



**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

ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

**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

Челябинск
2020

УДК 001(082)

ББК 72я43

И 66

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 / [науч. ред. А.Н. Ткачев, А.М. Ромодина]. – Челябинск: ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», 2020. – 194 с.

Научные редакторы – доцент кафедры «Техника и технологии» ОУ ВО «ЮУТУ», кандидат технических наук А.Н. Ткачев; зав. лабораторией социально-экономических исследований ОУ ВО «ЮУТУ» А.М. Ромодина.

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

В сборник включены статьи участников IV Всероссийской (с международным участием) 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 20 февраля 2020 г.

ISBN 978-5-6042665-9-5

© ОУ ВО «Южно-Уральский
технологический университет», 2020

© Коллектив авторов, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Ахметшин А.Т., Урманов В.Г., Бускунов Р.И. Сравнение данных климатических справочников и базы NASA по температуре воздуха, солнечной радиации для оценки энергетических показателей гелиоустановок	5
Буторин В.А., Молчан А.М., Некрасов В.А. Ветроэнергетические установки для электрообеспечения скважинных насосов	11
Буторин Д.В., Скородумова Н.В., Голубцова И.В. Спрос на запасные элементы электрооборудования сельскохозяйственных установок	14
Буторин В.А., Молчан А.М., Некрасов В.А. Дефектация и испытание водозаполненных погружных электродвигателей при ремонте	17
Бойкачева Е.В., Мороз В.Н. Альтернативные источники энергии: реальность и перспективы	20
Габитов И.И., Неговора А.В., Мударисов С.Г., Костарев К.В., Балтиков Д.Ф. Моделирование конструктивных и технологических параметров газогенераторной установки для молочной фермы	26
Гриценко А.В., Салимоненко Г.Н. Контроль технического состояния автотранспорта на основе анализа отработавших газов	35
Гриценко А.В., Глемба К.В., Крапивина Е.А. Исследование процесса восприятия водителем дорожных условий	43
Данилина А.Ю. Топливный элемент – «кошмар для инженеров»?	53
Дюдяев И.А., Майорова В.В., Браславский Ю.В. От «Ленина» до «Лидера»: инновационный путь атомного ледокола России	57
Епишков Е.Н. Расчёт величины, наведённой ЭДС в излучающей подложке плёночного электронагревателя	63
Иванова В.И., Селютина Л.Г. Анализ российского опыта применения природного газа в качестве моторного топлива на транспорте	68
Ильин Ю.П., Белов А.В., Скородумова Н.В. Противогололедная смазка для повышения эксплуатационной надёжности работы оборудования электрических сетей	77
Клигунов Е.С., Ерохин Д.С. Проблема неуравновешенности морского пролета пролетного строения автомобильно-железнодорожного подъёмно-переходного моста гидротехнического сооружения морской паромной переправы «Ванино-Холмск»	90
Крапивина Е.А., Сысков А.В. Проблемы и перспективы развития рынка транспортно-логистических услуг	97
Крапивина Е.А., Меньшенин А.С. Личность водителя как предмет исследования в транспортной психологии	102
Кузнецова Е.Ю., Амосов Н.А. Электромобили в утилизационной системе транспорта	106
Ляхов С.В., Монкевич В.Г., Таболич Т.Г. О переводе городского пассажирского транспорта на электротягу в Республике Беларусь	112
Макаренко Е.А., Песоцкий А.Б. Применение современных технологий телематики и методов геймификации в страховании транспорта	120
Марьин Г.Е., Менделеев Д.И., Шубина А.С. Изменение характеристик топлива со временем и оценка влияния на энергетические характеристики ГТУ	129
Мухамадиев Э.Г., Крыгина Е.И. Определение эффективной мощности двигателя при тестовых нагрузках	133
Пелюшенко А.О. Создание MANET сети на основе роевого строя квадрокоптеров для обеспечения временного радиопокрытия	141

Петухов С.В., Хвиюзов М.А., Соловьев Н.А. Применение статического обратимого преобразователя на базе трансформатора с вращающимся магнитным полем для полярных станций	145
Пустоветов М.Ю. Минимизация искажений выходного напряжения синус-фильтра в системе электроснабжения с преобразователем частоты	155
Соловьев И.И., Мотовилов А.И., Андреев Р.А., Андреева Н.А. Оперативный контроль режима работы энергосистемы при выполнении переключений	164
Стефановский А.Б. Статистические зависимости между некоторыми параметрами центрифуг систем смазки автотракторных двигателей	169
Татаринцев В.А. Исследование процесса деградации свойств материала элементов подвижного состава в эксплуатации	173
Тихонова Е.Д. Использование пеноалюминия в качестве демпферных систем защиты высоковольтного маслонаполненного оборудования	180
Тху Й.М., Климаш В.С. Теоретические и экспериментальные исследования вентильных преобразователей промышленных нагрузок	184
Худяков И.Н. Проблемы диагностики состояния силовых трансформаторов в условиях эксплуатации	190

СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ СПРАВОЧНИКОВ И БАЗЫ NASA ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА, СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕЛИОУСТАНОВОК

Ахметшин А.Т. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Урманов В.Г. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Бускунов Р.И. – магистрант, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Аннотация

В работе приводится сравнительная оценка значений суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность и температуры воздуха из двух общедоступных источников: климатических справочников и базы данных NASA, на примере природно-климатических условий села Кушнаренково Республики Башкортостан. Согласно результатам проведенного анализа выявлено, что наибольшее относительное отклонение в значениях суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность не превышает 9,46%, температуры воздуха – не превышает 14%. Это подтверждает возможность использования данных базы NASA о значениях солнечной радиации и температуры воздуха для оценки энергетических показателей гелиоустановок в условиях Республики Башкортостан.

Основными параметрами окружающей среды, влияющими на энергетические показатели гелиоустановок, являются солнечная радиация и температура воздуха. При оценке эффективности применения гелиоустановок в определенных природно-климатических условиях, при проведении проектно-изыскательских работ лишь действительные значения солнечной радиации и температуры воздуха смогут обеспечить достоверность оценки или принятия правильных проектных решений.

Для конкретной географической точки предполагаемой эксплуатации гелиоустановок значения солнечной радиации и температуры воздуха можно определить аналитическим (расчетным) способом и нахождением информации из справочников или электронных баз данных. В прошлом столетии отсутствие данных о поступлении солнечной радиации для обширной территории РФ способствовало возникновению различных аналитических методов расчета солнечных радиационных характеристик. Эти

методы сложны и имеют невысокую точность, в связи с чем, они практически не применяются в настоящее время.

В России регистрацией поступления солнечной радиации и температуры воздуха занимается государственная метеорологическая служба, имеющая сеть гидрометеорологических, актинометрических станций и постов. К примеру, актинометрические наблюдения в Республике Башкортостан (РБ) велись на метеостанции п. Кушнаренково, расположенном в центре республики¹. Ознакомится с этими актинометрическими и метеорологическими сведениями можно в публикующихся климатических справочниках², актинометрических ежегодниках³ и т.д. Эти данные получены на основе многолетних измерений и имеют наибольшую достоверность.

