данных в режиме реального времени, после чего устройство определяет режим загорания и потухания сигналов светофорных объектов. Далее дорожные контролёры переключают по заданной программе все объекты. Вследствие чего, могут быть изменены фазы светофоров, которые способствуют проезду большего количества транспортных средств на зелёный свет. Эта мера способствует разгрузки улично-дорожной сети от автомобилей, уменьшение заторов и остальных сопутствующих факторов [6, 7].

Существуют разделение на типы управление детектора транспорта (рис.1)

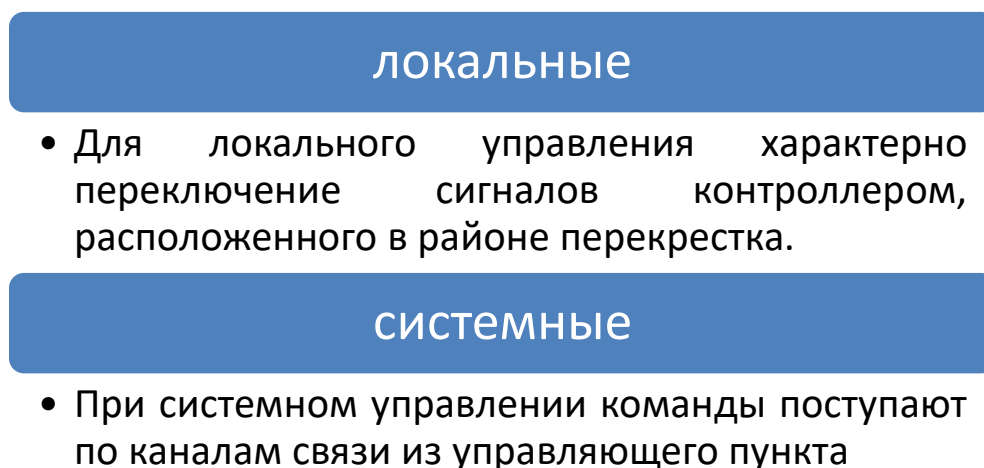


Рис. 1. Типы управления детектора транспорта в зависимости от управления

Для адаптивного управления дорожным движением на территории крупных городов устанавливают детекторы транспорта для улучшения качества координирования улично-дорожной сети.

Для этого требуется иметь комплект необходимых инструментов и агрегатов для надёжного функционирования систем. Устройства, которые пригодятся в работе, представлены далее (табл.1).

Табл.1

Перечень необходимых устройств

№	Наименование
1	детекторы транспорта
2	устройства передачи информации
3	средства обработки информации
4	периферийные исполнительные устройства
5	средства диспетчерского контроля
6	контрольно-диагностическая аппаратура

Вышеперечисленные средства могут размещаться в управляющем пункте и на периферии в зависимости от выполняемых ими функций.

Автоматизированное управление движением осуществляется по трём основным уровням:

- стратегический. Улично-дорожную сеть делят на районы координации. Для конкретной территории реализуют программу с транспортными ситуациями для данного района.

- тактический. В этом случае реализуется подстройка базовой программы под реальную ситуацию в исследуемом районе. При этом транспортная ситуация отличается от контрольной интенсивности и скоростью движения.

- локальный. На этом уровне делается местная корректировка программы.

Классификация различных типов устройств представлена далее (рис. 2)



Рис. 2. Классификация датчиков и детекторов

Навязчивые датчики устанавливаются над или внутри дорожного покрытия, а ненавязчивые (неинтрузивные) – не требуют нарушения транспортного потока во время установки или технического обслуживания.

Различия датчиков заключаются в характеристиках измеряемого транспортного потока, в особенностях места для их установки.

Как и в любой инновационной технологии есть свои недочёты. Но перед программистами уже стоит задача, как можно точнее адаптировать работу искусственного интеллекта под реальные жизненные условия.

В реальных условиях координированное управление дорожным движением трудно притворить в жизнь из-за погрешностей. Они возникают при отсчёте длительности тактов. Учитывая в расчётах, что среднестатистическая погрешность равна долям секунд, которые будут накапливаться с каждым циклом. В свою очередь, это сильно повлияет на работу светофорных объектов и как итог произойдёт рассогласованность работы устройств и возникновение опасных дорожно-транспортных ситуаций.

Но и для этой проблемы было разработано ряд важных решений (табл.2)

Методы предотвращения проблемы рассогласованности работы устройств  
детектора транспорта

№	Название	Суть предложения
1	Внедрение программно-логистического устройства для всех контроллеров	Осуществляется контроллерами непосредственного подчинения, которые имеют каналы связи с управляющим пунктом. В управляющем пункте размещается единое программное устройство, которое отсчитывает длительность тактов для перекрестков. Размещение программно-логистического устройства упрощает эксплуатацию системы, ремонт и обслуживание аппаратуры.
2	Остановка каждого контроллера 1 раз в цикл с дальнейшим его запуском по команде специального синхронизирующего устройства	Суть заключается в программных контроллерах, которые работают по принципу старт-стопа. Запуск программно-логистического контроллера сигналом синхронизации и его отключение после обработки цикла регулирования позволяет убрать погрешность при отсчете длительности тактов. Синхронизирующее устройство обеспечивает равенство циклов регулирования на всех перекрестках. Данное устройство может размещаться как в управляющем пункте, так и в одном из контроллеров на перекрестке.

Детектор транспортных средств с индуктивной петлей, микроволновый и сверхзвуковой детектор, дорожная камера – всё это специальные датчики, которые устанавливаются на дорогах для сбора данных об улично-дорожной сети. Традиционные дорожные детекторы уже недостаточны для обработки информации из-за ограниченного охвата и дорогостоящих затрат на их введение в эксплуатацию, а затем техническое обслуживание. Поэтому необходимо изучать новые альтернативы с использованием данных, полученных с помощью самого автомобиля с помощью GPS и мобильных телефонов. Использование таких технических средств будет являться экономически эффективным по сравнению со специальными датчиками, установленными на автодорогах. На сегодняшний момент некоторые транспортные средства уже оснащены устройством GPS, например, автобусы, такси, грузовые автомобили, осуществляющие перевозку грузов. Устройство GPS в таких транспортных средствах используется для получения информации о дорожных ситуациях, о местоположении автомобиля. Однако для обычных автолюбителей внедрение навигационной системы будет являться

проблемой, так как не каждый водитель захочет делиться информацией о своем местонахождении.

Что касается использования мобильного телефона для определения траектории движения транспортного средства, то это мероприятие также окажет экономический эффект. Мобильные телефоны очень распространены, современными средствами связи пользуется более 70% населения. Предыдущая работа в этой области в основном была сосредоточена на следующих основных этапах: сбор данных о местоположении, классификация терминалов, сопоставление карт, определение маршрута и расчет состояния трафика.

На данный момент возможны следующие методы использования мобильного телефона в качестве датчика для сбора информации о дорожной обстановке. Телефон с использованием GPS сможет представлять данные о местоположении, траектории движения, скорости транспортного средства. Также смартфон сможет передавать сигналы о приближении к перекрестку в управляющий контроллер для адаптивного управления светофорными объектами.

К недостаткам исследуемого метода можно отнести неточность передачи и обработки данных. Так как сотовые телефоны имеют разных операторов, таких как пешеходы на тротуарах, пассажиры автобуса и водители автомобилей на автодороге, велосипедисты рядом с трассой, могут перемешивать сигнальные данные. Полученные сигналы от смартфонов, которые принадлежат вышеперечисленным участникам дорожного движения могут привести к неточности при оценке количества автомобилей, двигающихся по дороге. Вторая причина заключается в том, что количество собранных сигналов от транспортных средств серьезно меняется в смежные промежутки времени, увеличивая отклонения в скорости движения. Также недостатком является недостаточное количество сотовых вышек, установленных вблизи автомобильных дорог.

Таким образом, внедрение инновационных технологий на дорогах крупных городов помогут решить ряд существенных проблем, которые влияют на развитие улично-дорожной сети. Предложения, которые были озвучены в статье, являются наиболее реалистичными для внедрения и актуальными с точки зрения координированного управления дорожного движения.

### **Список используемых источников**

1. Гавриков В.А., Анохин С.А., Гуськов А.А., Залукаева Н.Ю. Организация дорожного движения: учебное пособие. Тамбов. ИЦ ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. 169 с.
2. Анохин С.А., Залукаева Н.Ю., Гуськов А.А., Гавриков В.А. Инфраструктура автотранспортного комплекса [Электронный ресурс]: учебное пособие. Тамбов. Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. 476 с.
3. Гуськов А.А., Залукаева Н.Ю. Городской наземный общественный транспорт: проблемы и перспективы развития // Научное обозрение. 2017. №13. С. 79-83.
4. Трифонова Г.О., Буренин В.В., Трифонова О.И. Управление техническими системами: учебное пособие / МАДИ(ТУ). 2003. 192 с.
5. Капский Д.В., Врубель Ю.А., Навой Д.В.. Автоматизированные системы управления дорожным движением. 2015. 368 с.
5. ГОСТ Р 52289-2019 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.
6. Тарабрин Д.А., Сыщиков Д.А., Гуськов А.А. Оценка аварийности дорожного движения на двухполосных автомобильных дорогах // Вестник транспорта. 2018. № 7. С. 30-32.
7. Ананьев Е.И., Залукаева Н.Ю., Горюшинский В.С. Организация одностороннего движения как метод увеличения пропускной способности улично-дорожной сети города // Транспортное дело России. 2017. № 5. С. 136-139.

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРИ ВНЕЗАПНЫХ ХРУПКИХ РАЗРУШЕНИЯХ АВТОСЦЕПОК ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ТРЕЩИНАМИ

*Татаринцев В.А. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»,*

*Буркун А.В. – студент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»*

### **Аннотация**

В статье рассматриваются вопросы надежности автосцепок с трещинами для разнообразных случаев хрупких разрушений. Особое внимание уделено разрушениям в переходной зоне корпуса автосцепки. Получено удовлетворительное совпадение расчетных и эксплуатационных показателей надежности, что позволяет утверждать об эффективности описания предельных состояний с позиций механики разрушения и специального учета деформационного охрупчивания металла автосцепок в процессе эксплуатации.

Среди комплекса научно-технических проблем, связанных с дальнейшим повышением эффективности перевозок грузов, большое значение имеет обеспечение надежности автосцепного устройства вагонного парка, отказы которого непосредственно влияют на безопасность и соблюдение графика движения поездов. Эта проблема далеко не разрешена, особенно в части изучения причин внезапного разрушения и влияния деградации свойств материала на надежность автосцепки. Из-за интенсификации движения на Байкало-Амурской магистрали продолжительность пребывания автосцепок при низких температурах увеличивается, поэтому данная проблема является актуальной.

Корпус автосцепки может разрушаться по различным сечениям. Наиболее часто в эксплуатации разрушения происходят в зонах переходного сечения (~ 35 %), перемычка хвостовика (33%), большой и малый зубья (19%) стержень 13 %. Поэтому на этапе проектирования при оценке надежности детали в целом необходимо оценивать показатели для ее отдельных сечений. Для обоснованного применения расчетных зависимостей по оценке эксплуатационной надежности, нужно установить, какому из известных планов испытаний надежности по ГОСТ 27.403–2009 соответствуют эксплуатационные данные о разрывах автосцепок.

Поставленная в работе задача определения на этапе проектирования вероятности внезапных хрупких разрушений по переходной зоне автосцепок с трещинами делает необходимым знание распределения напряжений в местах



трещинообразования, особенно в верхней полке коробчатого сечения, где располагается свыше 70% эксплуатационных трещин.

Оценка напряженного состояния, как известно, возможна двумя путями: расчетом и экспериментом. Так как в рассматриваемой зоне автосцепки имеется значительный геометрический концентратор напряжений, то оценка напряженного состояния невозможна по элементарным формулам сопротивления материалов. Для этих целей в работах [1, 2] применялся метод конечных элементов (МКЭ). Напряженное состояние автосцепки зависит как от меняющихся внешних силовых факторов, так и от рассеивания геометрических размеров детали, которые, в свою очередь, зависят от величин допусков и технологии изготовления, а некоторые из них, кроме того, меняются вследствие износа в процессе эксплуатации.

Исследовалось влияние рассеивания размеров корпуса автосцепок на величину напряжений в различных областях хвостовика, в том числе и в зоне перехода [1]. Также тензометрическими исследованиями установлено, что рассеивание размеров автосцепки в пределах их допусков на изготовление и износ не оказывает значительного влияния на напряженное состояние в рассматриваемой зоне (максимальное изменение напряжений составляет  $\pm 7\%$  с вероятностью появления менее 0,02). В работе [2] дополнительно исследовалось влияние качества металла отливки корпуса автосцепки на его долговечность. В связи с этим можно считать допустимым результаты исследования только одного корпуса автосцепки, соответствующего техническим условиям и не отбракованного по износу, распространить на всю совокупность этих деталей в эксплуатации.

Проведенные натурные испытания автосцепок по исследованию особенностей ударного нагружения показали, что влиянием сил инерции на величину напряжений можно пренебречь, так как напряжения в корпусе при ударном и статическом нагружении одинаковыми силами оказались практически равными. Как известно, время действия нагрузки значительно больше времени распространения деформаций, следовательно, волновые процессы распространения деформаций можно не рассматривать. В связи с этим в рассматриваемом исследовании применялось статическое приложение нагрузки, которое позволило получить результаты, характеризующие явление в целом.

В ходе натурального эксперимента измерялись и фиксировались деформации, возникающие в исследуемых зонах автосцепки при различных значениях продольной силы  $N$  и смещения автосцепки  $\varepsilon_{\text{геом}}$ . При анализе полученных данных было установлено, что точки переходного сечения находятся в плоском

напряженном состоянии, в связи с чем при определении напряжений использовались зависимости, основанные на применении обобщенного закона Гука.

Разрушение деталей с усталостными трещинами может быть вызвано однократной перегрузкой, а может произойти и после большого числа нагружений, в течение которых усталостная трещина постепенно подрастает до своего предельного размера (деталь проходит этап живучести). Так как хрупкие разрушения могут возникать при нагрузках в несколько раз меньше, чем квазихрупкие, то в этом случае расчета детали имеют некоторый запас прочности в отношении квазихрупких разрушений. Охрупчивание автосцепки наступает при соблюдении следующего условия

$$T_э < T_{кр2}^{дет} \text{ или } \xi_1 = T_э - T_{кр2}^{дет} < 0, \quad (1)$$

где  $T_э$  – эксплуатационная температура,  $T_{кр2}^{дет}$  – вторая критическая температура хрупкости для детали;  $\xi_1$  – функция охрупчивания. Разрушение (отказ) автосцепки с трещиной наступает при выполнении условия

$$\xi_2 = R - P_э < 0, \quad (2)$$

где  $\xi_2$  – функция неразрушимости;  $R$  – предельная нагрузка, которую может выдержать автосцепка с трещиной в охрупченном состоянии;  $P_э$  – растягивающая продольная сила, передающаяся через автосцепку в эксплуатации.

Хрупкое разрушение детали возможно при одновременном выполнении условий (1) и (2), которые являются независимыми событиями. В связи с этим вероятность хрупкого разрушения равна вероятности совместного выполнения этих условий и составляет

$$v = P(\xi_1 < 0) \cdot P(\xi_2 < 0), \quad (3)$$

где  $P(\xi_1 < 0)$  – вероятность охрупчивания автосцепки;  $P(\xi_2 < 0)$  – вероятность разрушения детали.

Хрупкие разрушения автосцепок являются редкими событиями, поэтому вероятность безотказной работы автосцепки для случая хрупких разрушений при однократных перегрузках рассчитывалась по следующей зависимости

$$P(t) = \exp[-v \cdot L], \quad (4)$$

где  $v$  – вероятность хрупкого разрушения при однократном нагружении;  $L$  – число нагружений за время  $t$ .

Следует отметить еще одну особенность, которую должен отразить расчет надежности автосцепок. Она состоит в том, что вид разрушения (хрупкое, квазихрупкое), а, следовательно, и трещиностойкость, зависят не только от режима

изменения нагрузки, присутствия влаги [3], температуры окружающей среды [4] в момент разрыва, но и от степени деградации свойств материала [4], возникающей под действием эксплуатационных нагрузок.

Установлено [5], что материал автосцепок может охрупчиваться под действием эксплуатационной нагруженности, причем степень охрупчивания зависит от продолжительности эксплуатации. В связи с этим нельзя принимать  $v = \text{const}$ , а необходимо выявить зависимость  $v = f(t)$ .

Определение вероятности хрупкого разрушения сводится к получению распределения функций охрупчивания  $\xi_1$  и неразрушимости  $\xi_2$ , которые в свою очередь зависят от нескольких случайных переменных и к определению вероятностей  $P(\xi_1 < 0)$  и  $P(\xi_2 < 0)$ . Для такого типа задач используются численные методы решения, в частности, метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) и метод числовых совмещений. Метод Монте-Карло отличается простотой алгоритма, сокращает по сравнению с методом числовых совмещений время расчетов, но дает меньшую точность. А в случае применения метода числовых совмещений вероятность  $P(\xi < 0)$  можно определять путем простого суммирования частостей для значений  $\xi < 0$ . Это весьма удобно для практических расчетов, т.к. не требуется подбирать теоретические распределения  $\xi$ , что облегчает и ускоряет расчеты. В связи с вышеизложенным для расчета вероятности хрупких разрушений автосцепок использовался метод числовых совмещений, в соответствии с которым и разрабатывался алгоритм расчета.

Для выявления этой зависимости вероятность хрупких разрушений подсчитывалась для ряда фиксированных значений сроков эксплуатации автосцепки  $t_i$ . При конкретном фиксированном значении  $t_i$  для каждого отдельного совмещения эксплуатационных температур  $T_3$  и длин трещин  $L_3$  вычисляется вторая критическая температура хрупкости детали  $T_{кр2}^{\text{дет}}$  и проверяется выполнение условия (1), т.е.  $\xi_1 < 0$ . Если для какого-то совмещения это условие не выполняется, то переходят к следующему совмещению и так до тех пор, пока для некоторого совмещения этих параметров не выполняется условие (1). При невыполнении условия  $\xi < 0$  для всех совмещений  $T_3$  и  $L_3$ , при конкретном значении  $t_i$  принимается, что в этом случае  $v = 0$  и переходят к следующему фиксированному значению  $t_{i+1}$  и повторяют проверку выполнения условия (1) для каждого совмещения  $T_3$  и  $L_3$ . Если для  $j$ -ого совмещения параметров  $T_3$  и  $L_3$ , условие (1) выполняется, то фиксируются полученные в этом совмещении значения  $T_{3j}$  и  $L_{3j}$ , их

частоты  $p(T_{эj})$ ,  $p(L_{эj})$  и вычисляется вероятность выполнения условия охрупчивания в  $j$ -ом совмещении

$$P_j(\xi < 0) = p(T_{эj}) \cdot p(L_{эj}). \quad (5)$$

Затем при этих же значениях  $T_{эj}$  и  $L_{эj}$  производят все совмещения остальных исходных параметров положения трещины на детали, вычисляя для каждого совмещения несущую способность автосцепки, функцию неразрушимости и ее частоту. После этого расчет повторяют для следующих совмещений  $T_э$  и  $L_э$ , т.е. снова проверяется условие (1) до тех пор пока не будут перебраны все совмещения переменных  $T_э$  и  $L_э$ .