Значения солнечной радиации в климатических справочниках приведены только для определенных часов среднесолнечного времени и не в единицах измерения международной системы СИ. Значения солнечной радиации в достаточно больших интервалах времени остаются неизвестными. Кроме этого, в справочниках приведены данные солнечной радиации, поступающей исключительно на горизонтальную поверхность, а для оценки энергетических показателей гелиоустановок наибольший интерес представляю данные солнечной радиации, поступающей на наклонную поверхность.

Значения температуры воздуха в климатическом справочнике приведены для местного декретного времени. Для сопоставления данных необходимо значения солнечной радиации и температуры воздуха привести в единое время.

В связи с этим, при использовании данных климатических справочников при оценке энергетических показателей гелиоустановок, требуются дополнительные вычисления, связанные с:

- переводом единиц измерения, например, в систему СИ;

¹ Ярмухаметов, У.Р., Ахметшин, А.Т. Определение значений интенсивности солнечного излучения и температуры окружающей среды для моделирования работы солнечных установок / Наука молодых - инновационному развитию АПК материалы VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Башкирский государственный аграрный университет. 2013. С. 211-214.

² Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 9. – Ч. 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – 2-ое изд. – 70 с.; Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – Вып. 9. Ч. 2. Температура воздуха и почвы – 362 с.

³ Актинометрический ежемесячник / Главная геофизическая обсерватория им. Воейкова (Регулярный выпуск с 1961 г.).

- расчетом значений температуры воздуха и солнечной радиации в отдельные моменты времени года и суток;
- приведением значений солнечной радиации и температуры воздуха к единому времени);
- расчет потока солнечной радиации на наклонную поверхность.

Кроме того, для обширных площадей РФ данные о солнечной радиации в климатических справочниках отсутствуют. В таких случаях они могут быть получены расчетными методами.

В обобщении можно отметить, что получение данных о солнечной радиации и температуре воздуха из климатических справочников для конкретной местности требует углубленного изучения материалов, связанных с географией, синоптической метеорологией, климатологией и является довольно трудоемким процессом⁴.

Наравне с данными специальных справочников, в свободном доступе значения солнечной радиации и температуры воздуха можно найти в базах данных: World Radiation Data Centre (WRDC) – Мирового Центра Радиационных Данных, «NASA Surface meteorology and Solar Energy» (NASA) – Национального агентства по авиации и исследованию космического пространства и т. п. Существует множество коммерческих электронных баз данных, которые, в силу ограниченного характера доступа, не рассматриваются в данной статье.

База данных WRDC сформирована на основании значений актинометрических наблюдений, выполненных на поверхности земли, поэтому эти данные имеют большую достоверность, однако, так же, как и данные климатических справочников, обладают недостаточным географическим покрытием.

Данные NASA получены на основе глобальной информационной обработки спутниковых измерений и имеют информацию о солнечной радиации и температуре воздуха практически на всей поверхности планеты.

⁴ Ахметшин, А.Т., Ярмухаметов, У.Р. Математическая модель для определения температуры воздуха и интенсивности солнечного излучения на горизонтальную и наклонную поверхности // Перспективы инновационного развития АПК Материалы Международной научно-практической конференции в рамках XXIV Международной специализированной выставки "Агрокомплекс–2014". 2014. С. 201-207.

Исходя из вышесказанного, наиболее доступным и удобным вариантом получения информации о солнечной радиации и температуре воздуха является база данных NASA.

При формировании баз данных и сопоставлении с данными наземных измерений NASA воспользовалось только шестью массивами данных метеостанций России⁵ поэтому, если для большинства территорий земного шара, например, США погрешность данных низкая, то для территории РФ они требуют валидации.

Валидацию данных баз NASA можно провести путем их сопоставления с более надежными данными – данными многолетних исследований, которые доступны в климатических справочниках. Такие исследования были выполнены в метеостанциях Южного федерального округа РФ и метеорологической обсерватории МГУ имени М.В. Ломоносова. Результаты исследования показали, что по средним суммам солнечной радиации для большинства регионов России погрешность данных NASA не превышает 15%⁶.

Для сопоставления данных базы NASA по суммарной среднемесячной солнечной радиации на горизонтальную поверхность и среднемесячной температуры воздуха в условиях села Кушнаренково РБ (55°06 с. ш., 55°20 в. д.) нами был произведен сравнительный анализ этих данных с данными справочников⁷.

Для примера, на рисунке 1 приведены графики суммарной среднемесячной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность, построенные по данным климатического справочника и базы NASA для месяца май.

В связи с тем, что время фиксации солнечной радиации в данных NASA указано по Гринвичу, а в климатическом справочнике по локальному

⁵ The NASA Surface Meteorology and Solar Energy Data Set– URL: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>. (Дата обращения: 12.01.2020 г.).

⁶ Попель, О.С., Фрид С.Е., Киселева С.В., Коломиец Ю.Г., Лисицкая Н.В / Климатические данные для возобновляемой энергетики России (база климатических данных): учебное пособие – М.: Изд-во МФТИ, 2009. 56 с.

⁷ Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 9. – Ч. 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – 2-ое изд. 70 с.; Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. Вып. 9. Ч. 2. Температура воздуха и почвы 362 с.

солнечному, время было приравнено к единому локальному солнечному для условий с. Кушнаренково РБ.

Из рисунка 1 следует, что на отрезке времени 6,5 – 15,5ч. по данным NASA суммарная среднемесячная солнечная радиация имеет меньшее значение, чем в справочнике. Абсолютные различия в показаниях составляют не более 0,051 кВт/м², что составляет 9,25% в относительных величинах.

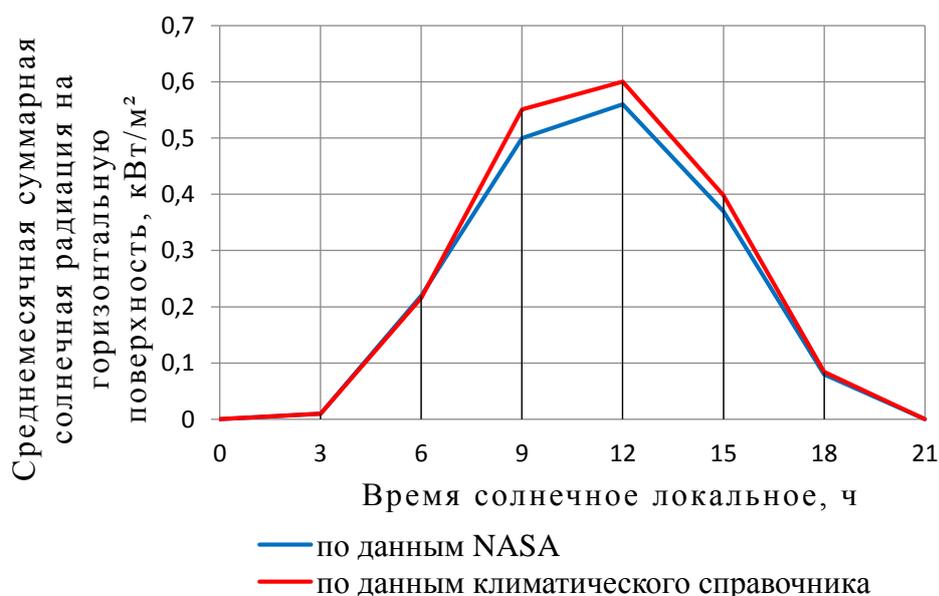


Рис. 1. Графики изменения суммарной среднемесячной солнечной радиации на горизонтальную поверхность в течение суток для с.

Кушнаренково РБ для месяца май по данным климатического справочника и базы NASA

Сравнение данных базы NASA и климатического справочника по суммарной среднемесячной солнечной радиации на горизонтальную поверхность для остальных месяцев позволяет считать их практически идентичными. Для всех месяцев, кроме мая, июнь, июль значения близки с незначительным максимальными относительными отклонениями, не превышающими 6,8%. При этом, наибольшее отличие значений для месяцев май, июнь, июль не превышает 9,46%.

На рисунке 2 приведены сравнительная диаграмма значений среднемесячных температур воздуха в с. Кушнаренково РБ по данным NASA

в течение 22-летнего периода (январь 1983 – декабрь 2004) и климатического справочника⁸.

В актинометрических станциях измерение температуры воздуха осуществляют на высоте 2 метров от поверхности земли. В базе данных NASA приведены данные температуры воздуха на высоте 10 метров от поверхности земли и на её поверхности. Для чистоты проводимых сравнений были выбраны значения среднемесячных температур воздуха на поверхности земли.

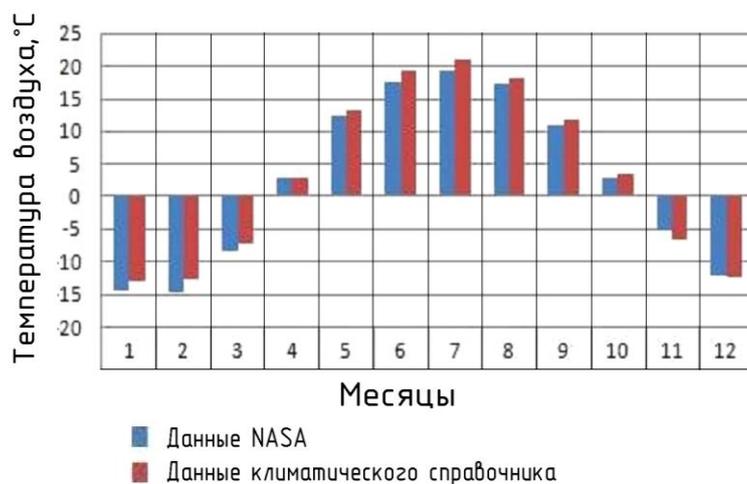


Рис. 2 Диаграмма среднемесячных температур воздуха по данным NASA и климатического справочника

Относительные отклонения данных NASA от справочных значений не превышает 14%, что приемлемо для проведения проектных и исследовательских работ, связанных с гелиоустановками.

Таким образом, в качестве исходных данных, для определения солнечной радиации и температуры воздуха при оценке энергетических показателей гелиоустановок, наряду с данными климатических справочников, применимы и данные базы NASA.

⁸ Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. Вып. 9. Ч. 2. Температура воздуха и почвы – 362 с.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРООБЕСПЕЧЕНИЯ СКВАЖИННЫХ НАСОСОВ

Буторин В.А. – д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

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

Некрасов В.А. – аспирант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В работе указывается на актуальность использования возобновляемых источников энергии для электродвигатели скважинных насосов. Анализ показал, что для этой цели лучше использовать ветроэнергетическую установку на базе ветроколеса, однако себестоимость вырабатываемой электроэнергии остается высокой. В связи с этим в работе указывается на необходимость разработки разрабатывать новых источников электропитания на базе ветровой энергии.

Обычно фермерские хозяйства расположены в сельской местности далеко за городом. Домовладельцы этих хозяйств сталкиваются с проблемой водоснабжения своих жилых домов. Такие дома обычно не входят в систему централизованного водообеспечения. Данная проблема вызывает необходимость изыскивать альтернативные источники водоснабжения. Обычно при этом предпочтение отдается добыванию воды из скважин.

Скважинные электронасосы по сравнению с другими имеют высокие показатели мощности, они экономичны и достаточно производительны. Поскольку в скважину данные электронасосы опускаются через обсадную трубу они, как правило, имеют цилиндрическую конструкцию. Скважинные электронасосы могут использоваться не только в скважинах, но и для откачки воды из затопленных подвалов, шахт и тоннелей.

Развитие фермерских хозяйств на территориях, не входящих в централизованную систему электроснабжения, создает проблему электроснабжения электроприводов, в частности электронасосов. Технологическое подключение к централизованной системе электроснабжения на большом расстоянии в труднодоступной местности не

целесообразно. В связи с этим возникает необходимость использования возобновляемых источников электрической энергии¹.

К настоящему времени в России сложилось несколько видов возобновляемых источников энергии: ветроэнергетика, солнечная энергетика, биоэнергетика, гидроэнергетика и геотермальная энергетика. Для оценки эффективности использования того или другого вида была проведена их сравнительная оценка по экономическому показателю, в качестве которого была использована капиталоемкость этих видов в малой сельской энергетике (см. таблицу 1). Капиталоемкость, это стоимость капитала, используемого при производстве товара, по отношению к стоимости самого товара и по отношению к стоимости других факторов производства, в особенности труда.

Таблица 1– Капиталоемкость альтернативных видов электроэнергетики

Вид электроэнергетики	Капиталоемкость, млн. руб./МВт (в ценах 1995)	То же, в % к ветроэнергетике
Ветроэнергетика	43,2	100
Солнечная энергетика	62,8	145,4
Биоэнергетика	94,7	219,2
Гидроэнергетика	133,7	309,5
Геотермальная энергетика	138,2	320,0

Из данных таблицы 1 следует, что наиболее конкурентоспособным видом альтернативной электроэнергетики является энергия ветра.

Ветроэнергетические установки подразделяются на очень малой, малой, средней и большой мощности. В автономных системах электроснабжения сельских товаропроизводителей в большинстве случаев используются ветроэнергетические установки мощностью до 5 кВт. Основными элементами ветроэнергетической установки являются ветроколесо и мачта. В таблице 2 представлены коэффициенты использования энергии ветра для различных типов ветроколес ветроэнергетических установок.