На следующем шаге определяется вероятность охрупчивания автосцепок, как сумма частот для  $\xi_1 < 0$ , т.е.  $p(\xi_1 < 0) = \sum p(\xi_1 < 0)$  и вероятность разрушения ( $\xi_2 < 0$ )  $= \sum p(\xi_2 < 0)$ .

Далее по зависимости (3) определяется вероятность  $v$  хрупких разрушений автосцепок при однократном нагружении. На этом заканчивается расчет  $v$  для одного конкретного значения срока эксплуатации автосцепки. В дальнейшем аналогичным образом производится расчет вероятности хрупких разрушений  $v$  и для других фиксированных значений длительности эксплуатации автосцепок.

Результаты расчета вероятности хрупких разрушений  $v$  для различных значений продолжительности эксплуатации (до  $t = 30$  лет, что соответствует максимальному сроку эксплуатации автосцепок до выбраковки) приведены на рис. 1.

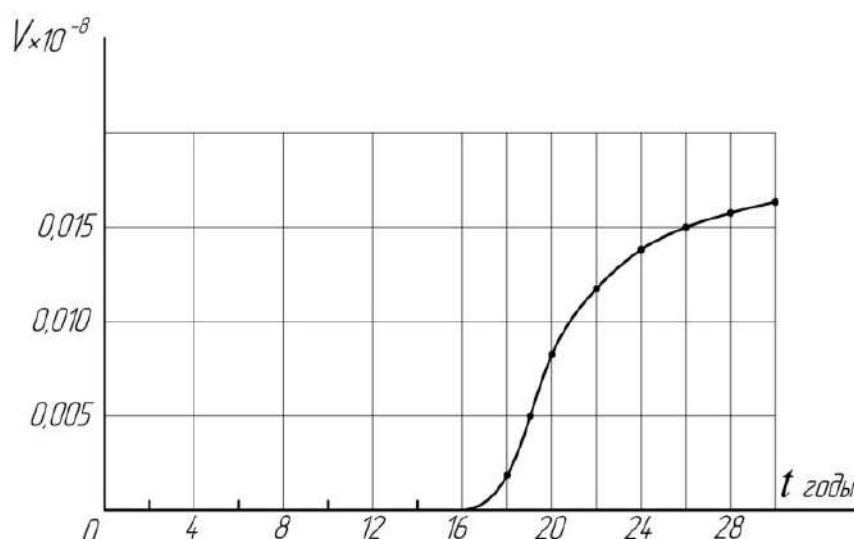


Рис. 1. Зависимость вероятности хрупкого разрушения автосцепок при однократном нагружении от продолжительности эксплуатации

После получения зависимости  $\nu = f(t)$  по формуле (4) производился расчет вероятности безотказной работы  $P(t)$  для случая хрупких разрушений от однократной перегрузки. При этом принималось, что число нагружений за один год растягивающимися усилиями составляет около 9400. Полученная по зависимости (4) функция надежности приведена на рис 2.

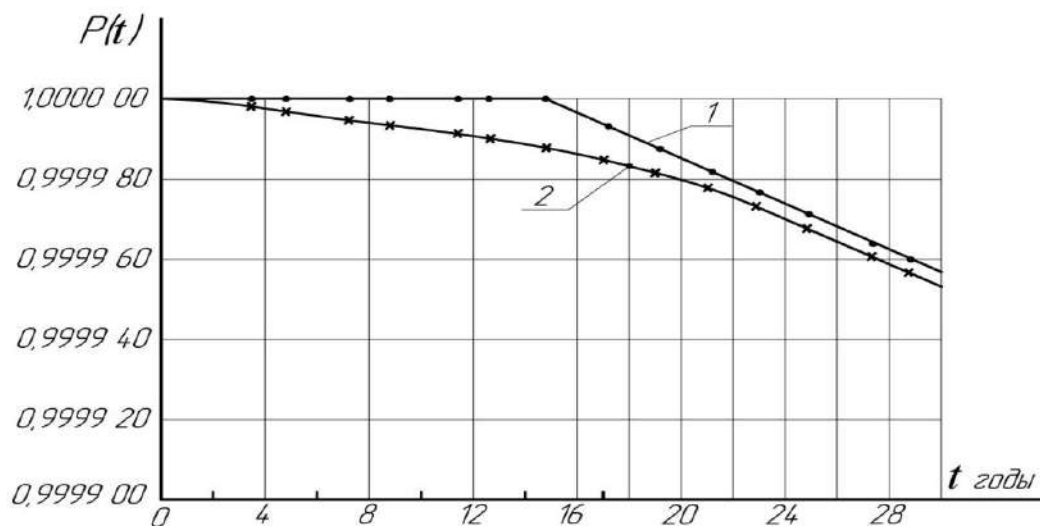


Рис. 2. Функции надежности автосцепки, полученные расчетом и по эксплуатационным данным: 1 – функция надежности, полученная расчетом для случая хрупких разрушений автосцепок; 2 – функция надежности, полученная по эксплуатационным данным о разрывах автосцепок в поездах

Там же для сравнения приведена функция надежности автосцепки, полученная по эксплуатационным данным о разрывах автосцепок в поездах. Как видно из рис. 2, получено удовлетворительное совпадение расчетных и эксплуатационных показателей надежности. Это позволяет утверждать об эффективности описания предельных состояний с позиций механики разрушения и специального учета охрупчивания металла автосцепок в процессе эксплуатации.

Разработанная методика получила развитие при оценке рисков и обеспечении безопасности объектов железнодорожного транспорта [6], а также позволила разработать рекомендации, направленные на продление жизненного цикла литых корпусов автосцепок грузовых вагонов путем реновации утраченных свойств [7].

### Список используемых источников

1. Кодылев А.В. Анализ напряженно-деформированного состояния корпуса автосцепки СА-3 // Известия Транссиба. 2012. № 4 (12). С. 25–30.

2. Кузьмин А.Б., Коссов В.С., Протопопов А.Л., Красюков Н.Ф., Бунин Б.Б., Оганьян Э.С. Исследование прочности деталей автосцепки при эксплуатационных нагрузках // Наука та прогрес транспорту. 2007, № 19. С. 170–175.
3. Kostenko N.A., Tatarintsev V.A. Influence of overloads, cycle asymmetry, and moisture on the cyclic crack resistance of cast steels//Materials Science. 1987. Vol. 23. № 2. P. 186–191.
4. Kostenko N.A., Tsvetkov V.D., Tatarintsev V.A., Bishutin G.A. Experimental investigation of features of the fracture of full-scale cast railroad-car parts with cracks // Strength of Materials. 1980. Vol. 12. № 1. С. 42–45.
5. Татаринцев В.А. Исследование процесса деградации свойств материала элементов подвижного состава в эксплуатации / Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения. сборник трудов IV Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов. Южно-Уральский технологический университет. Челябинск, 2020. С. 173–179.
6. Татаринцев В.А., Буркун А.В., Дробков К.В. Оценка рисков и обеспечение безопасности объектов железнодорожного транспорта / Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения. сборник трудов V Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов. Челябинск, 2021. С. 108–117.
7. Татаринцев В.А., Толстошеев А.К. Продление жизненного цикла литых деталей вагонов путем реновации утраченных свойств // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2017. № 6. С. 23–27.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗРАСТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЗАТРАТЫ НА РЕМОНТ

*Хабибуллозода Х.Х. – аспирант кафедры «Автомобильный транспорт»,  
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный  
исследовательский университет)»*

*Горяев Н.К. – к.т.н., доцент кафедры «Автомобильный транспорт»,  
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный  
исследовательский университет)»*

### **Аннотация**

В статье проанализированы результаты исследований влияния возраста подвижного состава на его работоспособность. На основе этих исследований выявлено влияние возраста подвижного состава на затраты на ремонт. Полученные результаты позволяют принимать более обоснованные решения при организации междугородных перевозок грузов автомобильным транспортом.

Расчет затрат играет важную роль в компаниях по управлению транспортом. Он предоставляет информацию для принятия решений об эффективности перевозок. Традиционные методы расчета себестоимости не учитывают полную информацию о затратах на транспортировку. Это приводит к значительным отклонениям фактических затрат от расчетных при организации перевозок грузов автомобильным транспортом.

Расчеты экономического обоснования переменных затрат на эксплуатацию автотранспортных средств с учетом их реального состояния являются одной из проблем автотранспортных предприятий, которые до сих пор не решены. Такая ситуация приводит к перерасходу материальных затрат на ремонт, техническое обслуживание, топливо, шины и т. д. [1].

В работах [1–5] рассматривается влияние возраста подвижного состава на затраты при эксплуатации. В статье [1] представлен сравнительный анализ подходов к оценке различных подходов к расчету стоимости использования автомобиля в современных условиях. Автор приходит к выводу, что для определения стоимости транспортных услуг необходимо учитывать конкретные условия эксплуатации транспортного средства, пробег и возраст. Увеличение затрат на ремонт значительно возрастает с возрастом транспортного средства. Поэтому использование зависимостей для расчета этих затрат требует корректировки.

В работе [2] были проанализированы факторы, влияющие на ежегодные затраты на ремонт. Данные, использованные в этом исследовании, были основаны на анализе работы 62 тягачей из трех выбранных регионов в Индонезии, которые представлены по индонезийской рупии в табл. 1.

Табл. 1

Влияние возраста транспорта на затраты на ремонт

Возраст транспорта, год	Количество транспорта	Затраты на ремонт, тысч. рупия
1	4	41
2	9	358
3	7	485
4	13	421
5	5	458
6	8	454
7	6	684
8	5	614
9	2	1619
10	3	2099

В работе [3] проводилось исследование влияния возраста подвижного состава на стоимость седельных тягачей на примере VOLVO FH-12. Маркетинговый анализ рынка показывает, что стоимость тягачей VOLVO FH-12 практически не зависит от пробега, а зависит от возраста подвижного состава, и аналогичный был опубликован в работе [4]. Исследование интенсивности эксплуатации проводилось в ООО «Трактороторг-Авто-1» в Челябинской области, которые представлены в табл. 2.

Табл. 2

Стоимость и интенсивность эксплуатации седельных тягачей различного возраста

Возраст тягачей, лет	Стоимость тягача, руб.	Кол-во дней в эксплуатации, дней/год
1	4050000	320
2	3750000	307
3	3400000	299
4	3100000	291
5	2800000	283
6	2500000	260
7	2300000	262
8	2100000	250
9	1900000	240
10	1700000	230



Из этой таблицы можно сделать вывод, что с увеличением возраста подвижного состава стоимость и работоспособности автомобилей уменьшается.

В работе [5] проводилось исследование влияния возраста подвижного состава на среднесуточные пробеги для седельных тягачей VOLVO FH-12 с полуприцепами SCHMITZ при междугородных автоперевозках. Результаты исследования зависимости среднесуточных пробегов подвижного состава от возраста приведены в табл. 3.

Табл. 3

Влияние возраста подвижного состава на среднесуточные пробеги

Год выпуска	Возраст подвижного состава	Количество автомобилей	Среднесуточный пробег, км
2001	7	15	486,30
2002	6	9	464,60
2003	5	12	480,80
2004	4	3	460,00

Анализ влияния возраста подвижного состава показал, что возраст автомобиля существенно не влияет на среднесуточный пробег.

Основываясь на результатах таблицы 2, в которой указан возраст подвижного состава и количество дней в эксплуатации в течение года, находим дни в ремонте подвижного состава за календарный год с учетом праздничных дней. В результате использования таблиц 2 и 3 получаем данные по влиянию возраста подвижного состава на затраты на ремонт, которые приведены в табл. 4.

Исходя из полученных результатов (табл. 4), можно построить зависимость влияния возраста подвижного состава на затраты на ремонт, которая представлена на рис. 1.

Влияния возраста подвижного на затраты на ремонт

Возраст подвижного состава, лет	Кол-во дней в работе, день/год	Среднее суточные пробеги, км	Годовой пробег в эксплуатации, км	Кол-во дней в ремонте, день/год	Стоимость ремонта, руб.	Затрат на ремонт годовые, руб.	Затрат на ремонт на 1 км, руб.
1	320	472	151040	27	7400	199800	1,32
2	307	472	144904	40	7400	296000	2,04
3	299	472	141128	48	7400	355200	2,52
4	291	472	137352	56	7400	414400	3,02
5	283	472	133576	64	7400	473600	3,55
6	260	472	122720	87	7400	643800	5,24
7	262	472	123664	85	7400	629000	5,09
8	250	472	118000	97	7400	717800	6,08
9	240	472	113280	107	7400	791800	6,99
10	230	472	108560	117	7400	865800	7,97

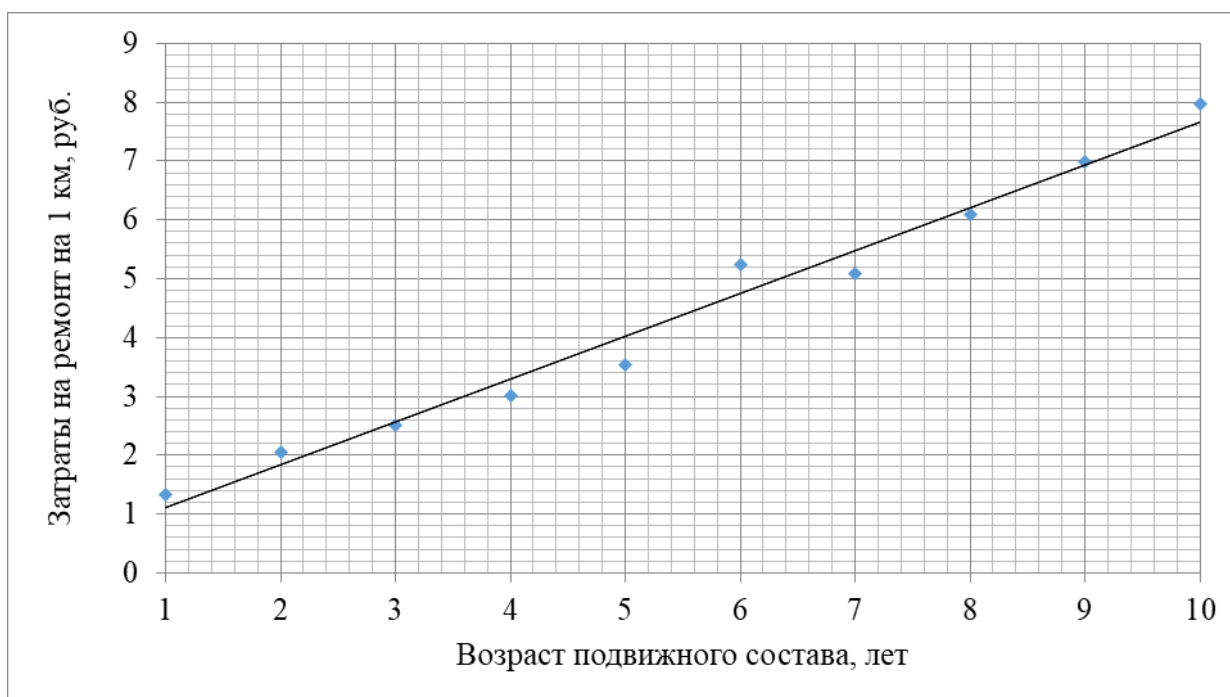


Рис. 1. Влияния возраста подвижного состава на затраты на ремонт

Из графика видно, что затраты на ремонт от возраста подвижного состава имеют зависимость, близкую к линейной. С увеличением возраста подвижного состава в процессе его эксплуатации возрастают затраты на ремонт.

**Выводы.** В работе был проведен анализ исследований по влиянию возраста подвижного состава на его работоспособность, который показал, что возраст подвижного состава существенно влияет на количество дней в эксплуатации и практически не оказывает влияния на среднесуточные пробеги. На основе приведенного анализа была получена зависимость затрат на ремонт от возраста подвижного состава, позволяющая более объективно оценивать затраты при междугородных автомобильных грузовых перевозках.

### **Список используемых источников**

1. Аулін В.В., Zamota O.M. Сравнительная оценка затрат на использование автомобилей в современных условиях // Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки. 2015. №. 27. С. 341–346.

2. Paman U. et al. Factors affecting repair costs of small tractor use in Riau Province, Indonesia // Tropical Agriculture (Trinidad). 2008. Т. 85. №. 2. С. 142–148.

3. Goryaev N.K. The effectiveness of long-distance haulage in the context of market reforms in Russia // Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2012. Vol. 54. pp. 286–293.

4. Goryaev N.K., Tsiulin S., Makarova I., Shubenkova K. Forecasting the release on the line of variously aged long haul vehicles in Russia // Transportation Research Procedia. 2018. Vol. 30. pp. 53–59.

5. Горяев Н.К., Горяева И.А. Влияние возраста подвижного состава на среднесуточные пробеги при междугородных автоперевозках // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2014. Т. 8. №. 1.

# **ВЫЯВЛЕНИЕ ЗНАЧИМОСТИ ВЛИЯНИЯ ЭТИЧЕСКОГО АСПЕКТА В ПРОЕКТНОМ УПРАВЛЕНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ИНФРАСТРУКТУР ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Шахова О.М. – магистрант ИГСУ РАНХиГС; Менеджер по работе с ключевыми клиентами Общество с ограниченной ответственностью «КИТ. ТК»*

## **Аннотация**

В статье рассматриваются условия обеспечения гарантий инвестиционной привлекательности инновационной инфраструктуры образовательного учреждения в реализации программ Высшего и Дополнительного образования в аспекте многополярности международных отношений Российской Федерации. Отдельное внимание автор уделяет рекомендациям в моделировании системного управления трансграничными проектами в рамках реализации механизмов Транспортной Стратегии Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г.

**Области регулирования искусственного интеллекта в стимулировании развития сквозных технологий и соответствующих технологических решений производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации инновационных технологических компаний Институтами развития, в том числе, с целью акселерации.**

Содержательно перечня мероприятий по проведению научных исследований в области технологий электрического автомобильного транспорта, обозначенного задачей разработки для Минобрнауки России совместно с заинтересованными Федеральными органами исполнительной власти в пункте 4 Распоряжения Правительства Российской Федерации, утверждающего Концепцию по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года [10], целевым показателем 2-го этапа Концепции (2025-2030 гг.) является создание дополнительно не менее 39 тыс. высокопроизводительных рабочих мест по всей технологической цепочке производства электрохимии, электромеханики, электроники и производства электротранспортных средств. Для обеспечения достижения ключевого показателя реализации 2-го этапа по запуску в эксплуатацию числа штук зарядных станций, 8-микратно превосходящего аналогичный ключевой показатель реализации 1-го этапа, и 10-тикратно, превосходящий показатель числа быстрых зарядных станций, что требует стимулирования развития целого блока сопутствующих

сквозных технологий и соответствующих технологических решений на их основе, совершенствуемых в процессе разработки и производства электротранспортных средств и оказывающих наиболее существенное влияние на развитие смежных высокотехнологичных рынков. Среди них присутствуют нейротехнологии и искусственный интеллект в системах управления автомобилем и помощи водителю (ADAS-системы), биотехнические системы, системы взаимодействия водителя и автомобиля (HMI – системы), квантовые технологии и кибербезопасность автомобиля и инфраструктуры информационных технологий, большие данные. В контексте реализации основных мероприятий одного из индикаторов достижения национальных целей развития на федеральном уровне Единого плана по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года [17], по показателю 5.4. Увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий в четыре раза по сравнению с показателем 2019 года, %. С ежегодным увеличением, кратным 25%, к 2024г – 192,0% в период 2020-2024гг., и 400% к 2030г., комплексно, в создании благоприятной среды для развития и внедрения отечественных решений в сфере информационных технологий, включая создание налоговых стимулов и «регуляторных песочниц», стимулирование использования решений на свободном программном обеспечении, и как итог - повышение конкурентоспособности отечественных информационных технологий и продуктов на мировом рынке. А также, повышение доступности финансирования для стартапов, разрабатывающих решения в сфере информационных технологий. Во исполнение поручения Первого заместителя Председателя Правительства Андрея Ремовича Белоусова, в обеспечение эффективности факторов – ускорение инвестиций и рост сектора малого и среднего предпринимательства и индивидуальных предпринимателей – дающих каждый примерно по 0,5–0,6 процентного пункта дополнительного ежегодного прироста Внутреннего Валового Продукта шесть Институтов развития подписали Меморандум 28 декабря 2020 г. о запуске механизма бесшовной интеграции мер поддержки инновационных технологических компаний Институтами развития, в том числе, с целью акселерации. Поэтому актуальность утверждения в обосновании нехватки квалифицированных кадров – существенная проблема для работодателей, существовавшая безотносительно экономического кризиса, значительно обострилась в текущих кризисных оптимизационных процессах, когда качество навыков персонала играет ключевую роль в инновационном потенциале, производительности и конкурентоспособности их

компаний. В результате сокращения численности населения трудоспособного возраста конкуренция еще более обостряется.