Мировой опыт использования ветроэнергетических установок и результаты, приведенные в таблице 2, указывают на эффективность использования трехлопастных пропеллерных ветроколес, преимущество которых заключается в симметричной инерции из-за плавного хода колеса².

¹ Водяников, В.Т. Экономическая оценка проектных решений в энергетике АПК. М.: КолосС. 2008.263 с.

² Ветроэнергетика / под ред Д.Рензо. М.: Энергоатомиздат, 1982. С.19-20.

Таблица 2 – Коэффициент использования энергии ветра ветроколесами

№	Тип ветроколеса	Коэффициент использование
1	Пропеллерный трехлопастной	0,4
2	Пропеллерный двухлопастной	0,35
3	Многолопастной	0,25
4	Парусный	0,3
5	Роторноприводной Флетнера	0,2
6	Пропеллерный с вихреобразователем	0,45
7	Ортогональный	0,3
8	Савониуса	0,25
9	Дарье	0,35
10	Мак-Гроув	0,35
11	Геликоидный	0,4

Приведенный анализ ветроэнергетических установок, как было показано выше, содержит в себе, на первый взгляд, довольно простые элементы. Однако вырабатываемая энергия этими ветроэнергетическими установками отличается большой стоимостью. Все это указывает на необходимость разрабатывать другие, более эффективные источники электропитания на базе ветровой энергии.

СПРОС НА ЗАПАСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСТАНОВОК

Буторин Д.В. – инженер, к.т.н. Московская объединенная электросетевая компания

Скородумова Н.В. – ассистент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Голубцова И.В. – к.т.н, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В работе отмечается, что одним из способов обеспечения надежности электрооборудования является создание для него резерва запасных элементов. Объем запаса главным образом зависит от спроса на запасные элементы. Рассмотрены характеристики спроса, он может быть стационарным и нестационарным, детерминированным и стохастическим, непрерывно распределенным и дискретным, зависящий от спроса на другие номенклатуры или нет. Проведенный анализ характеристик спроса позволит с учетом конкретного состояния и условий эксплуатации рассматриваемого электрооборудования принять обоснованное решение по выбору стратегии создания запасов, позволяющей минимизировать затраты, связанные с этим запасом.

Одним из способов обеспечения надежности электрооборудования сельскохозяйственных установок достигается путем использования его запасных элементов, избыточных по отношению к минимально необходимым для выполнения заданных функций.

Составными частями задачи оценки объема избыточных элементов, то есть запаса, является¹:

- спрос на запасные элементы;
- система снабжения;
- возможность восполнения запасов;
- функции затрат;
- стратегия создания запасов;
- ограничения.

Объем запасных элементов, главным образом определяется спросом на эти элементы. Спрос на элементы электрооборудования может быть:

- стационарным и нестационарным;

¹ Рыжиков, Ю.И. Теория очередей и управление запасами. СПб: Питер, 2001. 384 с

- детерминированным или стохастическим;
- непрерывно распределенным или дискретным;
- зависящим или нет от спроса на другие номенклатуры.

Нестационарный спрос на элементы обычно вызван сезонностью проводимых работ. Например, электрифицированные пункты по очистке и сушке зерна функционируют обычно в осенний период года, поэтому и спрос на запасные элементы к электрооборудованию будет ожидать в этот период. Однако для удобства прогнозирования спроса допускается пренебрегать мелкими его изменениями. Поэтому периодически спрос пересматривается и его считают кусочно-стационарным.

Спрос может быть постоянной или переменной величиной. В последнем случае он описывается вероятностными законами распределения. Постоянный (детерминированный) спрос является предсказуемым. Он может быть рассчитан вперед на длительный период времени с достаточной степени точности. Стохастический спрос обычно имеет большое значение коэффициента вариации, то есть отношения среднеквадратического отклонения к его среднему значению.

Строго говоря, спрос всегда дискретный и имеет свои единицы исчисления (шт., кг, литр и т. д.). Однако, когда спрос носит случайный характер, для описания используют дискретные и непрерывные распределения. Непрерывные распределения при описании спроса обычно используются для удобства вычислительных методов при его больших значениях. При этом полученные дробные результаты округляют до ближайшего целого числа.

Наиболее широкое применение описания дискретного распределения спроса на элементы электрооборудования во многих сферах народного хозяйства, включая сельское хозяйство, нашел закон Пуассона, согласно которому вероятность P_k того, что за период T количество единиц спроса окажется равным k , составляет ²

$$P_k = \frac{(\lambda T)^k}{k!} e^{-\lambda T},$$

где λ – средняя интенсивность спроса в единицу времени.

² Буторин, Д.В. Оценка спроса на железобетонные стойки для технологического присоединения к электрическим сетям // Материалы 1 Всероссийской научно-практической конференции «Методы механики в решении инженерных задач». Курган: ФГБОУ ВО КГСХА им. Т.С. Мальцева, 2017. С.99-101

Спрос на элементы электрооборудования может быть описан непрерывными распределениями. В зависимости от условий эксплуатации он может быть описан нормальным распределением, усеченным нормальным распределением, логарифмически нормальным распределением, распределением Рэля, распределением Коши, экспоненциальным распределением и др.

Элементы с зависимым спросом, находящиеся в комплекте, обычно не планируются, поскольку их спрос коррелируется со спросом других элементов в этом комплекте.

Таким образом, проведенный анализ характеристик спроса на запасные элементы, позволит с учетом конкретного состояния и условий эксплуатации рассматриваемого электрооборудования принять обоснованное решение по выбору такой стратегии создания для него запасов, которая сводит к минимуму затраты, связанные с этими запасами.

ДЕФЕКТАЦИЯ И ИСПЫТАНИЕ ВОДОЗАПОЛНЕННЫХ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ

Буторин В.А. — д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

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

Некрасов В.А. — аспирант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В статье приведён перечень операций по дефектации обмоток погружных водозаполненных электродвигателей. Достаточно подробно рассмотрено испытание электрической прочности изоляции обмоток. Неразрушающим параметром технического состояния изоляции обмоток является сопротивление изоляции. Для повышения качества дефектации изоляции погружных электродвигателей предлагается расширить число параметров технического состояния за счёт использования тока утечки, тангенса дельта и других.

Для обеспечения качества капитального ремонта водозаполненных погружных электродвигателей особое внимание уделяется процессам дефектации и испытания их обмоток при этом ремонте. С самого начала принимают меры для предотвращения повреждения изоляции обмотки статора при выемке ротора в процессе разборки электродвигателя. Для предотвращения возможности повреждения поверхности роторов от механических воздействий они помещаются на предохраняющих подставках.

Выжиг изоляции обмоток при термомеханическом способе их удаления производят при температуре 280–400 °С в течение 4–6 часов¹. Этот режим позволяет предотвратить коробление корпусов статора и пережога активной стали погружного электродвигателя.