Выводы 20-ти летнего исследования [24] указывают на значимость внимания к сохранению равновесия между общей компонентой экономической координации и национальных культурных дистанций, относительно условий контролируемого избегания узких перспектив в развитии технологий машинного обучения. Государственная информационная Система снижает уровень сложности проблемы разнообразия платформ и быстро меняющегося контекста [21] и поддерживает реализацию кадровой составляющей национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» инструментами Федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» с масштабированием на пространстве Евразийского экономического Союза, в аспекте договоренностей в рамках Соглашения о создании общего научно-технологического пространства государств – участников Содружества Независимых государств от 03 ноября 1995г. и Соглашения об информационном взаимодействии государств-участников Содружества Независимых Государств в области цифрового развития общества» [8]. Показатель социального эффекта выработки механизмов электронного взаимодействия работодателей и заказчиков работ (услуг) с государственными органами (Государственная информационная Система) и иностранными гражданами при предоставлении информации о потребности в иностранных работниках и их привлечении выражает все плюсы модернизации процессов регулирования трудовой миграции Институтами интеграционной инфраструктуры в реализации Плана мероприятий по реализации в 2020 – 2022 годах «Концепции государственной миграционной политики Российской Федерации на 2019 – 2025 годы» [11] соценкой последовательности результатов показателей в рамках развития Федеральной Государственной информационной Системы для иностранных граждан – резидентов государств – членов ЕАЭС. В соответствии с Пунктом 6.8 «Основных направлений деятельности Правительства РФ на период до 2024 г.» от 29.09.2018г. с вниманием к созданию комплексной многоуровневой системы адаптации и интеграции иностранных граждан в Российской Федерацией с учетом многообразия укладов жизни населения, с проведением мероприятий по социальной и культурной адаптации иностранных граждан и лиц без гражданства в целях обеспечения на территории Российской Федерации межнационального и межрелигиозного мира и согласия силами Федерального агентства по делам национальностей России.

Важность углубления международного сотрудничества в области миграции и движения человеческого капитала определена в Отчете OECD 2013 [20] с опасностью влияния экономического кризиса на качество жизни населения в купе с цифровизацией технологических процессов на рынок труда, как более значительной в отношении молодёжи, т. к. у молодых людей есть риск, пострадав от безработицы в начале жизненного пути, оказаться в изоляции навсегда. Обозначенный индикаторами Отчета, отрицательный фактор взросления с тяжелыми отсроченными перспективами построения социальных отношений, основополагающих для здоровья и благополучия, необходимо заимствовать в рассмотрении определения гарантий плавного перехода для всех слоёв общества в новый индустриальный период.

**Подходы трансформации системы нормативного регулирования в Российской Федерации для применения цифровых технологий в достижении показателей Национальных Целей Единого плана на Федеральном уровне развития, относительно Принципов Концепцией развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 года.**

В рассмотрении структуры государственных мер стимулирования инновационного и научно-технологического потенциала регионов Российской Федерации в достижении показателей Национальной Цели 2 Единого плана [17] «Возможности для самореализации и развития талантов» развития на Федеральном уровне по Индикатору факторов 2.3. «Обеспечение присутствия Российской Федерации в числе десяти ведущих стран мира по объему научных исследований и разработок, в том числе за счет создания эффективной системы высшего образования» в реализации мероприятий инновационных и интеграционных инфраструктур. Совокупно с достижением показателей Национальной Цели 4 «Достойный, эффективный труд и успешное предпринимательство» на Федеральном уровне развития в повышении инновационной активности предприятий, где наложение как отраслевой, так и общей регуляторной нормативно-правовой базы в части реализации механизма управления системными изменениями нормативно-правового регулирования «Новых видов предпринимательской деятельности, основанных на внедрении передовых технологий» цифровой трансформации [13]. Трансформационный механизм причинно-следственных связей между действиями государственных органов, наблюдаемыми результатами, и итоговыми эффектами, с обеспечением надежной

реализации изменений в долгосрочном периоде, гарантированной ответственным ведением бизнеса в части банковской деятельности. Все инструменты нацелены на поддержку экспорта субъектов малого и среднего предпринимательства и индивидуальных предпринимателей, предоставляющие в зависимости от степени зрелости экспортёра, адресный набор сервисов и инструментов поддержки, оказываемых органами власти институтами развития и банками, и реализуются на специальном платформенном решении, разработанном совместно с Российским экспортным центром, «Почтой России» и РЖД.

Относительно актуальных задач проектного управления в расширении (социализации) сектора инновационного предпринимательства, поиск оптимальных гибких методов управления командами и проектами – «стимулирование как основа регулирования» развития технологий искусственного интеллекта и робототехники регуляторными средствами, обозначено Первым принципом Концепции развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 года [14], соотносительно с правовым «делегированием» решений системам искусственного интеллекта и робототехники в качестве направления регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники в соответствии с рекомендациями пункта 68 подраздела Приоритетная область 2: Этичное управление и руководство раздела IV Области, требующие принятия стратегических мер и пунктом 67, соответствующего подраздела Первого проекта Рекомендаций об этических аспектах искусственного интеллекта, Организации объединенных наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) [22], обозначены направления политики государств - членов на поощрение и расширение разнообразия состава команд, занимающихся разработкой систем искусственного интеллекта и наборов данных для их обучения. Обозначение статуса Рекомендаций [22] – нормативного документа, подготовленного на основе международного права и глобального нормативного подхода, призванного обеспечить уважение человеческого достоинства и прав человека, а также гендерное равенство, социальную и экономическую справедливость, физическое и психическое благополучие человека, разнообразие, инклюзивность, взаимосвязи общества, экологическую безопасность и защиту среды обитания, может направить процесс развития технологий на основе искусственного интеллекта в ответственное русло, напоминая о преемственности – об ответственности нынешних поколений перед будущими поколениями.



Maciel Kuziemski писал о невозможности предвидеть уровень технологических возможностей и перспектив в затруднении диалога исследователей тем, что одни говорят о подходах к реальным системам искусственного интеллекта, которые эксплуатируются сейчас, другие же ведут его применительно к сценариям будущего, и необходимости приближения к реальности регулирующих мер и охвата сегодняшних системы, закладывать базовые правила для будущего [4]. Относительно многополярности международных отношений Российской Федерации в контексте данного исследования, автор подчеркивает влияние фактора искусственного интеллекта в решении сложных задач, в условиях разнообразия и взаимосвязанности культур и этических систем, и для минимизации последствий потенциального ненадлежащего применения технологий искусственного интеллекта и предотвращения нацеленности стратегий и нормативных рамок в области искусственного интеллекта, исключительно на защиту национальных и коммерческих интересов, или конкурентных преимуществ, в связи с чем необходимо обеспечить взаимодействие и солидарный подход в глобальном масштабе.

**Институты формирования общественного доверия и гражданской кооперации, гарантирующие правовую норму искусственного интеллекта в областях повышенной степени риска нарушения требований безопасности и прав человека.**

В согласии с оценкой значимости принимаемых государственных мер, содействующих управленческим механизмам с применением больших данных, которому было посвящено исследование Национального аудиторского управления Китая (CNAO) в 2017-м году для формирования Проекта основного документа для обсуждения на XXIII Конгрессе Высших органов аудита ИНТОСАИ в Москве 2019 года [16]. Большинство из ответов 64 членов INTOSAI - участников опроса – эмпирической части исследования были: разработка стратегий; укрепление взаимодействия между ведомствами; высшими учебными заведениями и предприятиями – укрепление социально-экономического потенциала в сосредоточении внимания на подготовке кадров в области развития потенциала, в том числе. Соответственно, утверждение: «Социальный институт образования имеет существенный конвергационный эффект в обеспечении успешной социальной интеграции иностранных граждан, и гарантий инвестиционной привлекательности инновационной инфраструктуры образовательных кластеров»

[1], целесообразно рассматривать оценочно инструментов прогнозирования и управления рисками.

Из обширного разработанного математического инструментария для формализации понятия этики в машинном обучении, перспективными в части этических теорий, в которых онтологические формально-логические моменты превалируют над анализом содержания, и социальная природа морали являются подходами регулирующего фактора учета рисков [2] и этических аспектов в научно-исследовательской и инновационной деятельности, способствующей закреплению технологий искусственного интеллекта в правозащитной сфере. На уровне нравственных ценностей, принципов, морально-этических воззрений в преамбуле Рекомендаций в согласии с тем, что нравственные принципы и ценности могут существенно влиять на выработку и осуществление мер политики и норм правозащитного характера и выступать в качестве ориентиров в тех случаях, когда сфера действий таких норм недостаточно ясна, или, когда такие нормы еще не были приняты вследствие высоких темпов технологического развития, сочетающихся с относительно медленным реагированием на уровне мер политики [22].

**Успешная социальная интеграция высококвалифицированных специалистов в рамках реализации инвестиционных программ Высшего и Дополнительного образования, обусловленная риск-ориентированным и междисциплинарным подходами регулирования технологий искусственного интеллекта и робототехники.**

Концепция же вторым после принципа «стимулирование как основа регулирования», принципом регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники [14] определила регуляторное воздействие, основанное на риск-ориентированном, междисциплинарном подходе, при этом, предусматривающее принятие ограничительных норм в случае, если применение технологий искусственного интеллекта и робототехники несет объективно высокий риск причинения вреда участникам общественных отношений, правам человека и интересам общества и государства. Соблюдение и поощрение принципов гуманизма, предполагающего заботу о конкретном человеке, стремление общества к созданию условий для удовлетворения индивидуальных потребностей и самореализации путем внесения изменений в действующее законодательство и новые законы, нормативные положения и руководящие принципы предпринимательской деятельности обозначены пунктом

12 раздела III «Ценности и принципы» Рекомендаций [22] – возможность контроля систем искусственного интеллекта на протяжении всего жизненного цикла со стороны органов государственного управления, частных компаний, независимых общественных организаций и других заинтересованных сторон, как важнейшее условие обеспечения доверия к системам искусственного интеллекта. Также, Совет Европы предписывает проводить оценку воздействия на права человека и бизнесу, и государству при осуществлении регулирования и иных мер. Ибо ценностью результатов практического применения принципов Рекомендаций является доверие (рис.1), и все меры стратегического характера, направленные на повышение уровня доверия на всех этапах жизненного цикла систем искусственного интеллекта, обозначенных на благо общества, экосистемы и отдельного человека.

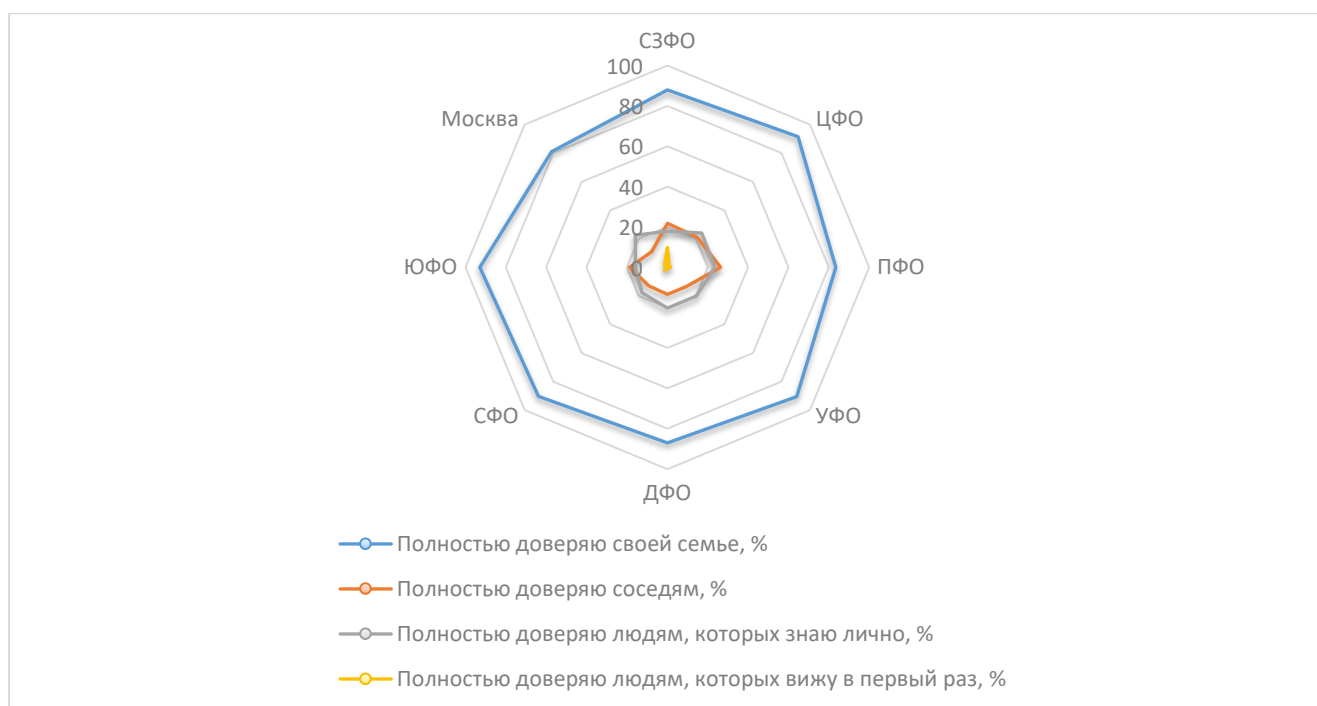


Рис.1. Ответы на вопросы, характеризующие радиус доверия респондента (средние значения). Источник: World Values Survey, 2011

Для доработки гипотез исследования влияния этического аспекта в проектном управлении в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники, основываясь «Перечнем технологий, применяемых в рамках экспериментальных правовых режимов в сфере цифровых инноваций» [7] автором был направлен запрос в «Департамент информационных технологий города Москвы». Относительно «изъятий из отдельных требований, обусловленных выявлением конкретных требований, препятствующих появлению или апробации

соответствующих цифровых инноваций, систем искусственного интеллекта в рамках их действия [5], а именно, присутствуют ли изъятия касательно оценки показателей этического регулирования? В ответе сформирована приоритетность регулирования этического аспекта правовым полем действия Федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «О персональных данных» [6]. Данная позиция обосновывает важность постановки промежуточных целей и проверки результатов в работе с алгоритмом искусственного интеллекта для обеспечения надежности и этичности в среднесрочном и долгосрочном прогнозах авторами Michael Luca, Jon Michael Kleinberg, Sendhil Mullainathan книги «Искусственный интеллект, аналитика и новые технологии» [3]. Соотносительно общности обоснованных мнений Олега Владимировича Пелевина, Заместителя министра экономики Татарстана о значимости серьезного внимания общественному контролю с разъяснением информации населению, основываясь внесением в 2019 г. изменений в Стратегию Социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030г. и Дмитрия Александровича Зайцева, аудитора Счетной палаты Российской Федерации, который упомянул о необходимости формирования адресных перечней реальных показателей регионального уровня, сроков достижения национальных целей по этапам реализации на конкретной территории с декомпозицией до понимания уровня их эффективности конкретным человеком до 2024 г., обозначенных в Рекомендациях парламентских слушаний «О ходе решения экономических задач, определенных Указом от 07.05.2018г. №204» [15].

Существующее первичное правовое регулирование применения искусственного интеллекта и роботехники в целом ряде стран базируется в основном на «Принципах доверия и прозрачности» IBM, 2018 [23] в декларируемом подходе для заверения пользователей в справедливом и беспристрастном действии систем искусственного интеллекта, относительно потенциала динамичного развития технологий машинного обучения, определяется Принципом прецизионного регулирования искусственного интеллекта (Precision regulation), основанном на риско-ориентированном управлении внедрения систем искусственного интеллекта, компетенциях специалистов, касательно этических аспектов, в том числе. В актуализирующем Проекте перечня принципов объяснимого искусственного интеллекта NIST [25] Принцип Значимости (Meaningful), когда система объяснимого искусственного интеллекта должна представлять объяснения, понятные отдельным пользователям и Принцип

точности объяснения (Explanation Accuracy) (объяснение должно достоверно отражать суть процессов, производимых системой искусственного интеллекта) для регулирования качества объяснений, предусматривая точность объяснений, но не точность решений (разные показатели точности объяснения будут представляться для разных типов групп и пользователей). Теми же принципами определена программа на среднесрочный и долгосрочный период до 2025 г. в переходе к электрической сети нового технологического уклада с качественно новыми характеристиками надежности, эффективности, доступности, управляемости и клиентоориентированности электросетевого комплекса России в целом, определяемых Политикой инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности ПАО «Россети», протокол от 23.02.2014 №150 Совета директоров ПАО «Россети».

Изучение Плана мероприятий по реализации в 2020–2022 годах «Концепции государственной миграционной политики Российской Федерации на 2019–2025 годы» с учётом решения оперативного совещания Совета Безопасности РФ [11]. В соответствии с Пунктом 6.8 «Основных направлений деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2024 г.» от 29.09.2018 г. в рассмотрении механизмов создания комплексной многоуровневой системы адаптации и интеграции иностранных граждан в Российской Федерации с учетом многообразия укладов жизни населения для обеспечения отраслей экономики высококвалифицированными специалистами целесообразно рассматривать совокупно оценку социального эффекта от подписания Целевого и Трудового договоров с успешной социальной интеграцией и повышения эффективности достижения показателей Национальной Цели 5 Единого плана [17] «Цифровая трансформация» развития на федеральном уровне, совокупно с оценкой индикатора «Увеличение более, чем в два раза по сравнению с 2017 годом количества иностранных граждан, обучающихся в организациях, осуществляющих образовательную деятельность по программам высшего образования» Федерального проекта «Экспорт образования» в аспекте системных мер поддержки занятости и повышения эффективности труда Национальной программы «Повышение производительности труда и поддержка занятости» в достижении показателей Национальной Цели 4. «Достойный, эффективный труд и успешное предпринимательство» в развитии на федеральном уровне, с оформлением Соглашения о лояльности соотносительно с условиями обеспечения кибербезопасности. Составление по итогам изучения механизмов реализации

данных инструментов, «Карты результатов» достижения социального эффекта снижения уровня бедности гарантиями заключения Трудового договора на длительный срок с величиной заработной платы, обеспечивающей выход из состояния бедности и успешной социальной интеграцией высококвалифицированных специалистов, соотносительно с инвестиционными программами Высшего и Дополнительного образования. В рамках выполнения Задачи №5 «Определение основных принципов анализа и типологизации финансовых моделей деятельности ВУЗов». Департамент аудита образования, науки и инноваций конкурса Счетной Палаты РФ «Data Contest», 2020 г.

**Аналитика группы исследований влияния социокультурных особенностей на потенциал социально-экономического развития региона и выявление значимости влияния этического аспекта в проектном управлении инновационных инфраструктур учреждений высшего образования.**

Уровень развития науки во многом определяет уровень развития общества, воздействует на интересы и потребности человека, создает новые возможности, а эффективная система высшего образования является основой формирования человеческого капитала. В части межрегиональных мероприятий по обмену опытом в производственной и коммерческой сфере, в увеличении межрегиональной мобильности, как в сфере образования, так и в части формирования межрегиональных рынков труда, поощрении предпринимательской мобильности профессиональных кадров в регионах с родным языком большей части населения русским, но существенной степенью патерналистских настроений населения, также, в регионах с существенной долей населения которых составляют люди с родным языком, отличным от русского [18]. Бриджинговый социальный капитал способствует инновационному развитию, действуя как фактор сокращения транзакционных издержек коммуникации и контроля вследствие высокого уровня доверия к окружающим, позволяет повысить эффективность взаимодействия, наполняя дополнительными знаниями и информацией между участниками проекта. Если степень бондингового социального капитала (bonding social capital) характеризует степень распространенности норм честности, доверия, кооперации, отражая наличие связей между «непохожими друг на друга» людьми только для членов определенного круга, соответственно, бриджинговый социальный капитал (bridging social capital) отражает наличие связей между «непохожими друг на друга» людьми в распространении норм честности, доверия и соответственно,

кооперации на всех людей, в том числе не входящих в постоянный круг общения (рис.2).

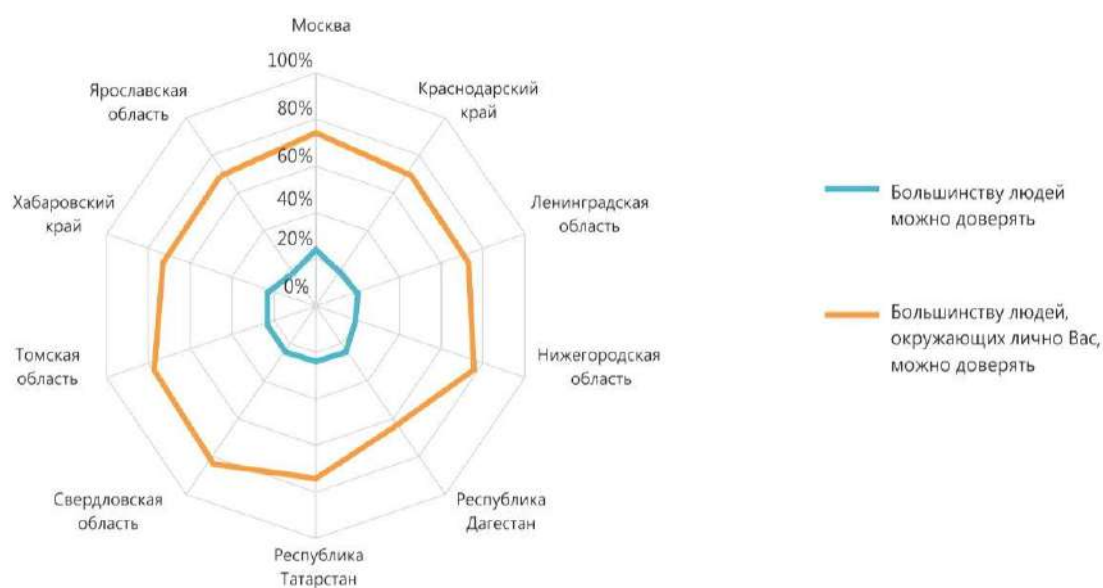


Рис. 2. Бриджинговый и бондинговый социальный капитал: региональный разрез.  
Источник «Евробарометр»

Изучив показатели 3.2, 3.11, 2.8 Мониторинга ВУЗов, ГИВЦ МИРЭА, 2018, автор выявила взаимосвязанность влияния эффекта достижения показателя «Общая численность граждан, вовлеченных Центрами (сообществами, объединениями) поддержки добровольчества (волонтерства) в добровольческую (волонтерскую) деятельность, на базе образовательных организаций, некоммерческих организаций, государственных и муниципальных учреждений (рис.3) [18] в добровольческую (волонтерскую) деятельность, млн. чел», посредством утвержденной Концепции развития добровольчества (волонтерства) в Российской Федерации до 2025 года, с целевым значением ежегодного увеличения, кратного 1,5 млн человек к 2024 г – 13,2 в период 2020-2024 гг., и 20,1 к 2030г. [12], и показателя Федерального проекта «Социальная активность» – инструмента описания деталей мероприятий достижения показателя 2.5. «Увеличение доли граждан, занимающихся волонтерской (добровольческой) деятельностью или вовлеченных в деятельность волонтерских (добровольческих) организаций до 15 %» Национальной Цели 2 «Возможности для самореализации и развития талантов» развития на Федеральном уровне [17]. Важность поддержания и развития международных волонтерских программ, направленных на общение

между детьми и подростками разных национальностей в разной культурной среде, Программами, направленными на установление связей между технологическими малыми и средними предприятиями и индивидуальными предпринимателями с улучшением бизнес-процессов, социальными программами отраслевых профсоюзов, положительно влияющих на взаимодействие между работниками и работодателями и обеспечивающих постоянное взаимодействие, укрепляющее взаимное доверие. Развитие профессиональных связей между компаниями стимулирует накопление бриджингового капитала на мезо уровне.

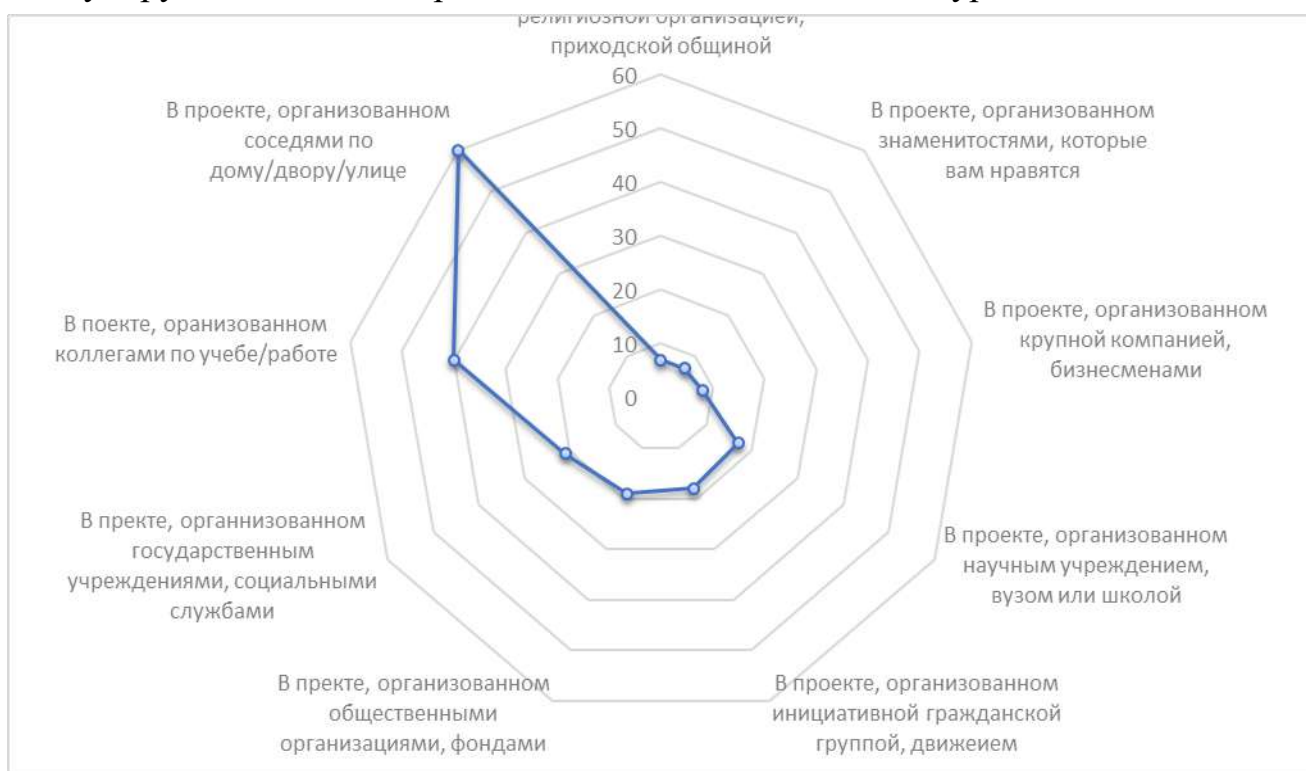


Рис. 3. В каком из перечисленных проектов вы бы скорее приняли участие?  
Опрос «Мнение россиян о реформах» [18]

Эмпирической частью исследования факторов влияния этического аспекта в проектном управлении инновационных инфраструктур высшего образования, являются агрегированные результаты анонимного интернет анкетирования (общий объем выборки – 1390 респондентов – студентов 3,4 курсов бакалавриата 19 опорных ВУЗов ПАО «ФСК ЕЭС» – участников «Проекта 5-100») при содействии Благотворительного Фонда «Надежная смена», в рамках выполнения Госзаказа Лабораторией ИПЭИ РАНХиГС, 2020 г. При формировании практикообразовательного формата опросного бланка учтен ряд замечаний и пожеланий специалистов БФ. Померив вопросами опроса, соответственно, степень принятия правил морально правового управления вопросами: Четыре варианта



ответа – два (да/нет), два промежуточных. С последующим сопоставлением с показателями Мониторинга ВУЗов, ГИВЦ МИРЭА, «Информационная система анализа деятельности образовательных организаций в сфере высшего и среднего профессионального образования» 2018г. (Рис.4) [19]:

3.2 Удельный вес численности иностранных студентов из СНГ, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры, в общей численности студентов (приведенный контингент);

3.11. Удельный вес численности иностранных граждан из стран СНГ из числа аспирантов (адъюнктов), ординаторов, ассистентов-стажеров образовательной организации в общей численности данного круга специалистов;

2.8. Удельный вес доходов от НИОКР в общих доходах образовательной организации.

Фактор индивидуальности предпочтений не заинтересовал вследствие контекста совокупности мер наращивания бриджингового капитала и научного базиса в рассмотрении межгрупповых поведенческих моделей с присутствием большой степени вероятности проявления бондингового капитала. Возможно, этническое разнообразие влияет на индивидуальные стратегии людей и тем самым, влияет на их результаты. А вот изучение общности волонтерских групп, с научным интересом к развитию волонтерских программ и необходимой соответствующей инфраструктуры, как мере по наращиванию бриджингового капитала, который отражает наличие связей между «непохожими друг на друга» людьми в распространении норм честности, доверия и, соответственно, кооперации на всех людей, в том числе не входящих в постоянный круг общения, обладает большим потенциалом актуальности на фоне растущей регионализации.

Достижение показателя 2-го этапа Концепции (2025-2030годы) в создании дополнительно не менее 39 тыс. высокопроизводительных рабочих мест по всей технологической цепочке производства электрохимии, электромеханики, электроники и производства электротранспортных средств, соответственно ответственных исполнителей Минобрнауки России и Минпросвещения России региональных и трансграничных программ системы высшего образования, которая является основой формирования человеческого капитала, рассмотрим комплекс основных мероприятий индикатора «2.3.4. Развитие системы высшего образования» №5, 6 Единого плана [17] – инструментов решения задач Указа Президента Российской Федерации от 21.07.2020г. №474 «О национальных целях развития России до 2030 года»: Федеральный проект «Исследовательское

лидерство»); Федеральный проект «Кадры» и индикатора 5.4.4. пункта №7 Единого плана [17]. «Обеспечение потребности рынка труда в специалистах в сфере информационных технологий и информационной безопасности, а также в специалистах, владеющих цифровыми компетенциями, прошедших обучение по соответствующим программам высшего и среднего профессионального образования».

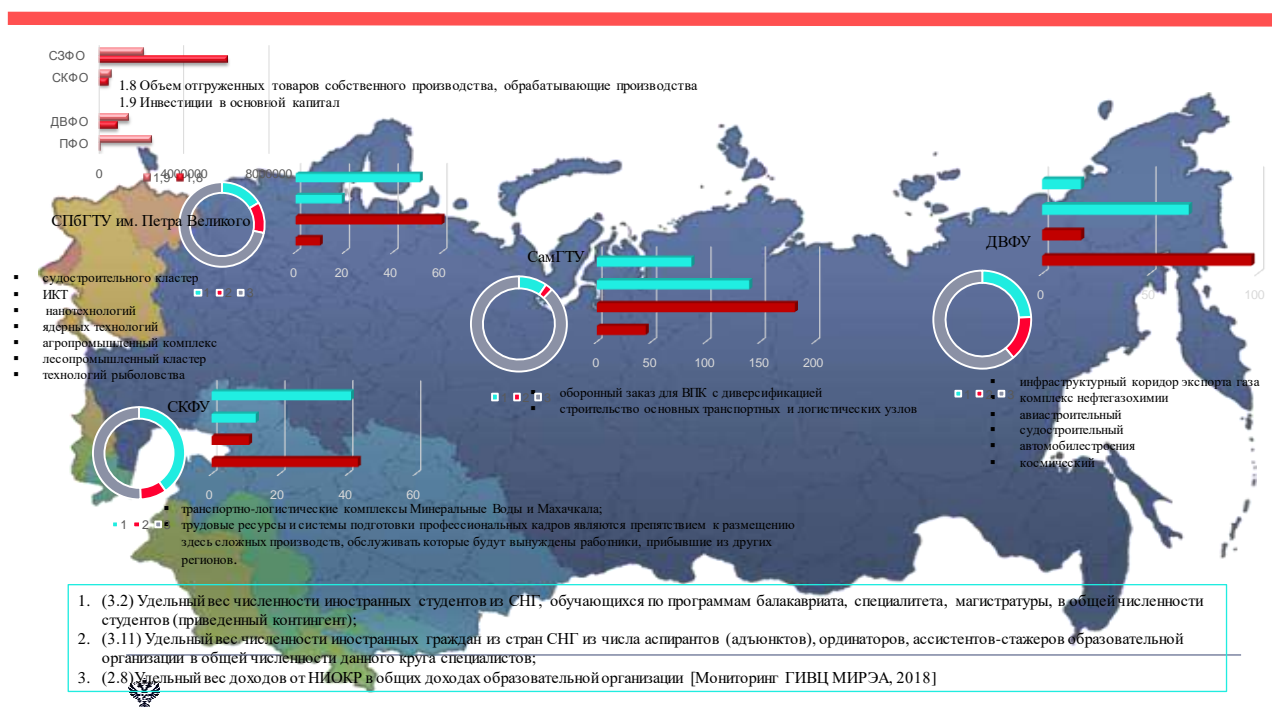


Рис. 4. Мониторинг ГИВЦ МИРЭА [19], 2018, Опрос Шахова, 2020

У ДВФУ удельный вес доходов от НИОКР в общих доходах образовательной организации вполне значительный, и многонациональная структура проектных программ очевидна, которая в том числе, предполагает большее разнообразие навыков участников производства, что приводит к росту общего объема производства. Но определить динамику наращивания бриджингового капитала затруднительно, так как респонденты видят эффективность управления корыстными целями участника группы скорее правовыми институтами, нежели моральными.

У СамГТУ удельный вес доходов от НИОКР в общих доходах образовательной организации наивысший по выборке, однако наименьший по показателям 3.2, 3.11. насколько это обстоятельство критично относительно долгосрочных программ диверсификации Оборонно-промышленного комплекса

или структурных реформ обеспечения эффективного перераспределения, занятых как в рамках регионов, так и между региональными рынками труда («Доклад Глобальной комиссии МОТ «Работать ради лучшего будущего», 2019) Соответствие состава команд условиям пункта 67 подраздела Приоритетная область 2: Этичное управление и руководство раздела IV [19]. Области, требующие принятия стратегических мер и модели наращивания бриджингового капитала, где социокультурное разнообразие через разнообразие предпочтений предполагает большее разнообразие навыков участников производства, что приводит к росту общего объема производства. Социокультурная разнообразная специфика населения региона Союза независимых государств пополняет диверсификацию, технологически необходимую функции полезности компетенций специалистов ИАС (стратегическая цель экспериментальных правовых режимов определяется вспомогательными полезностями программистов).

У СПбГТУ все отлично относительно баланса состава проектных групп, удельного веса доходов от НИОКР, отношения к внутргрупповым правилам управления, и движению волонтеров, а значит, надежного наращивания бриджингового капитала - ключевой концепцией морального мышления Лоуренс Кольберга и Жане Пиаже [26] как познавательной деятельности, оценочно выбора их кластера привязанности, ориентированной на группу, состоящей из лояльности, авторитета и святости): забота, защита других; справедливость или соразмерность (определение правосудия в соответствии с общими правилами); в контексте первого принципа Концепции [14].

У СКФУ относительно удельного веса численности иностранных граждан из стран Союза независимых государств из числа аспирантов (адъюнктов), ординаторов, ассистентов-стажеров образовательной организации в общей численности данного круга специалистов, ситуация схожая в ДВФУ, однако удельный вес студентов из стран Союза независимых государств заметно выше, чем у ДВФУ, и удельный вес доходов от НИОКР ниже, вероятно это связано с отраслевой особенностью региона, как и при принятии решения. Но определить динамику наращивания бриджингового капитала затруднительно, т. к. респонденты видят эффективность влияния на проявление своекорыстия у участника группы скорее моральными, неформально – правовыми институтами управления. Мера по наращиванию бриджингового капитала на микроуровне, это прежде всего семья с институтом формирования основных социальных и поведенческих навыков, врожденных модульных основ, тем самым

предполагавшая превосходство субъективного эмоционального процесса над рациональным в моральных рассуждениях [26]. Картина смазана показателями доверия людям из ближнего круга в Дагестане (стремительно разрушена аграрная отрасль Республики). Рис. 2. И полностью отсутствует культура волонтерского движения [18].

«Цифровизация и научно-технологическое развитие» в качестве драйверов экономического роста и реализации национальных целей Указа Президента Российской Федерации от 21.07.2020г. №474 «О национальных целях развития России до 2030 года» с долгосрочным горизонтом планирования в рамках достижения показателей «Проекта Единого плана по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года» [17] на Федеральном уровне развития будет происходить в условиях серьезных структурных изменений мировой и российской экономик, вызванных изменениями потребительских предпочтений, а также новым балансом между глобализацией и регионализацией экономических процессов.