Перед выжигом обмотки погружного электродвигателя путём осмотра и использования приборов контролируются возможные её дефекты². При этом путём осмотра контролируется:

- повреждение изоляции внешних слоёв обмотки;
- повреждение бандажей обмотки;

¹ Ерошенко, Г.П., Коломиец, А.П., Кондратьева, Н.П., Медведько, Ю.А., Таранов, М.А. Эксплуатация электрооборудования. М.: КолосС, 2007. 344 с.

² ТК 70.0009.001–84. Электродвигатели асинхронные короткозамкнутые водозаполненные погружные. Технические требования на капитальный ремонт. М.: ГОСНИТИ, 1986. 80 с.

- ослабление или выпадание пазовых клиньев;
- ослабление крепления пакета сердечника;
- повреждение листов активной стали;
- распушение крайних листов сердечника.

Путём использования мегомметра на 500 В измеряют сопротивление изоляции обмотки относительно корпуса, оно должно быть не менее 10 МОм в холодном состоянии и 0,5 Мом при рабочей температуре. Измерения должны проводиться при нахождении погружного электродвигателя в воде с температурой не выше 25 °С.

Путём использования специальной схемы с регулятором напряжения испытывают электрическую прочность изоляции обмотки относительно корпуса. Испытываемая изоляция должна выдерживать напряжение 1800 В с частотой 50 Гц в течении 1 минуты. Испытания проводятся при погружении обмотки в воду с температурой воды не выше 25 °С³. Следует отметить, что испытание электрической прочности носит разрушительный характер, поэтому к данному испытанию относятся с осторожностью.

Электрическая схема испытания электрической прочности изоляции обмотки представлена на рисунке⁴. Элементы схемы перечислены в таблице. Источник сети, испытательный трансформатор TV1 и автотрансформатор АТ1 должны передавать на испытываемую изоляцию ED1 синусоидальное напряжение частотой $50 \pm 0,5$ Гц. Испытательный трансформатор должен быть мощностью не менее 1 кВА на 1 кВ испытательного напряжения.

Испытательное напряжение подаётся плавно. Время увеличения напряжения до испытательного значения составляет не менее 10 секунд.

³ Там же

⁴ Котеленец, Н.Ф., Кузнецов, Н.Л. Испытания и надёжность электрических машин. М.: Высшая школа, 1988. 232 с.

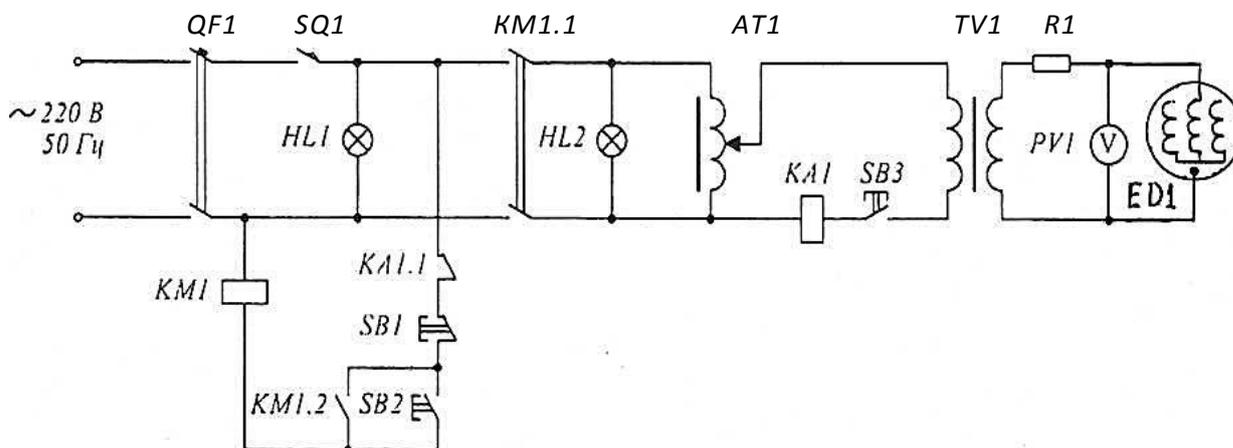


Рис.1. Схема электрическая принципиальная для испытания электрической прочности изоляции водозаполненного погружного электродвигателя

Таблица 1 – Элементы схемы

Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
AT1	Автотрансформатор	1	
ED1	Погружной электродвигатель	1	
HL1	Сигнальная лампа	1	
HL2	Сигнальная лампа	1	
KM1	Магнитный пускатель	1	
KA1	Реле тока	1	
PV1	Высоковольтный вольтметр	1	
QF1	Автоматический выключатель	1	
R1	Защитное сопротивление	1	
SB1	Выключатель кнопочный	1	
SB2	Выключатель кнопочный	1	
SB3	Выключатель кнопочный	1	
SQ1	Выключатель положения	1	
TV1	Трансформатор напряжения	1	

Анализ операций по дефектации обмоток погружных электродвигателей в существующих требованиях на капитальный ремонт показывает, что для оценки их работоспособности имеется один неразрушающий параметр технического состояния – сопротивление изоляции. В дальнейшем для повышения качества дефектации обмоток погружных электродвигателей следует расширить число неразрушающих параметров технического состояния, к которым можно отнести ток утечки, тангенс угла диэлектрических потерь, коэффициент абсорбции и другие.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ: РЕАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Бойкачева Е.В. – м.э.н., старший преподаватель, УО «Белорусский государственный университет транспорта»

Мороз В.Н. – студентка, УО «Белорусский государственный университет транспорта»

Аннотация

В статье рассмотрены три фактора: экономика, технологии и экология, отображена взаимосвязь этих факторов и показано, что в современном мире для успешного развития странам необходимо уделять им внимание одновременно. Показано, что их рационализация и совершенствование позволит решить многие социальные, экономические проблемы как внутри одной страны, так и мировой экономики в целом.

В условиях глобальной ограниченности энергетических ресурсов, важное значения приобретает диверсификация и расширение источников получения энергии. В основе любого экономического развития лежат три фактора экономического роста или три вида капитала: трудовые ресурсы, искусственно созданные средства производства и природные ресурсы. В настоящее время экологический фактор стал все более ограничивать экономическое развитие, возросло осознание того, что экономика должна жить не только по экономическим законам, но и учитывать экологические.

Сегодня технологии в различных областях жизнедеятельности действительно являются великим достижением человека, позволившим поднять его уровень жизни. Людям необходимо приложить много усилий для того, чтобы подниматься в космос, возводить небоскребы, создавать роботов-помощников, но это уже не является невозможным в его сознании.

Знаменитому ученому Алану Кею, достигшему больших высот в области информационных технологий, принадлежит фраза, наиболее объективно описывающая сущность технологий: «Технологии – это все, чего не было, когда ты родился». Действительно, технологии – это новшества, непрерывно создаваемыми разными людьми в разное время. Зачастую именно от направленности инноваций и сферы, преобладающей по их внедрению, будет зависеть характеристика «сегодняшнего дня».