Выявлена организационная структура Единого плана в обозначении Национальной цели «5. Цифровая трансформация» [17] связующим звеном декомпозиции национальных целей развития Российской Федерации как комплекса мероприятий решения основополагающей задачи с горизонтом планирования на предстоящие 10 лет - реализации мероприятий по повышению рождаемости, снижению смертности и обеспечению качественного миграционного прироста. с приоритетом факторов достижения показателей Национальных целей «1. Сохранение населения, здоровье и благополучие людей» и «2. Возможности для самореализации и развития талантов» развития на федеральном уровне.

В рассмотрении пунктов Первого проекта рекомендаций [22] об этических аспектах искусственного интеллекта ООН по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) в части требований к разработке и внедрению механизмов оценки воздействия, учитывающих особенности сферы применения – области повышенной степени риска: правоохранительная деятельность, безопасность, образование, набор персонала и здравоохранение, цели использования и регулирования большими данными пунтами ст. 10 Федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «О персональных данных» [5] – риски нарушения требований безопасности и прав человека, соотносительно с целевой аудиторией – заказчиком информации и целеполаганием (№5) – повышение уровня безопасности транспортной системы. Указанная цель Стратегии [9] обеспечивает

достижение национальных целей развития по ускоренному внедрению количества организаций, осуществляющих технологические инновации, путем решения ключевых задач.

Соглашение (из Преамбулы) [22] с возможностью существенного влияния нравственных принципов и ценностей на выработку и осуществление мер политики и норм правозащитного характера и выступать в качестве ориентиров в тех случаях, когда сфера действия таких норм недостаточно ясна или, когда такие нормы еще не были приняты вследствие высоких темпов технологического развития, относительно сервисных услуг, требующих этического регулирования законодательными инструментами, указанными в качестве результатов № 1.1,1.2, 1.18, 1.19 федерального проекта «Нормативное регулирование цифровой среды», опираясь на учебную и методическую литературу МГЮА им. О.Е. Кутафина и ЦПУР обоснована актуальность сравнительного подхода в раскрытии исследования факторов влияния этического аспекта в проектном управлении инновационных инфраструктур высшего образования, применительно государственных мер обеспечения социальной защиты, охватывающей все этапы жизненного цикла человека и предполагающей сочетание бюджетного финансирования и страховых принципов в реализации программ Высшего и Дополнительного образования – исследовательской деятельности, повышения уровня компетенций и инновационного предпринимательства в реализации трансграничных проектов с единой технологической стандартизацией, совокупной с морально – нравственным регулированием, и стратегией избегания слишком узких перспектив, обоснованной динамикой цифрового технологического развития.

### **Список используемых источников**

1. Модель этического регулирования шеринговой экономики в аспекте международных отношений Российской Федерации. Universe of University: Сборник материалов Международной научной интернет – конференции / отв. Ред. Т.Е. Зерчанинова, М.Б. Ворошилова. Екатеринбург: РАНХиГС, 202. С.330

2. Интеллектуальные методы анализа рисков. Черешкин Д.С., Ройзензон Г.В., Бритков В.Б. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-metody-analiza-riskov/viewer> (дата обращения 20.06.2020 г.)

3. Michael Luca, Jon Michael Kleinberg, Sendhil Mullainathan Искусственный интеллект, аналитика и новые технологии //Альпина Паблишер. 2021г. С. 12-18;
4. A Precautionary Approach to Artificial Intelligence, Maciel Kuziemski. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.project-syndicate.org/commentary/precautionary-principle-for-artificial-intelligence-by-maciej-kuziemski-2018-05?barrier=accesspaylog> (дата обращения 14.10.2019 г.)
5. О проведении эксперимента в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте Российской Федерации – городе Федерального значения Москвы и внесении изменений в статьи 6 и 10 Федерального закона «О персональных данных: федеральный закон от 24.04.2020№123 - ФЗ». [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_351127/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_351127/) (дата обращения 02.08.2020 г.)
6. О внесении изменений в Федеральный закон «О персональных данных»: Федеральный закон от 30.12.2020г. №519-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012300044> (дата обращения 02.02.2021 г.)
7. Перечень технологий, применяемых в рамках экспериментальных правовых режимов в сфере цифровых инноваций. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 октября 2020г. №1750 [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/o8LH12RcKX2aDbzOOyGYp78LPATZqQu7.pdf> (дата обращения 05.11.2020 г.)
8. Соглашение об информационном взаимодействии государств - участников Содружества Независимых Государств в области цифрового развития общества. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 октября 2020 г. № 2846-р [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/4Ont2pXmCmq0ltc4kqI0IRGJ3IugCby2.pdf> (дата обращения 07.11.2020 г.)
9. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf> (дата обращения 10.12.2021 г.)

10. Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23.08.2021 г. № 2290-р. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf> (дата обращения 15.11.2021 г.)

11. План мероприятий по реализации в 2020 - 2022 годах «Концепции государственной миграционной политики Российской Федерации на 2019 - 2025 годы» Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2019 г. N 265-р. С учётом решения оперативного совещания Совета Безопасности Российской Федерации от 02.10.2019 (Протокол от 12.10.2019 №Пр-2092). [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/552455476> (дата обращения 11.06.2019 г.)

12. Концепция развития добровольчества (волонтерства) в Российской Федерации до 2025 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2018 г. № 2950-р [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/e6LFLgABRP4MyQ8mW7HCICGR8esYBYgq.pdf> (дата обращения 15.12.2019 г.)

13. План мероприятий («дорожная карта») реализации механизма управления системными изменениями нормативно-правового регулирования предпринимательской деятельности «Трансформация делового климата» «Новые виды предпринимательской деятельности, основанные на внедрении передовых технологий». Распоряжение Правительства Российской Федерации от 5 ноября 2020 г. № 2871-р (В редакции Распоряжения Правительства Российской Федерации от 17.06.2021 № 1635-р) [Электронный ресурс]: <http://government.ru/docs/all/130735/> (дата обращения 15.09.2021 г.)

14. Концепция развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации 19 августа 2020 года. [Электронный ресурс]: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_360681/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_360681/) (дата обращения 15.09.2020 г.)

15. Рекомендации. Утверждены на заседании Комитета Совета Федерации по экономической политике 25 июля 2019 года парламентских слушаний «О ходе решения экономических задач, определенных Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических

задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (Протокол № 184). [Электронный ресурс]. URL: <http://economy.council.gov.ru/activity/activities/parliamentary/106509/> (дата обращения 20.09.2020 г.)

16. Московская декларация, XXIII Конгресс ИНТОСАИ в Москве 2019г., [Электронный ресурс]. URL: [https://ach.gov/upload/medialibrary/news/Московская\\_декларация.pdf](https://ach.gov/upload/medialibrary/news/Московская_декларация.pdf) (дата обращения 20.02.2020 г.)

17. Проект Единого плана по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года, 12.10.2020 г. [Электронный ресурс]. URL: [https://project.orb.ru/wp-content/uploads/2020/09/Единый\\_план-проект-на-20.08.pdf](https://project.orb.ru/wp-content/uploads/2020/09/Единый_план-проект-на-20.08.pdf) (дата обращения 13.03.2021 г.)

18. Исследование «Социокультурные факторы инновационного развития и успешной имплементации реформ», Центр стратегических разработок, Институты и общество, 2017г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.csr.ru/uploads/2017/10/report-sf-2017-10-12.pdf> (дата обращения 30.04.2020 г.)

19. Мониторинг ГИВЦ МИРЭА, 2018. [Электронный ресурс]. URL: [https://monitoring.miccedu.ru/iam/2019/\\_vpo/inst.php?id=134](https://monitoring.miccedu.ru/iam/2019/_vpo/inst.php?id=134) (дата обращения 18.09.2020 г.)

20. Education at a Glance 2013 OECD indicators [Электронный ресурс]. URL: [https://www.oecd.org/education/eag2013%20\(eng\)--INAL%2020%20June%202013.pdf](https://www.oecd.org/education/eag2013%20(eng)--INAL%2020%20June%202013.pdf) (дата обращения 26.08.2019 г.)

21. Годовой отчет 2019 Европейской Ассоциации ремесел, малых и средних предприятий. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.smeunited.eu/publications/annual-report-2019> (дата обращения 03.03.2020 г.)

22. Первый проект рекомендаций об этических аспектах искусственного интеллекта, ООН по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО), 07.09.2020г. [Электронный ресурс]. URL: <https://ifap.ru/pr/2020/n201116a.pdf> (дата обращения 20.10.2020 г.)

23. Принципы доверия и прозрачности IBM. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibm.com/blogs/policy/trust-principles/> (дата обращения 20.04.2019 г.)



24. Исследование Guido Enrico Tabellini, 2008г. [Электронный ресурс]. URL: [https://lectorium.nes.ru/lectures/Алесина/Presentation.%20АТТ\\_moscow.pdf](https://lectorium.nes.ru/lectures/Алесина/Presentation.%20АТТ_moscow.pdf) (дата обращения 30.10.2020 г.)

25. Проект перечня принципов объяснимого искусственного интеллекта. Four Principles of Explainable Artificial Intelligence, 2020. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.nist.gov/system/files/documents/2020/08/17/NIST%20Explainable%20AI%20Draft%20NISTIR8312%20%281%29.pdf> (дата обращения 30.07.2021 г.)

26. Теория моральное рассуждения. Jean Piaget, Lawrence Kohlberg. [Электронный ресурс]. URL: [https://360wiki.ru/wiki/Moral\\_reasoning](https://360wiki.ru/wiki/Moral_reasoning) (дата обращения 30.12.2020 г.)

## МОДЕРНИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАТРОННОЙ УДАРНОЙ МАШИНЫ LANSMONT M95/115

*Штрекер Д.С. – аспирант, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»*

*Чамара Н.Д. – студент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»*

### Аннотация

В статье приведено исследование мехатронной ударной машины Lansmont M95/115. Предложен способ модернизации исследуемой машины до машины многократного действия, что позволяет моделировать ударные нагрузки, возникающие в процессе перемещения различных объектов при помощи наземного и воздушного транспорта. Представлены принцип действия модернизированной ударной машины и её 3D-модель. Проведено компьютерное моделирование ударного процесса.

Многие приборы и механизмы узлов оборудования, транспортируемых при помощи самолётов, поездов и грузовых автомобилей выходят из строя вследствие воздействия перегрузок, вибраций, низких температур и других эксплуатационных факторов [1]. Данные негативные воздействия недопустимы для нормальной работы транспорта, поэтому необходимо проводить испытания, подтверждающие их работоспособность [2]. Реальные испытания часто связаны с большими затратами времени и материальных ресурсов, особенно для объектов, которые работают в экстремальных условиях. Поэтому широко используются испытания в искусственно созданных (стендовых, лабораторных) условиях, которые позволяют максимально приблизить условия функционирования к реальным эксплуатационным [3].

Одним из видов испытаний являются испытания на воздействие ударных нагрузок. Они проводятся на специальных автоматизированных установках – мехатронных ударных машинах. Главное назначение ударных машин заключается в создании требуемых (задаваемых) ударных воздействий, определяемых ударным импульсом ускорений. Основными характеристиками ударных стендов являются форма, длительность и пиковое значение ударных импульсов. Рынок отечественного ударного оборудования к началу 2022 г. оказался довольно ограничен: из известной и доступной техники можно отметить лишь копры К–200 [4] и электромеханические стенды многократных ударов серии ВСТС–450/1000, ВСТС–750/1000 [5], которые не соответствуют современным требованиям к

технологии испытаний на ударное воздействие, так как устарели морально и имеют недостаточную функциональность. С другой стороны, запросы промышленности сделали разработку и создание современного ударного оборудования чрезвычайно актуальными. Одной из возможностей удовлетворения подобных запросов является исследование ударных машин ведущих мировых производителей с их последующей модернизацией для удовлетворения российских стандартов.

Объектом исследования в предлагаемой статье является машина одиночных ударов Lansmont M95/115 (рисунок 1). При одиночных ударах время цикла согласно экспериментальным данным [6] превышает 20 с.



Рис. 1. Ударная машина Lansmont M95/115

Согласно ГОСТ [7] такая частота не допустима для воспроизведения многократных ударов, они, как правило, должны выполняться не реже 80 ударов в минуту. Для получения требуемой частоты и фактически для превращения машины в универсальную, позволяющую воспроизводить и одиночные, и многократные удары с требуемой частотой, предлагается провести её модернизацию.

Развитие элементной базы пневмопривода и средств управления сегодня позволяет реализовать на таком приводе и различные величины перемещения в

пределах общего хода штока пневмоцилиндра. Для этого используются позиционные управляющие устройства. Lansmont M95/115 в своем составе уже имеет пневматику, поэтому при модернизации использовался именно пневмопривод. Переход от одиночных ударов к многократным требует отсоединение от цепных приводов и присоединение пневмоцилиндров многократных ударов. При переходе от многократных ударов к одиночным требуется выполнение обратной операции: отсоединения пневмоприводов многократных ударов и присоединения цепных механизмов.

Принцип работы модернизированной версии ударной машины поясняется схемой на рисунке 2.

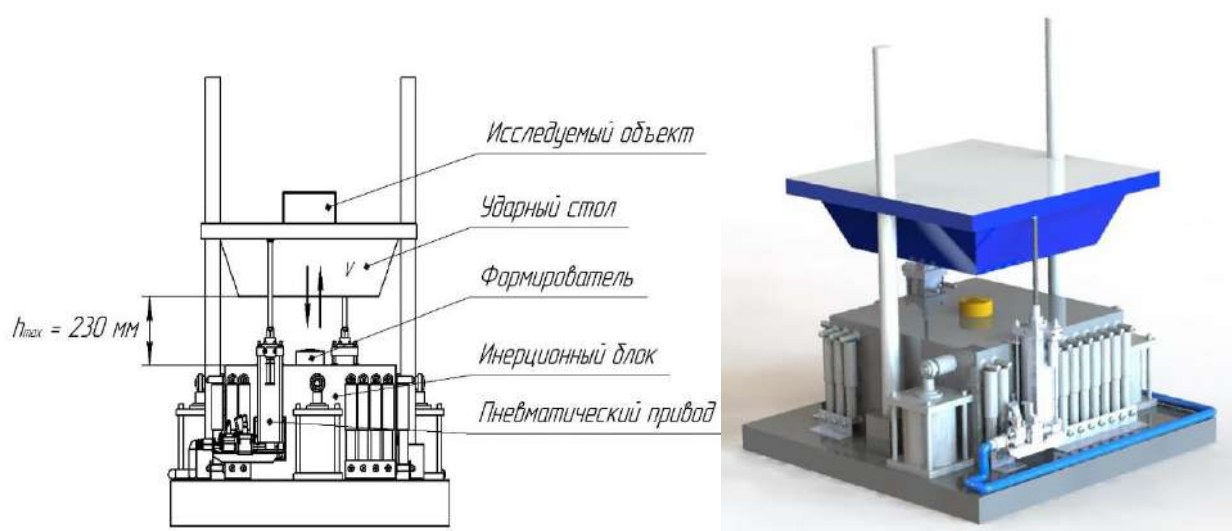


Рис. 2. Схема модернизированной машины Lansmont и его 3D-модель

Вертикальное перемещение стола осуществляется с помощью двух специальных пневмоприводов. Необходимое для этого усилие создается за счет подачи сжатого воздуха в поршневые полости цилиндров. Регулирование высоты поднятия стола осуществляется изменением настроек пневмопривода: давлением сжатого воздуха и длительностью его подачи. После подъема стол падает, и при ударе о формирователь генерируется ударный импульс. При работе машины в многоударном режиме процесс испытаний представляет собой повторяющийся требуемое число раз цикл. Поднятие и сброс ударного стола осуществляется при помощи пневмоцилиндров. При сбросе стол взаимодействует с формирователем, установленным на инерционном блоке. Для виброизоляции ударной машины используется пневматический подвес, реализованный на трех баллонных пневматических цилиндрах. У инерционного блока нет собственных направляющих устройств, поэтому вертикальное перемещение блока при ударе

задают направляющие штоков пневматических цилиндров. Для гашения кинетической энергии ударного стола используется блок пневмогидравлических амортизаторов.

Максимальная высота сброса стола в режиме многократных ударов составляет 230 мм (от верхней поверхности инерционного блока до поверхности ударного стола). Наибольшая масса испытываемого изделия, составляет 400 кг с учетом технологической оснастки.

Одним из способов выбора настроек для воспроизведения требуемых импульсов ускорений на ударной машине, наряду с экспериментальными исследованиями, является математическое и компьютерное моделирование работы ударной машины.

Математическая модель, которая используется для определения параметров воспроизводимого ударного импульса, представлена в [8, 9, 10]. Схема сил, действующих на ударный стол и инерционный блок, представлена на рисунке 3.

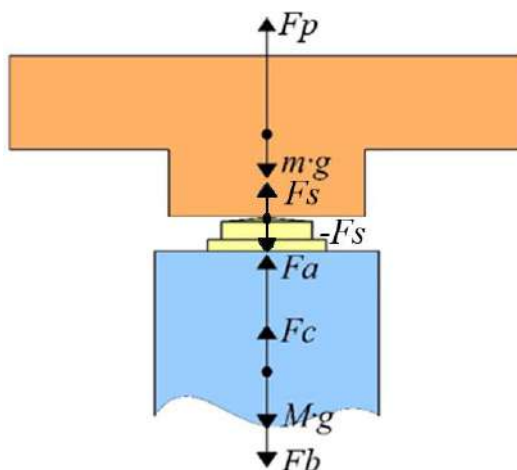


Рис.3. Схема сил на этапе разгона ударного стола

На ударный стол действуют сила тяжести  $mg$ , сила  $F_s$  упругости формователя, сила  $F_r$  сопротивления движению, обусловленная трением в направляющих, подъемная сила  $F_p$  от приводного пневмоцилиндра. На инерционный блок действуют сила тяжести  $Mg$ , реакция  $F_b$  со стороны приводного пневмоцилиндра, сила  $F_a$  сопротивления амортизаторов, сила  $F_c$  упругости баллонных пневмоцилиндров подвески, а также сила  $F_s$  упругости формователя. На основании расчетной схемы получаем [8, 9]:

$$\begin{cases} F_1 = -mg + F_p - F_r + F_s \\ F_2 = -Mg - F_b + F_c + F_a - F_s \end{cases} \quad (1)$$

Система уравнений (1) описывает динамику движения ударного стола и инерционного блока на всех этапах цикла удара, но силы, которые на них действуют, изменяются и не только численно, но и функционально. Например, сила упругости формователя действует только непосредственно при ударе и отсутствует в другое время, сила трения в направляющих и сила сопротивления амортизаторов меняют направление при изменении направления движения.