Тем не менее, несмотря на все положительные тенденции в жизни общества, нельзя игнорировать опасные, негативные явления. Согласно

исследованию, проведенному исследовательским центром NASA, процесс глобального потепления наметился еще с конца XIX в.¹ Согласно результатам исследования, заметно, что процесс потепления начался и постепенно продолжается с 1880-х гг. Этот период знаменателен многими открытиями, изобретениями и испытаниями в области электроэнергетики. Именно тогда были созданы первые генераторы, трансформаторы, электродвигатели и иные средства для производства и использования электричества. Как известно, наиболее производительным является преобразование энергии из таких источников, как нефть, уголь, газ. Однако эти источники не бесконечны и их запасы неизбежно истощаются. Кроме того, несмотря на то, что технология их преобразования в энергию столетиями отработана и усовершенствована, доля загрязнения окружающей среды за счет выбросов угарного газа (CO₂) по-прежнему высока.

Согласно данным статистического Ежегодника мировой энергетики информационно-консалтинговой компании Enerdata², на одну страну в среднем приходится около 600 млн т. выбросов CO₂ в год, при этом на некоторые страны, производящие большие объемы энергии, приходится более 1000 млн т. в год: Китай (9467), США (5118), Индия (2277), Россия (1755) и Япония (1123). И это, без сомнений, не может не сказываться на мировом климате.

Для того, чтобы остановить потепление и улучшить экологию Земли многие страны и международные организации предлагают такие варианты решений как постепенный переход к получению энергии из альтернативных источников энергии (энергия солнца, ветра, приливов, отливов, гидроэнергия, биоэнергия). Каждый источник характеризуется определенными особенностями технологий его преобразования в электричество, благодаря чему абсолютная каждая страна может выбрать наиболее эффективный и производительный вид альтернативной энергии исключительно для себя.

Так, в странах с теплым климатом и преимущественно солнечной погодой наилучшим вариантом будет использование солнечной энергии, например, солнечные батареи, солнечные окна и т. д. Для многих стран

¹ Официальный сайт научной миссии «Global Climate Change: Vital Signs of the Planet» [Электронный ресурс]. – URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/> (дата обращения: 10.02.2020)

² Статистический Ежегодник мировой энергетики [Электронный ресурс]. – URL: <https://yearbook.enerdata.ru/co2-fuel-combustion/CO2-emissions-data-from-fuel-combustion.html> (дата обращения: 10.02.2020)

преобладающим источником может стать ветер, за счет установленных ветряных электростанций, надувных турбин и др. Более того, в абсолютно всех странах есть мусорные отходы, при сжигании которых возможно получение энергии. Больших объемов энергии из мусора не получить, однако использовать это как один из полезных способов избавления мусора и очищения окружающей среды крайне выгодно.

Отличительными чертами альтернативной энергии является возобновляемость ресурсов и в большинстве случаев меньшая себестоимость производства в отличие от использования ограниченных природных ресурсов. В связи с тенденцией роста потребления энергии, потребление нефти, угля, газа растет соответственно. Всемирная статистика в режиме реального времени представила примерное количество лет, через которое мировые запасы нефти, природного газа и угля иссякнут: 44, 158 и 408 лет соответственно³.

Уже сейчас стоит пересматривать технологии преобразования энергии, при этом оценивая эффективность и себестоимость производства альтернативной электроэнергии в долгосрочной перспективе, т. к. в краткосрочном периоде оценка может быть необъективной, а переход к экологической энергетике казаться затратным, недостаточно эффективным и нерентабельным. В сравнении с объемами, производимыми на данный момент традиционной электроэнергетикой, альтернативная энергетика действительно менее производительна, но более экологична и долговечна. Согласно ежегодным докладам международного сообщества REN21, с каждым годом суммарные мощности альтернативной энергетики растут и на 2018 г. составили 2195 ГВт, при показателе за 2008 г., равном 1140 ГВт⁴. Направив все усилия на увеличение их производительности, человечество получит самые лучшие источники энергии.

Одним из препятствий к развитию альтернативной энергии является сам человек, в котором часто преобладает желание получить все с наибольшей возможной выгодой. Не видя экономической выгоды общество не стремится жертвовать производительностью ради природы, не задумываясь о том, что в

³ Всемирная статистика в режиме реального времени [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.worldometers.info/ru/> (дата обращения: 09.02.2020)

⁴ Глобальные доклады REN21 о статусе возобновляемой энергетики [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/> (дата обращения: 12.02.2020)

дальнейшем это может привести к губительным последствиям. И для привлечения людей к социальной ответственности необходимо доказать взаимосвязь экологии, технологии и экономики.

Примером того, что переход к преимущественно альтернативной энергетике способствует улучшению национальной экономики, являются Норвегия, Бразилия, Канада, Швеция, в которых доля возобновляемых источников превышает 50% общего производства энергии. По объемам ВВП эти страны занимают 28, 8, 10 и 22 место соответственно, и в каждой наблюдается стабильный рост ВВП.

Экономическая состоятельность Норвегии обусловлена тем, что страна обладает богатыми запасами углеводородов и занимает 13-е место по добыче нефти среди стран ОПЕК, однако для удовлетворения энергопотребностей использует возобновляемые источники (97,9%), за счет чего большая часть добываемой нефти идет на экспорт. Канада также удовлетворяет собственные потребности в энергии в большей степени за счет возобновляемых источников (65,9%), представленными множеством крупных рек и озёр, сильными ветрами и морскими приливами, а излишне произведенную энергию и полезные ископаемые экспортирует, главным образом, в США.

Благодаря уровню современных технологий, альтернативная энергия может вырабатываться различными способами, в том числе совместно с продуктами других сфер человеческой деятельности. Однако здесь важно помнить фразу изобретателя Р. Фуллера: «Человечество всегда создает правильные технологии для неправильных целей». Действительно, важно не просто создавать новые технологии, а грамотно их использовать, стремясь получить максимальный эффект.

Так, например, в США разрабатывается инновационный транспорт Hyperloop, представляющий собой вакуумный поезд, предусматривающего выработку энергии с помощью солнечных батарей. Поскольку производство энергии будет превышать потребность поездов в ней, данный проект за счет реализации излишков позволит сформировать вспомогательный источник финансирования эксплуатационных расходов⁵.

Не стоит забывать и об автомобильном транспорте, который в последние

⁵ Официальный сайт проекта Hyperloop [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.hy-perloop.global/how-it-works> (дата обращения: 11.02.2020)

столетия занимает лидирующие позиции в транспортной сфере. На основании современных достижений в материально-техническом развитии транспортной инфраструктуры, можно сделать предположение об относительно скором обновлении автомобильных дорог, ориентированном на обеспечение экологии.