Имея математическую модель и выражения (или оценки) всех входящих в нее функций и параметров, можно исследовать динамику ударной машины, в частности определить параметры воспроизводимого ударного импульса и обеспечить его требуемого значения. Компьютерная модель в системе *MATLAB Simulink* численного интегрирования системы уравнений представлена в работе [10]. На рисунках 4, 5 представлены ускорения стола и инерционного блока, соответствующие моделированию удара при сборе стола массой 400 кг с высоты 50 мм на формователь высотой  $L = 25$  мм. Функциональная зависимость силы упругости формователя от его деформации представлена ниже (2):

$$F(x) = -1,5 \cdot 10^{12} \cdot x^3 - 10^3 \cdot x^2 - 1,5 \cdot 10^5 \cdot x + 200 \quad (2)$$

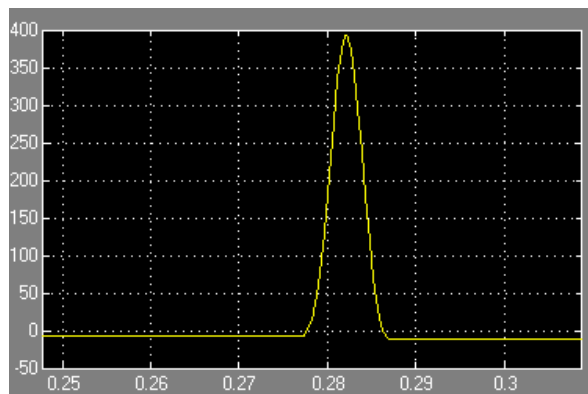
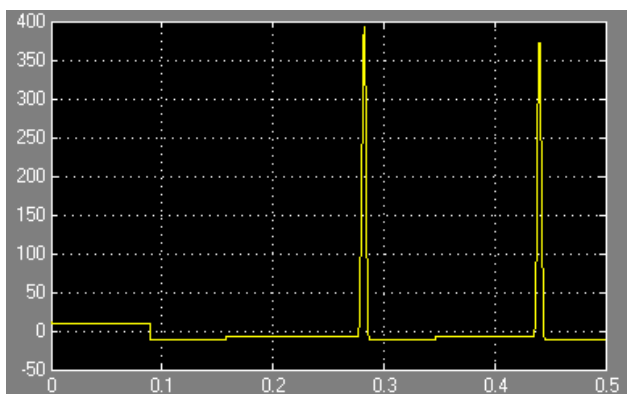


Рис. 4. Ускорение стола

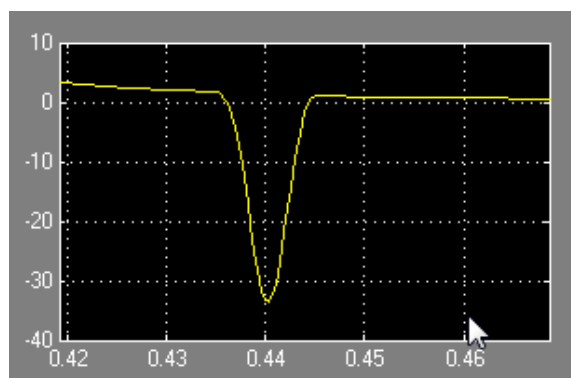
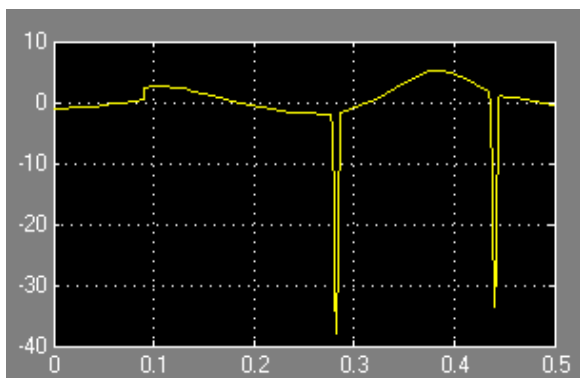


Рис.5. Ускорение инерционного блока

Проведение моделирования позволяет убедиться в возможности проведения испытаний на многократный удар на модернизированной ударной машине с требуемой частотой. Исследование и модернизация ударных машин ведущих мировых производителей позволяет не только проводить лабораторные исследования, но и развивать отечественное производство испытательного оборудования для многих сфер отечественной промышленности.

#### **Список используемых источников**

1. Штрекер Д.С., Калымбеков Ш., Ларичкин Д.А., Петров Д.А. Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения. сборник трудов V Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов. Челябинск, 2021. С. 129-134.
2. Штрекер Д.С., Логинова Д.В., Волков В.А., Барский И.В. Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения. сборник трудов V Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов. Челябинск, 2021. С. 122-128.
3. Попов А.Н. Испытательные машины / А.Н. Попов, М.Н. Полищук, А.Н. Тимофеев. – Екатеринбург, Уральский рабочий, 2017. 217 с.
4. Орлов С.А., Копытов В.И., Мацыгорин А.И. Использование стендов типа К200 при ударных испытаниях бортовой аппаратуры космических аппаратов / Решетниковские чтения. 2018. Т. 1. С. 340-341.
5. S.A. Orlov, K.A. Matveev, G.I. Rastorguev. Rationing and shock testing on-board equipment of spacecrafts, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 894 (2017) 012131.
6. Попов А.Н., Полищук М.Н., Пуленец Н.Е., Васильев А.К. Экспериментальные исследования ударной машины LANSMONT / Современное машиностроение. Наука и образование. 2019. № 8. С. 527-538.
7. ГОСТ Р 51371-99. Методы испытания на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие ударов. Москва, Госстандарт, 2000. 28 с.
8. Полищук М.Н., Попов А.Н., Решетов Д.В. Математическая модель ударного стенда / Современное машиностроение. Наука и образование. 2021. № 10. С. 404-418.

9. Попов А.Н., Полищук М.Н., Пуленец Н.Е. Моделирование импульса при ударных испытаниях / Современное машиностроение. Наука и образование. 2019. № 8. С. 513-526.

10. Попов А.Н., Полищук М.Н., Васильев А.К., Решетов Д.В. Моделирование пневматической подвески ударной машины / Современное машиностроение. Наука и образование. 2020. № 9. С. 359-372.



## ПРОБЛЕМЫ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*Шубин Д.М. – студент, ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова»*

*Чабанова Е.В. – к.п.н., доцент, ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова»*

### Аннотация

В статье рассматриваются проблемы пассажирских перевозок в Российской Федерации, осуществляемые основными видами транспорта. Авторы уделяют внимание основным видам транспорта, осуществляющим пассажирские перевозки, также ставят задачу определения проблем пассажирских перевозок, осуществляемых железнодорожным, автомобильным, водным и воздушным видами транспорта. Изучают способы решения указанных проблем.

Целью данного исследования является выявление проблем пассажирских перевозок на различных видах транспорта, осуществляющих подобные перевозки. В соответствии с поставленной целью, определены задачи:

– рассмотреть основные виды транспорта, осуществляющие пассажирские перевозки, по дальности следования, по пригородному, местному и прямому сообщению; по назначению (условиям пользования); по количеству перевезенных пассажиров;

– определить основные проблемы пассажирских перевозок, осуществляемых такими видами транспорта как железнодорожный, автомобильный, водный и воздушный;

– изучить основные возможные способы решения проблем пассажирских перевозок.

Исследуемая проблема актуальна, т. к. невозможно представить жизнь человека без перемещения на ближние и дальние расстояния. В связи с этим людям приходится пользоваться транспортом.

Дадим краткое описание осуществления перевозок пассажиров на основных видах транспорта:

– железнодорожный транспорт – перевозки дальнего следования, местные, пригородные;

– автомобильный транспорт – перевозки междугородные, пригородные, внутригородские;

– водный транспорт – перевозки туристские, экскурсионно-прогулочные;

– воздушный транспорт – перевозки международные, внутренние и местные [4].

По назначению (условиям пользования) пассажирский транспорт подразделяют:

– общего пользования (обслуживание населения);

– необщего пользования (обслуживание коммерческих и некоммерческих организаций – внутрипроизводственный; индивидуальный) [4].

С целью осуществления перемещения, необходимо произвести выбор вида транспорта. Выбор должен согласовываться с целью и дальностью поездки, обстоятельствами ее совершения, а также исходя из особенностей каждого вида транспорта. Предназначением пассажирского транспорта является перемещение людей из одного пункта в другой, где целью пассажиров является как простая доставка до места назначения, так и туризм.

Правительство Российской Федерации разработало нормативные акты, с целью оказания влияния на повышение туристического потока на территории Российской Федерации. В положениях «Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года» отмечены необходимость роста конкурентоспособности и раскрытия потенциала туристического продукта, в том числе повышение уровня качества магистральной инфраструктуры, развитие транспортной доступности.

На сентябрь 2021 г. по объемам перевозок пассажиров (рис.), автомобильный транспорт занимает 1 место, далее следует железнодорожный, воздушный и замыкает внутренний водный транспорт.

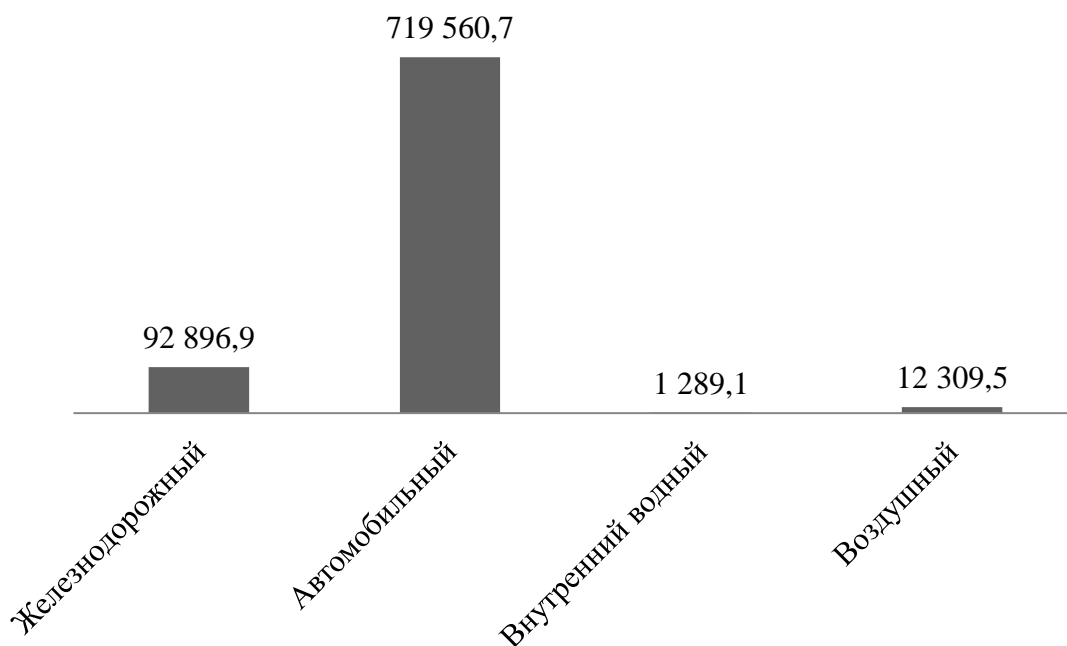


Рис. 1. Перевозка пассажиров по видам транспорта в Российской Федерации на сентябрь 2021 г., тыс. человек [9]

Описав способы осуществления пассажирских перевозок по основным видам транспорта, перечислим наиболее важные проблемы, которые к ним относятся: состояние подвижного состава, безопасность пассажиров при перевозках, состояние путей сообщения, качество обслуживания и т. д.

Дадим описание основных проблем пассажирских перевозок по видам транспорта [4].

1. Одной из основных проблем считается износ подвижного состава, что происходит в связи с несвоевременным обновлением пассажирского транспорта. Вследствие чего снижается техническая надежность транспортного средства. Таким образом, из-за износа деталей, их низкого качества при замене, а также часто невысокого уровня технического обслуживания, в основном и случаются аварии на пассажирском транспорте.

2. В связи с вышеуказанным, страдает надежность транспортных средств, следовательно, и безопасность пассажиров и пассажирских перевозок. При повышенной транспортной подвижности населения, а также при уменьшении количества рейсов на маршрутах следования, происходит рост наполняемости пассажиров в транспортном средстве, что не соответствует необходимым условиям соблюдения безопасности при перевозке.

3. Не менее актуальной проблемой является неудовлетворительное состояние путей сообщения [1].

Так, на автомобильном транспорте проблемой является низкая плотность автомобильных дорог в Российской Федерации и их качество. Также выбоины, трещины, ямы и другие факторы на дорогах становятся причиной непредвиденных аварийных ситуаций [3].

Проблемы путей сообщения внутреннего водного транспорта заключаются в том, что для обеспечения судоходного пути необходимо поддерживать приемлемые глубины, а значит проводить дноуглубительные работы. В том числе необходима определенная инфраструктура для подхода судов к берегу. Что, в том числе, указано в федеральной программе «Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года» [5, 7].

Железнодорожные пути имеют высокую грузонапряженность в связи с их низкой плотностью по всей территории Российской Федерации, из-за чего их состояние является неудовлетворительным, а замена, реконструкция или строительство является очень затратными. Однако не только строительство новых путей сообщения, но и поддержание существующих в удовлетворительном состоянии, является важным [2, 8].

4. Также для каждого пассажира имеет большое значение качество обслуживания, чтобы тот или иной пассажирский, в том числе и общественный транспорт имел такие качества как: комфортность, чистота, современные средства информирования пассажиров, наличие wi-fi в общественном транспорте, низкий уровень шума в транспортном средстве, комфортный температурный режим, соблюдение норм вместимости, адекватный и приветливый персонал. Особенно важны санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению безопасности пассажиров в период пандемии Covid-19.

Решение проблем пассажирских перевозок возможны, в первую очередь, благодаря повышению качества обслуживания, состояния подвижного состава и путей сообщения, а также перераспределению транспортных потоков и разработки дополнительных схем движения транспорта.

Особенно необходимо финансирование транспортной сферы. Так как в основном именно из-за низкого финансирования состояние путей сообщения и подвижного состава падает. Необходимо целевое финансирование всей сферы, когда средства идут непосредственно на развитие, содержание, ремонт и строительство транспортных инфраструктуры, средств и путей. Это позволит

значительно повысить качество предоставляемых услуг. Также необходимо принять передовые технологии, использовать современные и качественные материалы при организации и проведении на транспорте обслуживающих работ [6].

Таким образом, в работе были рассмотрены основные виды транспорта, осуществляющие пассажирские перевозки, подразделяющиеся по дальности следования, по пригородному, местному и прямому сообщению; по назначению (условиям пользования); по количеству перевезенных пассажиров. Определены основные проблемы пассажирских перевозок железнодорожного, автомобильного, водного и воздушного видов транспорта. Изучены основные возможные способы решения проблем пассажирских перевозок.

Подтверждается, что исследуемая проблема актуальна, поскольку жизнь современного человека невозможно представить без перемещения на ближние и дальние расстояния. Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что проблем, связанных с пассажирскими перевозками, очень много. Поэтому необходимо ставить новые задачи, которые позволят достичь цели по решению той или иной проблемы пассажирских перевозок на всех видах транспорта.

#### **Список используемых источников**

1. Анализ проблем пассажирских перевозок в России на автомобильном транспорте [Электронный ресурс]. URL: [https://revolution.allbest.ru/transport/00630868\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/transport/00630868_0.html) (дата обращения: 01.12.2021 г.).
2. Бортневская М.А., Северов Д.А., Чабанова Е.В., Скорюпина Л.С. Анализ состояния инфраструктуры железнодорожного транспорта // Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки: Материалы V Всероссийской конференции (с международным участием). Москва, Российский университет транспорта. М.: Издательство «Перо», 2020. С.9-12
3. Захаров Г.И., Цветков В.А., Скорюпина Л.С., Чабанова Е.В. Интеллектуальные системы на автомобильном транспорте // Всероссийской научно-практической конференции «Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения» (г. Красноярск, 23 октября 2020 г.) – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2020. С.59-64
4. Исследование основных проблем в сфере пассажирского транспорта и перевозок [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie>

osnovnyh-problem-v-sfere-passazhirskogo-transporta-i-perevozk (дата обращения: 01.12.2021 г.).

5. Новожилов В.В. Проблемы речного транспорта России и некоторые подходы к их решению // Молодой ученый. 2019. № 45 (283). С. 305-306. URL: <https://moluch.ru/archive/283/63840/> (дата обращения: 01.12.2021 г.).

6. Проблемы дорожных покрытий в России и пути их решений [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/06/83579> (дата обращения: 01.12.2021 г.).

7. Проблемы речных портов и пути их решения / М.А. Евдокимова, Е.В. Чабанова // 22-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки'2020». [Текст]: [труды конгресса]. Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т; отв. ред. А. А. Лапшин. Н. Новгород: ННГАСУ, 2020.

8. Современное состояние железнодорожного транспорта в РФ. Ключевые проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. URL: <https://transport-exhibitions.com/Market-Insights/Россия/Современное-состояние-железнодорожного-транспорта> (дата обращения: 01.12.2021 г.).

9. Транспорт [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455> (дата обращения: 01.12.2021 г.).

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЕРВИСОВ МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ КУРЬЕРСКИХ КОМПАНИЙ

*Козлова Е.В. – магистрант, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

*Научный руководитель: Авдеев А.С. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

#### **Аннотация**

Данная статья посвящена сравнительному анализу существующих на рынке информационных технологий программных продуктов для автоматического построения маршрутов движения автомобилей для курьерских компаний.

В современном мире информационные технологии имеют высокие темпы развития, вместе с этим все сферы деятельности стараются активно внедрять различные системы и сервисы для упрощения работы сотрудников компаний и сокращения затрат.

В настоящее время спрос на услуги курьерских компаний постоянно растет. Данный факт объясняется стремительным ростом потребностей населения. Работа курьеров связана с непосредственным знанием города, путей объезда для быстро проезда до места назначения. Не каждый водитель обладает достаточными знаниями города и в случаях непредвиденных ситуаций не сможет легко сориентироваться. Самостоятельное распределение работы между водителями и ручное составление маршрутов не всегда осуществляется рационально, что в свою очередь чаще всего приводит к переработкам и повышенным затратам.

В связи с этим у компаний возникает потребность в составлении оптимального маршрута движения курьерских машин, оптимизации логистики. Оптимальный маршрут должен удовлетворять условию – максимальное количество посещенных объектов за минимальное количество времени.

Целью данного исследования является проведение сравнительного анализа имеющихся на рынке программных продуктов для автоматической маршрутизации движения курьерских автомобилей, выработать рекомендации к применению тех или иных сервисов.

На рынке ИТ-услуг существует целый комплекс программных решений, которые дают возможность курьерским компаниям рассчитывать маршруты движения до объектов назначения. Данные программные продукты решают проблему эффективного планирования маршрутов и графиков движения транспортных средств, позволяют наиболее оптимально распределять нагрузку между всем автотранспортом, имеют возможность отслеживать местонахождение машин, определяют время прибытия до клиента.

Правильно подобранное программное обеспечение для маршрутизации позволит уменьшить денежные и временные затраты на доставку за счет эффективного распределения и планирования и улучшит качество обслуживания клиентов.

Самыми популярными сервисами для маршрутизации являются сервисы сервис маршрутизации 2GIS [1], Relog [2], Махотра [3], Яндекс.Маршрутизация [4].

Сервис маршрутизации 2GIS – онлайн-сервис, решающий две основные задачи: расчет оптимальных маршрутов и контроль их выполнения. Использование данного сервиса позволит снизить затраты на логистику, снизить объем затрат на израсходованные горюче-смазочные материалы, значительно повысить эффективное рабочее время логистов и водителей. Продукт полностью работает в браузере и не требует никаких специальных настроек.

В рабочем месте логиста на карте отображаются маршруты движения всех автомобилей, а также все заказы. При возникновении нового заказа происходит пересчет маршрута. Данные о движении автомобилей изменяются в режиме реального времени. В мобильном приложении для курьеров отображается его маршрут движения и все заказы для выполнения. Для контроля исполнения работы персоналом руководителем реализован набор различных отчетов.

Relog – это система для построения маршрутов движения и автоматизации логистики, которая позволяет сократить затраты в логистике до 55%, позволит повысить уровень сервиса клиентов до 60%, даёт 100% онлайн контроль водителей, в 3-раза снижает время обработки заказа, сокращает время работы диспетчера. Данная система направлена на компании с собственной логистикой.

Система Relog предоставляет несколько видов веб и мобильных приложений для осуществления работы. Рабочее место диспетчера реализовано в виде веб-приложения и позволяет управлять логистикой, отслеживать изменения заказов в режиме реального времени, отслеживать перемещения водителей на карте,



включены функции формирования заказов и планирования маршрутов. Для водителей реализовано мобильное приложение, представляющее собой инструмент для работы с маршрутами и заказами. Через приложение водитель может изменить статус заказа, посмотреть маршрут движения, прикрепить файлы, позвонить клиенту. Для просмотра текущей статистики по деятельности компании для руководителя реализовано мобильное приложение. Модуль аналитики для руководителей вынесен отдельно. Данный веб-сервис позволяет получать глубокую аналитику по показателям, видеть тенденции развития и моделировать исход различных вариантов действий.

Махотра – это онлайн-сервис для управления логистикой и выездным персоналом. Он позволяет автоматически распределять задачи между исполнителями, строить для них оптимальные маршруты движения, контролировать выполнение работ, вносить в них корректировки. Сервис реализован в виде SaaS-сервиса, значит, для работы с системой нужен доступ в Интернет. С помощью программы возможно сократить до 90% времени, затрачиваемого на построение маршрутов логистами вручную.

Рабочее место логиста реализовывает функции планирования, управления заказами, аналитики в виде отчетов. Махотра решает проблему построения оптимальных маршрутов с учетом окон доставки, требований к перевозке груза, вместимости, грузоподъемности и типа транспортного средства, графика работы и отдыха водителей. Программа распределяет работы, чтобы каждый водитель прибывал к клиенту в назначенное время. Мобильное приложение для водителей дает информацию по заказам и маршрутам. При движении приложение работает как навигатор, прокладывая путь. Данный сервис позволяет работать с любого устройства без установки программного обеспечения.

Яндекс.Маршрутизация представляет собой комплекс средств, сервисов и клиентских модулей для решения логистических задач в городской среде. Сервис распределяет заказы по исполнителям и строит для них оптимальные маршруты. Учитывает до 50 параметров планирования, в том числе габариты грузов, время доставки и работу складов. Помогает выполнять заказы вовремя. Для расчетов использует детальный прогноз пробок, основанный на данных миллионов автомобилистов.

Рабочее место логиста обеспечивает доступ к актуальной информации по всем имеющимся заказам, отражает данные по выполнению заказов сотрудниками, их маршруты и время прибытия до следующего клиента. Помимо всего

вышеперечисленного реализован блок аналитики, позволяющий отслеживать качество работы водителей. Мобильное приложение для водителей позволяет составить наиболее оптимальный маршрут движения до клиента с учетом дорожной обстановки, погоды и других факторов. Существует возможность ручной корректировки маршрутов при форс-мажорных ситуациях. Вся информация по заказам отображается в приложении, а также реализована возможность смены статуса по заказам. Клиентский виджет отображает ориентировочное время прибытия курьера до клиента, маршрут его движения.

В табл. 1 представлен сравнительный анализ сервисов-лидеров.

Табл. 1

### Анализ сервисов для маршрутизации

Основные функции	Яндекс.Маршрутизация	Relog	Махотра	Сервис маршрутизации 2GIS
Автоматическое планирование маршрутов движения	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено
Расчет ориентировочного времени прибытия водителя до клиента	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено
Интерактивное отображение местоположения автомобиля на карте	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено
Формирование заказов, интерактивное внесение изменений в них	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено
Аналитика по результатам выполнения работы	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено
Мобильное приложение для водителей	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено
Осуществление связи с клиентом напрямую из приложения	предусмотрено	предусмотрено	не предусмотрено	не предусмотрено
Оперативное внесение изменений в маршрут	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено

Продолжение таблицы 1

Изменение статусов заказов	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено
Мобильное приложение для руководителей	не предусмотрено	предусмотрено	не предусмотрено	не предусмотрено
Рабочее место для логиста	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено
Информирование клиента о доставке	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено	не предусмотрено
Формирование ссылки для отслеживания своих заказов клиентами	предусмотрено	не предусмотрено	не предусмотрено	не предусмотрено
Интеграция со сторонними сервисами и программами	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено	предусмотрено

На основании проведенного сравнительного анализа можно сделать вывод о том, что наиболее функционально наполненными в использовании для компаний являются сервисы Яндекс.Маршрутизация и Relog. Сервис Relog предоставляет мобильное приложение для руководителей, но при этом в нем отсутствует такая функция, как возможность формирования ссылки для отслеживания заказов клиентами, реализованная в сервисе Яндекс.Маршрутизация. Считаю, что данная функция является критически необходимой при данном виде деятельности, так как звонки клиентов для получения информации по заказу являются дополнительной нагрузкой на работников. Реализованный блок аналитики по результатам выполнения работы в сервисе Яндекс.Маршрутизация даст достаточный объем информации об осуществлении деятельности компании руководителю.

Подытоживая вышеизложенное, можно прийти к выводу, что использование сервиса Яндекс.Маршрутизация является наиболее целесообразным и эффективным в данной сфере деятельности. Данный сервис не только включает в себя основные параметры аналогичных систем, но и обладает отличительной возможностью формирования ссылки для клиентов для отслеживания их заказов. Наличие такой функции позволит избежать дополнительной нагрузки на офисных работников по обработке обращений клиентов, связанных с получением информации об их заказе, так как клиент сможет самостоятельно отследить свой заказ.

В ходе проведенного анализа были изучены различные программные продукты для курьерских компаний, были выделены их основные функциональные

возможности, проведен сравнительный анализ и выявлены наиболее подходящие варианты для применения.

Использование данного программного обеспечения в разы облегчает логистику в курьерских компаниях. Эффективность от внедрения данного программного обеспечения будет выражаться в снижении уровня как временных, так и денежных затрат, а также повышении уровня лояльности клиентов к компании.

Таким образом, можно утверждать, что цель настоящего исследования была достигнута.

### **Список используемых источников**

1. 2ГИС Логистика [Электронный ресурс] // 2GISLOGISTICS / 2ГИС. Новосибирск, 2021. URL: <https://logistics.2gis.ru/> (дата обращения: 11.12.2021 г.)
2. Relog – Программа для внутригородской маршрутизации [Электронный ресурс] // Relog Алматы, 2018-2021. URL: <https://getrelog.com/> (дата обращения: 11.12.2021 г.)
3. Махотра: система управления логистикой, программа для логистики транспорта, система управления логистикой, программа для логиста, система логистики предприятия [Электронный ресурс] // Махотра / ООО «НПК «Маджента девелопмент». Самара, 2021. URL: <https://mahotra.ru/> (дата обращения: 11.12.2021 г.)
4. Платформа для автоматизации логистики и оптимизации доставки – Яндекс.Маршрутизация [Электронный ресурс] // Яндекс Маршрутизация / ООО «Яндекс». Москва, 2018-2020. URL: <https://yandex.ru/routing/> (дата обращения: 11.12.2021 г.)

# ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЕЙ

*Коротких М.И. – магистрант, ФГБУВО БГИТУ*

## Аннотация

В статье рассматриваются современные программные средства, которые применяются на машиностроительном предприятии при проектировании автомобилей, выполнен их сравнительный анализ. Рекомендуется при выборе программных средств необходимо проанализировать их совместимость.

Транспорт окружает нас повсюду, ежедневно транспортные машины перевозят для нас грузы, перевозят нас самих, обеспечивают строительство жилых и инфраструктурных объектов вокруг нас. О значимости транспорта говорит тот факт, что все передовые технологии и изобретения внедряются в первую очередь в автомобилестроении и транспортной отрасли. К автомобилям, наряду с требованиями функционального соответствия транспортному процессу, предъявляются высокие требования по технологичности, надежности и экономичности в тяжелых условиях эксплуатации, по экологическим и эргономическим показателям, эстетическим качествам и т. д.

Тестирование машины – это дорогой, долгий, утомительный процесс. Цель автопроизводителей – создать автомобиль, соответствующий государственным стандартам безопасности, который не принесет ущерб компании на гарантийном обслуживании, будет популярным и продаваемым.

Цифровизация производства и развитие информационных технологий позволяют сочетать натурные испытания агрегатов и подсистем автомобиля с имитацией их испытаний на компьютере. Такой подход сокращает объем физических испытаний и затраты на эксплуатацию комплекса испытательного оборудования [1].

Для моделирования автомобиля используют САД системы. САД-программы (computeraideddesign) – системные комплексы для проектирования, с помощью которых автоматизируют задачи на разных стадиях изготовления промышленной продукции (табл. 1).

Сравнительная характеристика САД систем [2,3,4]

	Autocad	SolidWorks	КОМПАС 3D
Минимальные системные требования	Процессор: с тактовой частотой 2.5–2.9 ГГц Видеокарта: с 1 ГБ видеопамяти и поддержкой DirectX 11 Оперативная память: 8 ГБ Место на диске: 7 ГБ Операционная система: Windows 8.1 / 10 64-разрядная	Процессор: с тактовой частотой 3.3 ГГц или более Видеокарта: NVIDIA Quadro или AMD FirePro Оперативная память: 16 ГБ или более Операционная система: Windows 10, 64-разрядная	процессор с поддержкой инструкций SSE2 и AVX видеокарта с поддержкой OpenGL 2.0 остальные параметры минимально возможной конфигурации компьютера для установки и запуска КОМПАС-3D определяются минимальными системными требованиями для соответствующих операционных систем
Бесплатный доступ студентам	Есть		Есть
Цена	8 530 руб/месяц	471000 руб.	Рекомендованная цена на электронную лицензию на 1 год – 1490 рублей.
Расчетный модуль	отсутствует	SOLIDWORKS Simulation, SOLIDWORKS Flow Simulation	Встроен, APM FEM
Организация сетевого режима	Есть	Есть	Есть

После построения узлов автомобиля в САД системе, инженеры начинают проверку в САЕ системах. САЕ – это технология, состоящая в использовании компьютерных систем для анализа геометрии САД, моделирования и изучения поведения продукта для усовершенствования и оптимизации его конструкции [5]. Средства САЕ могут осуществлять множество различных вариантов анализа. Программы для кинематических расчётов, например, способны определять траектории движения и скорости звеньев в механизмах. Программы динамического анализа с большими смещениями могут использоваться для определения нагрузок и смещений в сложных составных устройствах типа автомобилей. Программы верификации и анализа логики и синхронизации имитируют работу сложных электронных цепей. Если узел не проходит проверку в САЕ системе, то он отправляется обратно на доработку в САД. Если результаты расчетов

удовлетворяют заказчика, то модель отправляется на последний этап, в котором используют программное обеспечение для моделирования испытаний автомобиля [6]. Такие программы позволяют моделировать работу как автомобиля в целом, так и отдельных его узлов (табл. 2)

Табл. 2

Сравнительная характеристика CAE систем [7,8]

	APM WinMachine 2010	SOLIDWORKS Simulation	Ansys
Минимальные системные требования	Многоядерный процессор от 2 МГц, поддерживающий 64-х разрядную адресацию. Объем оперативной памяти - 4 Гбайта. Размер свободного пространства на жестком диске 80 Гбайт. Видеокарта Radeon или Nvidia с аппаратной поддержкой OpenGL.	Windows® 7 или Windows® 10 (64-разрядная версия) Минимум: Двухъядерный процессор. Рекомендации: Четырехъядерный. Минимум: 8 ГБ ОЗУ. Минимум: 2 ГБ или более ОЗУ графического процессора. Подключение HDR	Windows 7/8/10 Professional 64-bit GPU объем графической памяти 1024 Мб, OpenGL версии 4.5 двухъядерный ЦПУ Оперативная память (RAM) минимум 16 Гб.
Цена		1 449 756 руб.	1 900 000 руб.
Студенческая версия	нет	Есть	Есть, ограничен по задачам
Расчетные модули	Графические средства: Детали машин и соединения (расчеты типовых деталей машин, механизмов, а также их соединений, как разъемных, так и неразъемных); Конечно-элементный анализ (анализ прочности, устойчивости, собственной и вынужденной динамики конструкций при статических и динамических силовых и температурных воздействиях); Базы данных	SOLIDWORKS Simulation SOLIDWORKS Flow SIMULATION SOLIDWORKS CAM SOLIDWORKS Composer SOLIDWORKS Electrical SOLIDWORKS Inspection SOLIDWORKS Plastics SOLIDWORKS MBD SOLIDWORKS Visualize	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Механика деформируемого твердого тела</li> <li>• Гидродинамика</li> <li>• Электромагнетизм</li> <li>• Полупроводники</li> <li>• 3D-проектирование</li> <li>• Оптика</li> <li>• Расчетная платформа</li> <li>• Системное моделирование</li> <li>• Аддитивные технологии</li> </ul>

Далее модель поступает в САМ систему, для создания управляющей программы для станков с ЧПУ. Использование САМ-систем позволяет

проектировать технологические процессы, быстро синтезировать программы для станков с ЧПУ, моделировать процессы станочной обработки и многое другое. Однако все эти важные подзадачи чаще всего решаются на основе объемных геометрических моделей, которые являются продуктом работы САД-системы. Поэтому в обиходе, справочной литературе и технической документации чаще встречается название САД/САМ-системы, что указывает на тесную взаимосвязь этих двух понятий.

Процессы подготовки управляющей программы при помощи компьютера и изготовление нужной детали на станке с ЧПУ происходят значительно быстрее, чем при выполнении этой работы традиционным способом. И это первое преимущество данного метода. Вторым главным преимуществом совместного использования САМ-системы и станка с ЧПУ является точность изготовления деталей. Без такого подхода в нынешних условиях было бы невозможным производство многих изделий, требующих максимально точной подгонки деталей друг к другу (табл. 3) [9].

Табл. 3

Сравнительная характеристика САМ систем [10,11]

	PowerMILL	ArtCAM	Mastercam	SprutCAM
Минимальные системные требования	Тип центрального процессора- Многоядерный процессор с 64-разрядной архитектурой, например Intel® Core™ i7 или Intel® Core™ i9 Память рекомендуется не менее 8 ГБ ОЗУ для работы с ресурсоемкими элементами рекомендуется не менее 16 ГБ ОЗУ Видеокарта NVIDIA Quadro® Не менее 2 ГБ ОЗУ, полная поддержка технологии OpenGL® 2.0 Разрешение экрана 1920 x 1200 Место на диске 160 ГБ	Тип центрального процессора- Одно- или многоядерный процессор Intel® или AMD® с 64-разрядной архитектурой и поддержкой технологии SSE2 Рекомендуется процессор с максимально доступной тактовой частотой Память 4 ГБ ОЗУ Место на диске- 5 ГБ свободного места на диске для установки (рекомендуется 500 ГБ)	Процессор: 2,5 ГГц (минимум) Память: 2 Гб 3 Гб свободного пространства на жестком диске. Графика: 256 МВ OpenGL-совместимая видеокарта (минимум). Встроенные видеокарты не поддерживаются. Рекомендуемые серии видеокарт: NVidiaQuadro или AMD FirePro.	Процессор – Intel® Core™ 2 Duo или его аналог. Оперативная память – 2 ГБ (32 разрядная ОС) or 4 ГБ (64 разрядная ОС); Видеоадаптер – OpenGL-совместимая видеокарта (OpenGL 1.2), 512 МБ; Диск – свободные не менее 5 ГБ для проектов и временных файлов;



	PowerMILL	ArtCAM	Mastercam	SprutCAM
цена	1 год от 306 545 руб.	Прекращены продажи на данный момент		135000
Многоосевые станки	поддерживает	Не поддерживает	поддерживает	поддерживает
Совместимость с кад	Есть	Есть	Есть	Есть
Сложность интерфейса	Сложный	Легкий	Средний	Средний

На основании выполненных исследований разработана блок-схема процесса взаимодействия программного обеспечения, применяемого при проектировании автомобилей (рис. 1).

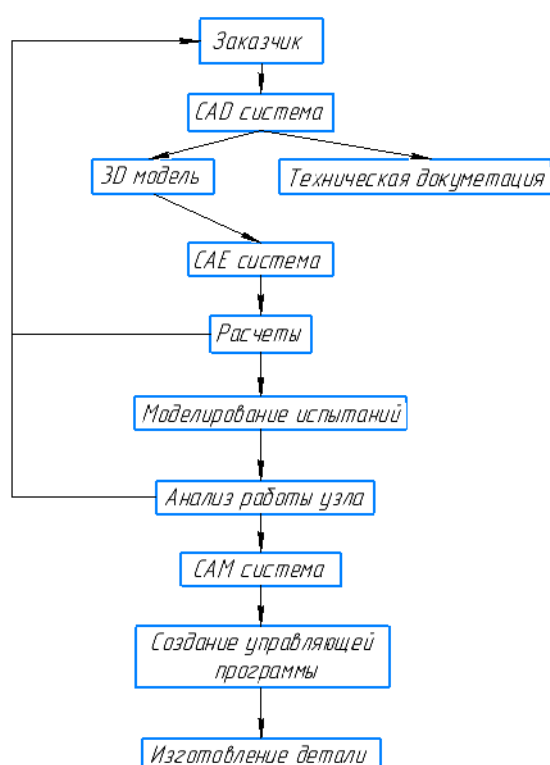


Рис. 1. Блок схема взаимодействия САD САМ САЕ систем

Немаловажным фактором является совместимость САD/САМ/САЕ систем. На рынке существует множество программ и не все они могут использовать файлы друг друга. Например, компания Autodesk сотрудничает с лидерами в отрасли САD/САМ, чтобы предоставлять клиентам доступ к необходимым программам и настройкам. Программы AutoCAD и Inventor полностью совместимы с такими настройками для разработки промышленных продуктов, как Edge САМ, InventorСАМ, Gibbs САМ и Master САМ. Но инвертировать модели из Компас 3д в

AutoCAD не получится, поэтому нужно заранее выбирать необходимые программы для проектирования с учетом их совместимости.

Использование информационных технологий в проектировании упрощает и сокращает время разработки изделий, а моделирование и виртуализация испытаний позволяет снизить затраты на их проведение. Таким образом для повышения эффективности работы предприятий необходимо внедрить CAD/ CAM /CAE системы, а для этого необходимо, чтобы проектировщики были с ними знакомы [12, 13].