Так, например, на данный момент Шведская организация Elonroad разрабатывает проект электрической дороги, в основе которой лежит идея ее оснащения специальными электрическим рельсом и сенсорами, позволяющими не только повысить уровень безопасности движения автотранспортных средств, но и снизить уровень загрязнения. По данным проекта, общий объем необходимой для дороги электроэнергии составит около 10-15% от общего потребления, что позволяет использовать для этих целей энергию возобновляемых источников. Несмотря на высокую себестоимость электрической дороги, которая, согласно проведенным компанией расчетам, уже сейчас оценивается примерно 0,6 млн евро/км, через 10 лет предполагается, что суммарная величина себестоимости дороги и расходов на обеспечение ее электроэнергией будет равна сумме расходов дизельного и биотоплива, так сильно загрязняющих окружающую среду. Это свидетельствует о рациональности данного проекта и положительных прогнозов по поводу строительства и использования электрической дороги в долгосрочной перспективе.

В Республике Беларусь компания «Белоруснефть» также стала поддерживать мировую тенденцию и начала использовать возобновляемые источники при производстве энергии. Согласно официальным данным компании, к 2018 г. были построены фотоэлектрические станции (ФЭС) различных мощностей, солнечные коллекторы для нагрева воды и тепловые насосы для удовлетворения нужд водоснабжения и отопления. Это позволяет покрывать потребности организации в электроэнергии и снижать издержки производства, в данном случае представленные себестоимостью 1 тонны нефти.

Таким образом, становится очевидным, что структура энергетического комплекса и источники энергии сильно влияют на экономику стран.

Государства, осваивающие альтернативную энергетику, способствуют улучшению экологии и укрепляют позиции на мировом рынке за счет экспорта

природных ресурсов и получают возможность влиять на цены топливных ресурсов. Кроме того, использование возобновляемых источников позволяет использовать полезные ископаемые для развития других отраслей, снижать себестоимость произведенной энергии и издержки производства в целом.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ МОЛОЧНОЙ ФЕРМЫ

Габитов И.И. – д.т.н, ректор ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Неговора А.В. – д.т.н, профессор, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Мударисов С.Г. – д.т.н, профессор, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Костарев К.В. – к.т.н, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Балтиков Д.Ф. – к.т.н, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Аннотация

Целью исследования является моделирование конструктивных и технологических параметров газогенераторной установки в зависимости от потребности количества энергии и проведение экспериментальных исследований с учетом использования математических данных. Результаты моделирования работы газогенераторной установки (ГГУ) позволяют оптимизировать конструктивные и технологические параметры газогенераторной установки в зависимости от потребности энергии или утилизация необходимого объема отходов. Определены оптимальные параметры ГГУ для работы в условиях молочно-товарной фермы на 100 голов крупнорогатого скота: диаметр котла ГГУ $d_k=0,46$ м; скорость ГГ в змеевике охладителя $v_{ox_i}=37$ м/с; диаметр резервуара хранения воды $d_{p,v}=0,58$. Экспериментальным путем были определены температурные режимы установки и характеристика изменения состава генераторного газа от количества подаваемого воздуха в камеру газификации.

Во многих ведущих странах мира руководстве сталкивается с проблемами утилизации тверды горючих отходов. В основном это отходы сельскохозяйственных, лесопромышленных, коммунальных и других предприятий. Существует множество способов утилизации твердых отходов: вывоз на специализированную свалку, сортировка отходов, обезвреживание и сжигание отходов. Все перечисленные способы утилизации вредны для экологии либо очень трудоемки и затратны.

Отходы можно преобразовать в энергию: например, сжигать мусор в специальных печах или котлах для выработки тепла, пара и/или электричества.

Энергосодержащие отходы можно использовать сразу без какой-либо переработки в качестве топлива для двигателей или, переработав их, в виде любого другого вида топлива. Обработка отходов посредством использования высоких температур позволяет использовать отходы в качестве источника топлива как для приготовления пищи и отопления помещений, так и для обеспечения работы котлов, с помощью которых вырабатывается пар и электроэнергия. Пиролиз и газификация – две формы переработки отходов при высокой температуре с ограниченным доступом кислорода. Эти процессы происходят в герметичной ёмкости под высоким давлением. В процессе пиролиза твердых отходов получают твердые, жидкие и газообразные вещества. При сжигании полученных жидких и газообразных веществ можно вырабатывать энергию, Обычную и плазменнодуговую газификацию используют для прямой переработки органических веществ в синтез-газ, в состав которого входят моноксид углерода и водород. При сжигании газа вырабатывают электричество и пар. Тем самым данные отходы можно утилизировать, решая экологическую проблему, и получать дополнительную энергию, которую можно направить на различные нужды.

В своих работах Vascellari M., Roberts D.G., Harris D.J., Hasse C.¹ исследуют моделирование газификации каменного угля. Удаление летучих веществ при газификации угля моделируется с использованием эмпирических конкурирующих двухступенчатых моделей, параметры которых калибруются на этапе предварительной обработки с помощью передовых моделей пиролиза CPD, FG-DVC и FLASHCHAIN. Результаты передовых моделей пиролиза сначала проверяются на истинных данных летучих выходов, полученных при высоких давлениях и скоростях нагрева в экспериментах на проволочных реакторах.

Donskoy I.G., Shamansky V.A., Kozlov A.N.², Svishchev D.A.² реализуют математическую модель для описания конверсии твердого топлива в реакторах газификации с неподвижным слоем и с вовлеченным потоком.

¹ Vascellari M., Roberts D.G., Harris D.J., Hasse C. From laboratory-scale experiments to industrial-scale CFD simulations of entrained flow coal gasification Fuel 152, 58-73; Hla S.S., Roberts D.G., Harris D.J. A numerical model for understanding the behaviour of coals in an entrained-flow gasifier. Fuel Processing Technology, 2015, vol. 134, pp. 424–440. DOI: 10.1016/j.fuproc.2014.12.053

² Donskoy I.G., Shamansky V.A., Kozlov A.N., Svishchev D.A. Coal gasification process simulations using combined kinetic-thermodynamic models in one-dimensional approximation Combustion Theory and Modelling. 2017. T. 21. № 3. pp. 529-559.; Levin A.A., Kozlov A.N., Svishchev D.A., Donskoy I.G. Cfd-modeling of the multistage gasifier capacity of 30 Kw Journal of Physics: Conference Series. 2017. T. 891. pp. 012229.

Предложенные модели отличаются от известных тем, что общая задача сводится к решению ряда менее сложных подзадач по одному для определенных этапов физико-химического процесса. Такой подход позволяет значительно сократить вычислительные усилия для полученных алгоритмов и сохранить физическое содержание модели за счет возможности упрощения макрокинетических уравнений. Модель выполнена с использованием программного комплекса CFD-моделирования (COMSOL Multiphysics).

Dubinina A.M., Tuponogov V.G., Kagramanov Y.A.³ в своей работе рассматривают проблему недостаточной температуры пиролиза каменного угля, которая ведет к сниженному КПД. Авторы предлагают подводить в камеру сгорания газогенераторной установки, дополнительное тепло циркулирующим потоком инертного дисперсного агента теплопередачи. Экспериментальные данные температуры и составы газообразного продукта хорошо согласуются с результатами моделирования, основанными на предлагаемой модели кинетической газификации.

В данных работах рассматриваются математические модели для разработки и усовершенствования газогенераторной установки. Используются моделирование газификации твердого топлива. Для описания кинетики пиролиза древесины и газификации древесного угля были проведены исследования с использованием комплекса одновременных тепловых анализов. Для этого комплекса разработаны оригинальные методы интерпретации измерений, включающие методы технического анализа топлив и определения параметров детальной кинетики и механизма пиролиза. Все используемые газогенераторные установки авторами направлены на выработку только генераторного газа. Вместе с тем вопросы оптимизация конструктивных и технологических параметров пиролизных котлов не рассматривались.

Условия, материалы и методы.

На базе Башкирского государственного аграрного университета был разработан энергетический комплекс на основе автомобильной газогенераторной установки⁴. Разработанной установке были учтены все

³ Dubinina A.M., Tuponogov V.G., Kagramanov Y.A. Air-based coal gasification in a two-chamber gas reactor with circulating fluidized bed. *Thermal Engineering*. 2017. Т. 64. № 1, pp. 46-52; Dubinina A.M., Mavrin S.P. Coal gasification in a system with a damped circulating fluidized bed. *Steel in Translation*. 2016. Т. 46. № 11. С. 764-770.

⁴ . Козеев, А.А. Оптимизация параметров энергетического комплекса на основе газогенераторной установки // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. С. 108-114; Габитов И.И. Анализ работы энергетического комплекса с

недостатки рассмотренных установок, а также установка направлена не только на выработку генераторного газа, но и на выработку тепловой энергии в виде нагретой воды.

Цель исследования – это оптимизирование конструктивных и технологических параметров газогенераторной установки.

На теоретическом этапе проводились исследования по разработке модели для оптимизации конструктивных и технологических параметров (рисунок 1) газогенераторной установки. К оптимизируемым параметрам были включены: диаметр котла ГГУ (d_{ki}), температура воды на выходе из котла (t''_{bk_i}), диаметр спирали змеевика (d_{ci}), скорость прохождения газа в змеевике (v_{ox_i}) и диаметр резервуара горячей воды (D_{pi}). Критерием оптимизации являются приведенные затраты Z_n , руб/(кВт·ч).

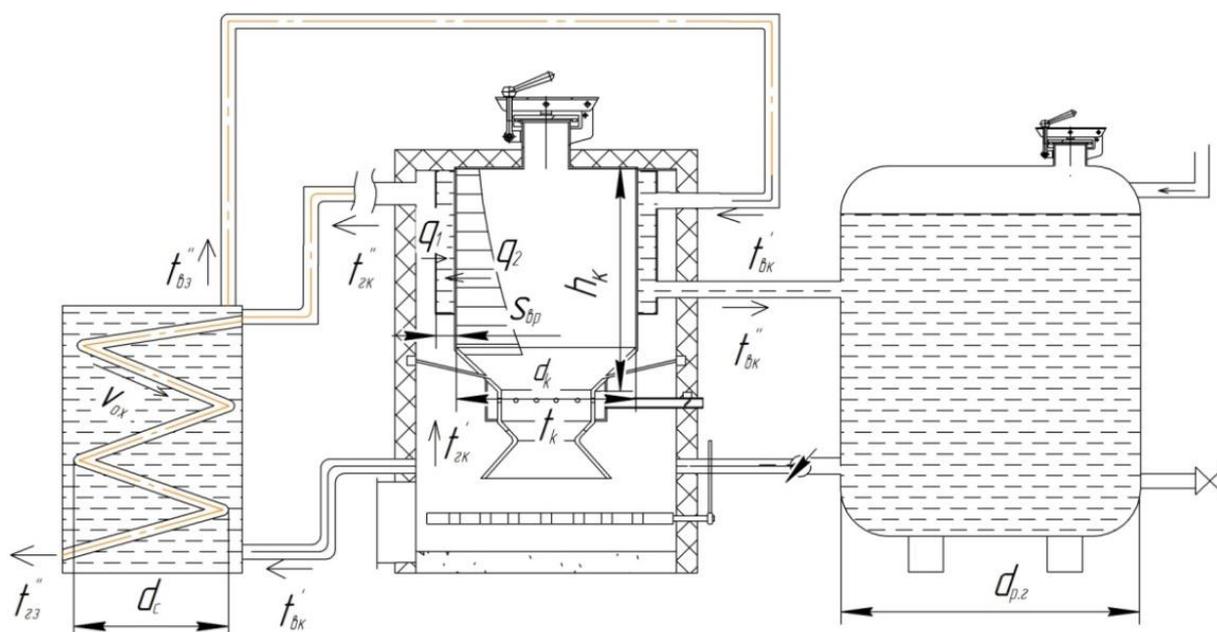


Рис. 1. Расчетная схема газогенераторной установки для оптимизации конструктивных параметров

На основе использования известных законов теплообмена для расчетной схемы на рисунке 1 были выведены следующие система уравнений:

– изменение температуры стенок котла:

$$\begin{cases} \frac{dt_{CT1}}{dh_k} = t'_{BK} - \frac{k_1}{\alpha_1} \cdot (t'_{ГK} - t''_{B.K}) \\ \frac{dt_{CT2}}{dh_k} = t'_{Г.K} - \frac{k_1}{\alpha_2} (t'_{Г.K} - t''_{B.K}) \\ \frac{dt_{CT3}}{dh_k} = \left(\frac{\alpha_3 \cdot t'_B + \lambda_K}{b_K} \cdot t'_K \right) / \left(\alpha_3 + \frac{\lambda_K}{b_K} \right) \end{cases} \quad (1)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от стенки водяной рубашки к воде, Вт/(м²·К); $t''_{B.K}$ – температура воды в котле °С; k_1 – коэффициент теплоотдачи от газа к стенке водяной рубашки, Вт/(м²·К); h_k – высота стенки котла ГГУ, омываемой ГГ, м.

$t'_{Г.K}$ – температура газа в котле ГГУ, °С;

α_2 – коэффициент теплоотдачи от газа к стенке, Вт/(м²·К);

– градиент температуры стенки котла со стороны водяной рубашки:

α_B – коэффициент теплоотдачи от стенки к воде;

t'_B – текущая температура воды в котле по высоте, °С;

λ_K – коэффициент теплопроводности стенки котла, Вт/(м·К); b_K – толщина стенки котла, м;

t'_K – текущая температура котла относительно высоты котла ГГУ, °С.

– изменение текущей температуры котла, воды и газа относительно его высоты, t'_K :