### **Список использованных источников**

1. Петров А.П. Основы САПР в автомобилестроении [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://dspace.kgsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/3289/19\\_Петров-АП\\_2001\\_УП.pdf?sequence=1&isallowed=y](http://dspace.kgsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/3289/19_Петров-АП_2001_УП.pdf?sequence=1&isallowed=y) (дата обращения 17.12.2021 г.)
2. 3D моделирование и проектирование автомобилей: что это такое, программы для создания модели [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zwsoft.ru/stati/3D-modelirovanie-i-proektirovanie-avtomobilej> (дата обращения 17.12.2021 г.)
3. Шубин Н.М. Системы автоматизированного проектирования в автомобилестроении / Материалы XIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». URL: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018025433> (дата обращения: 17.12.2021 г.).
4. Autodesk [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autodesk.ru/products/autocad/overview> (дата обращения 17.12.2021 г.)
5. Solidworks [Электронный ресурс]. URL: <https://www.solidworks.com/ru> (дата обращения 17.12.2021 г.)
6. Компас 3Д [Электронный ресурс]. URL: <https://kompas.ru> (дата обращения 17.12.2021 г.)
7. Apm-winmachine [Электронный ресурс]. URL: <https://apm.ru/apm-winmachine> (дата обращения 17.12.2021 г.)
8. Ansys [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ansys.com/> (дата обращения 17.12.2021 г.)
9. Гурьянова Е.О. Применение методов и средств моделирования в процессе проектирования автомобиля // НАУ. 2015. №2.

10. Mastercam [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mastercam.com/>(дата обращения 17.12.2021 г.)
11. Sprutcam [Электронный ресурс]. URL: <https://sprutcam.com/ru/> (дата обращения 17.12.2021 г.)
12. Сиваков В.В., Лупорева И.А. Применение информационных технологий в учебном процессе подготовки будущих инженеров – механиков // Информационные технологии в науке, образовании и производстве: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Выпуск 2. Брянск: БГИТА, 2014. С.29-34.
13. Ильяхин Д.С., Заикин А.Н., Сиваков В.В. Расчет поперечной устойчивости форвардера с использованием пакета прикладных программ MathCad // Информационные технологии в науке, образовании и производстве: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Выпуск 2. Брянск: БГИТА, 2012. С.61-64.

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

*Батенков К.А. – д.т.н., доцент, сотрудник, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации*

### **Аннотация**

В работе рассматриваются ключевые показатели эффективности, являющиеся первичными количественными параметрами, позволяющими оценить степень достижения целей корпорации. Показывается, что ключевые показатели эффективности выступают в роли показателей эксплуатационных характеристик и определяются путем агрегации показателей качества функционирования, оцениваемых сетевыми элементами.

Ключевые показатели эффективности (KPI) соответствует стратегическим целям корпорации и пронизывают все входящие в нее организации [1]. Ключевые показатели эффективности задаются посредством определения и измерения ключевых входных и выходных параметров сети и показателей развития корпорации. Ключевые показатели эффективности – это первичные количественные параметры, позволяющие оценить степень достижения целей корпорации.

Конкуренция на телекоммуникационном рынке и возрастающие требования пользователей к более комплексным услугам приводят к росту внимания со стороны операторов к эффективности предоставляемых услуг. Для достижения подобных целей операторы заключают договоры об уровне обслуживания (SLA). В иерархии управления производительностью договор об уровне обслуживания обеспечивается ключевыми показателями качества (KQI), которые определяются ключевыми показателями эффективности (KPI), а последние оцениваются на основе показателей качества функционирования, измеренные сетевыми элементами [2, 3].

Договор об уровне обслуживания основывается на ключевых показателях эффективности услуги и продукта. Ключевые показатели эффективности услуги – показатели производительности сервисов, используемые как первичные для управления внутренними параметрами, указанными в договоре об уровне обслуживания, позволяющие оценить степень достижения качества услуги относительно целевых показателей. Ключевые показатели эффективности услуги предоставляют данные для расчета ключевых показателей эффективности продукта, востребованные для управления качеством продукта, и обеспечивающие непосредственное взаимодействие с пользователями на основе договора об уровне обслуживания [1, 4].

Ключевые показатели эффективности выступают в роли показателей эксплуатационных характеристик и определяются путем агрегации показателей качества функционирования, оцениваемых сетевыми элементами.

Ключевые показатели эффективности классифицируются по типам, категориям и объектам к которым они применимы [5, 6].

Типы KPI:

- соотношение (ratio) – доля возникновений какого-либо события к общему числу событий;
- среднее значение (mean) – среднее значение на основании выборки;
- кумулятивное значение (cum) – кумулятивное, накопленное значение параметра, которое всегда увеличивается.

Категории KPI:

- *работоспособность (serveability)* – способность услуги быть предоставленной с заданным допуском и прочими условиями в момент запроса

пользователя на требуемый период без значительной деградации [7, 8], подразделяется на доступность, непрерывваемость и целостность;

– *доступность (accessibility)* – способность услуги быть предоставленной по запросу пользователя с заданным допуском [7];

– *непрерываемость (retainability)* – способность предоставленной услуги (доступной) продолжать обслуживание с заданными требованиями (целостной) в течении заданного периода [7];

– *целостность (integrity)* – способность предоставленной услуги (доступной) предоставляться без излишних ухудшений [9, 10];

– *готовность (availability)* – способность элемента находиться в состоянии, необходимом для выполнения требуемой функции в заданный момент времени или в любой момент времени в заданном интервале, исходя из предположения о том, что внешние ресурсы, если таковые необходимы, предоставлены [11], подразделяется на надежность, восстанавливаемость;

– *надежность (reliability)* – способность элемента находиться в состоянии, необходимом для выполнения требуемой функции при определенных условиях в течение заданного периода времени [9];

– *восстанавливаемость (maintainability)* – способность элемента находиться в состоянии, либо возвращаться в состояние, необходимое для выполнения требуемой функции [7];

– *загруженность (utilization)* – степень использования сетевых ресурсов, таких как пропускная способность интерфейсов [1, 12];

– *мобильность (mobility)* – способность поддерживать режим эстафетной передачи (handover) [1].

Отметим один интересный факт – понятия работоспособности, доступности, непрерывваемости и восстанавливаемости приведены лишь только в утратившей силу рекомендации ITU-T E.800 [7], принятой в 1994 г., а в более поздней редакции рекомендации [9], введенной в 2008 году, даже не упоминаются.

Объекты KPI:

– UTRAN – UMTS (universal mobile telecommunications system – универсальная мобильная телекоммуникационная сеть) terrestrial radio access network – наземная сеть радиодоступа к UMTS;

– GERAN – GSM (global system for mobile communications – глобальная система мобильной связи) EDGE (enhanced data rates for GSM evolution –

технология и система беспроводной связи с повышенной скоростью передачи данных для стандарта GSM) radio access network – сеть радиодоступа к GSM и EDGE.

- CS core – circuit switched core – транспортная сеть с коммутацией каналов;
- PS core – packet switched core – транспортная сеть с коммутацией пакетов;
- IMS – IP (internet protocol – интернет-протокол) multimedia subsystem – спецификация передачи мультимедийного содержимого в электросвязи на основе протокола IP.

Важной особенностью ключевых показателей качества является их вычислимость только на уровне сети, но не сетевых элементов.

Введение ключевых показателей качества KQI, отражающих сквозные производительность и качество услуги, позволяет оператору лучше понять реальную картину пользовательских предпочтений [13]. Проект требований объединенных операторов следующего поколения (NGCOR – Next Generation Converged Operations Requirement), разработанный альянсом NGMN (Next Generation Mobile Networks – мобильные сети следующего поколения) объединяющем мобильных операторов, вендоров и научные институты, определяет принципы формирования показателей качества KQI, оценивающих восприятие услуг пользователей мобильных и фиксированных сетей [14, 15].

Основная цель введения ключевых показателей качества KQI – это попытка отразить удовлетворенность пользователей телекоммуникационными услугами в форме простых показателей, таких как количество прерываний при просмотре видео или задержка перед предъявлением первой сцены фильма [16]. Отметим, что в отличие от ключевых показателей эффективности KPI, которые различаются в зависимости от вида протокола транспортной сети (сетевое или канальное уровня), ключевые показатели качества KQI дифференцируются по типу услуг. Так, в стандарте ETSI TR 32.862 [13] показатели для восьми услуг: двунаправленная передача речи, потоковое аудио, потоковое видео, короткие сообщения, мультимедийные сообщения, просмотр web-страниц, передача файлов и электронная почта.

## Список используемых источников

1. TS 132 410. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Telecommunication management; Key Performance Indicators (KPI) for UMTS and GSM (3GPP TS 32.410 version 9.0.0 Release 9). – v. 9.0.0. – 2010–01. – Sophia Antipolis : ETSI, 2010. 29 p.
2. Батенков А.А., Батенков К.А., Фокин А.Б. Методы формирования множеств состояний телекоммуникационных сетей для различных мер связности // Труды СПИИРАН. 2020. Т. 19. № 3. С. 644–673.
3. Батенков К.А. Технический эффект оптимальных линейных модуляции и демодуляции в беспроводных системах связи // Известия Института инженерной физики. 2015. № 1 (35). С. 24–28.
4. Батенков К.А., Гусев В.В., Илюшин М.В., Катков О.Н., Мельников А.А., Стремоухов М.В. Границы вероятности символьной ошибки для канала связи с логнормальными замираниями при использовании предсказаний и помехоустойчивого кодирования // Телекоммуникации. 2018. № 2. С. 45–48.
5. TR 32.814. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; UTRAN and GERAN Key Performance Indicators (KPI) (Release 7). v. 7.0.0. 2007–03. 3GPP, 2007. – 25 p.
6. Батенков К.А. Обобщенный пространственно-матричный вид энергетических ограничений систем связи // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 3. С. 238–245.
7. Rec. E.800. Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability. – 1994–08. – ITU-T, 1995. 57 p.
8. Батенков К.А., Миронов А.Е., Королев А.В., Орешин А.Н. Оценка параметров алгоритмов диспетчеризации на основе имитационного моделирования в программной среде Riverbed // Телекоммуникации. 2018. № 8. С. 17–23.
9. Rec. E.800. Definitions of terms related to quality of service. – 2008–09. – Geneva : ITU-T, 2009. 30 p.
10. Батенков К.А. Дискретные отображения модели непрерывного канала связи на основе обобщенного ряда Фурье // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2013. № 43. С. 12–20.
11. Rec. E.802. Framework and methodologies for the determination and application of QoS parameters. 2007–02. Geneva : ITU-T, 2007. 38 p.

12. Batenkov K.A. Synthesis of deterministic nonlinear discrete mappings of continuous channel // SPIIRAS Proceedings. 2016. № 2 (45). pp. 75–101.
13. TR 32.862. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; Study on Key Quality Indicators (KQIs) for service experience (Release 14). v. 14.0.0. 2016–03. 3GPP, 2016. 41 p.
14. Батенков А.А., Батенков К.А. Дискретизация линейного канала связи с памятью и аддитивным белым гауссовским шумом численным методом // Математическое моделирование. 2009. Т. 21. № 1. С. 53–74.
15. Батенков К.А. Математические модели модулятора и демодулятора с заданным порядком нелинейности // Цифровая обработка сигналов. 2013. № 1. С. 14–21.
16. Батенков А.А., Батенков К.А., Фокин А.Б. Формирование сечений телекоммуникационных сетей для анализа их устойчивости с различными мерами связности // Информатика и автоматизация. 2021. Т. 20. № 2. С. 371–406.



## АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КИБЕРУГРОЗ ДЛЯ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ IOT СИСТЕМ

*Алишаби А.Д. – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*

*Аль-Ани М.М. – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*

*Аль-Азави А.Я. – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*

*Конев А.А. – к.т.н., Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*

### Аннотация

Цель статьи – провести исследование и анализ различных подходов, которые применяются для обнаружения вредоносных программ. Для решения поставленных задач в статье использованы такие методы, как анализ, синтез, описание, обобщение. В заключение работы отмечается, что для создания эффективной защиты требуется использование комплексного подхода, несмотря на то, что подходы к защите каждой системы будут разными. Важно, чтобы данные системы имели необходимый уровень защиты, который будет противостоять любым видам киберугроз на самом высоком уровне.

В современном мире достаточно трудно представить себе общество, которое могло бы вести свое существование без применения современных информационных систем и технологий, которые можно встретить практически на каждом углу [2]. В связи с масштабным распространением сети Интернет очень большое внимание отводится вопросам, которые касаются сохранения в неприкосновенности всей конфиденциальной информации. Каждый день в мире всплывают новости о том, что была совершена очередная кибератака, основная цель которой заключается в овладении хакерами требуемых им данных. С каждым днем количество и разнообразие способов, которые применяются хакерами на практике, неумолимо растет и, при этом, упрощается. Поэтому в последние годы в процессе создания любой информационной системы большое внимание отводится вопросам, которые касаются методов борьбы с произвольными сетевыми атаками [4].

В последнее время все чаще можно столкнуться с таким понятием, как промышленный (чаще можно услышать слово промышленный) интернет вещей (IIoT). Одной из главных проблем, которая возникает в работе IIoT, является

создание эффективной системы защиты от различного рода кибератак, поскольку такая атака со стороны злоумышленника может стать причиной нанесения различного рода вреда как людям, так и мировым государствам. В качестве примера можно привести такую ситуацию: устройства, применяемые для контроля и управления электрической сетью, легко могут быть скомпрометированы злоумышленником благодаря абсолютно любому устройству, который имеет выход в Интернет. Контролируя такое устройство, хакер может легко осуществить отключение любого электрического оборудования, в том числе и тех, которые представляют собой своеобразные системы жизнеобеспечения, системы охраны на производстве, создать короткое замыкание или вызвать аварийную ситуацию на производстве [1].

В связи с вышесказанным можно с уверенностью сказать, что изучение вопросов, которые касаются анализа и оценки киберугроз для IoT систем, является весьма актуальным в настоящее время.

Индустриальная IoT система - это интернет вещей, который предназначен для промышленного использования и представляет собой совокупность взаимосвязанных информационных систем и производственных объектов, в состав которых входят различные датчики и программное обеспечение. Данная система обладает также функцией автоматизированного управления, что позволяет полностью исключить какое-либо вмешательство со стороны человека [3].

Суть работы данной системы состоит в следующем: в самом начале производится монтаж различных датчиков, механизмов, контроллеров и человеко-машинных интерфейсов на все самые важные части системы. Далее система проверяется и проводится в действие, в результате чего начинают сниматься всевозможные данные, которые в дальнейшем дают возможность получить полную и достоверную картину текущего состояния системы. Данные такого рода позволяют наладить взаимодействие между различными структурами системы и осуществлять выбор грамотных и обоснованных решений. Кроме этого, используя полученные сведения, становится возможным осуществлять оперативное техническое обслуживание системы, исключая, тем самым, различные сбои и простои и повышая эффективность работы [5].

На рисунке 1 показана общая модель IoT.



Рис. 1. Общая модель IIoT

По статистическим данным, которые приводятся «Лабораторией Касперского» за 2020 г., около 55% опрошенных сотрудников сферы кибербезопасности считают, что существенное расширение сфер применения IIoT систем кардинально изменит существующие подходы к организации кибербезопасности автоматизированных управленческих комплексов. Кибератаки на IIoT были признаны одна из главных киберугроз 2020 г. За 2020 г. многие предприятия Российской Федерации, в которых уже функционируют различные IIoT системы, отмечают, что число совершенных кибератак на данные системы существенно возросло (основную угрозу несут операторы шифровальщиков) [8]. Это позволяет большинству специалистов, работающих в данной области, ставить кибербезопасность данных систем на ступень выше, чем какие-либо информационные утечки или же атаки, выполняемые на цепочки поставок.

Большинство экспертов считают, что в состав каждого из компонентов IIoT систем обязательно должна входить собственная система безопасности, которая сможет позволить максимально исключить возможные кибератаки. Это позволит создать эффективную и надежную IIoT систему [7].

Последствиями атак на промышленные сети могут быть не только простые производственных процессов, но и аварии на производстве, пожары, разливы нефти, ущерб окружающей среде – в зависимости от сферы деятельности компании. Поэтому в настоящее время ведутся работы по анализу и структурированию различного рода киберугроз для IIoT систем и разрабатываются высокоэффективные мероприятия по их защите. Большинство специалистов выделяют следующие основные векторы атак на IIoT системы во всем мире [6]:

- компрометация инженерного АРМ через вредоносный add-in или уязвимости программного окружения для разработки функций автоматизации;
- заражение трояном устройств ПоТ;
- уязвимости в ПО мобильного интерфейса управления «человек-машина» – mobile HMI;
- искажение данных на системах управления производством (MES) для вызова сбоя в производственном процессе;
- использование уязвимой или вредоносной логики автоматизации в сложной производственной машине.

Для эффективной борьбы с такими видами киберугроз можно применять следующие мероприятия:

- контроль целостности среды функционирования;
- фильтрацию сетевого трафика в режиме «Белого листа» с поддержкой анализа параметров для промышленных протоколов;
- глубокий анализ трафика на наличие попыток сетевых атак и аномалий;
- осуществление контроля целостности прошивки;
- использование цепочек сертификатов в производственных средах;
- использование «песочниц» и инструментов для обнаружения и распознавания уязвимостей и программных закладок;
- разделение привилегий для программного обеспечения промышленного оборудования;
- анализ рисков физических и информационных систем, использование доступного мониторинга событий систем средствами SIEM.

Таким образом, в ходе выполнения данной работы были рассмотрены вопросы, касающиеся понятие и принципов работы ПоТ систем, а также были изучены основные виды киберугроз для данных систем и методы борьбы с ними. Можно отметить, что за счет данных современных технологий фирмы, работающие в различных сферах промышленности, могут добиться небывалых высот. Однако очень важным является вопрос обеспечения требуемого уровня информационной защиты в сетях подобного масштаба. Очевидно, что для создания эффективной защиты требуется использование комплексного подхода, несмотря на то, что подходы к защите каждой системы будут разными. Важно, чтобы данные системы имели необходимый уровень защиты, который будет противостоять любым видам киберугроз на самом высоком уровне.

### **Список используемых источников**

1. Alekseev A.P. Conceptual approach to designing efficient cyber-physical systems in the presence of uncertainty // *Studies in Systems, Decision and Control*. 2019. С. 69–80.
2. Bardamova M., Konev A., Hodashinsky I., Shelupanov A. Fuzzy classifier design for network intrusion detection using the gravitational search algorithm // *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, 1145 (2019), 012008.
3. Laqtib S., El Yassini K., Hasnaoui M.L. A technical review and comparative analysis of machine learning techniques for intrusion detection systems in MANET // *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. 2020. Т. 10. № 3. С. 2701.
4. Mahfouz A.M., Venugopal D., Shiva S.G. Comparative Analysis of ML Classifiers for Network Intrusion Detection // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. С. 193–207.
5. Prabavathy S., Sundarakantham K., Shalinie S.M. Design of cognitive fog computing for intrusion detection in internet of things // *Journal of Communications and Networks*. 2018. Т. 20. № 3. С. 291–298.
6. Rayes A., Salam S. Internet of things (IOT) overview // *Internet of Things From Hype to Reality*. 2018. С. 1–35.
7. Sivaprasad A. Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms Based on the Outcome of Proactive Intrusion Detection System // *SSRN Electronic Journal*. 2020. С. 1000-1005.
8. Новохрестов А.К., Никифоров Д.С., Конев А.А., Шелупанов А.А. Модель угроз безопасности автоматизированной системы коммерческого учета энергоресурсов // *Доклады ТУСУРа*. 2016. Т.19. №3. С. 111-114.

**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И НА ТРАНСПОРТЕ:  
ЗАДАЧИ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ**

**СБОРНИК ТРУДОВ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ  
(НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ НАУЧНЫХ, НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ  
РАБОТНИКОВ, АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ**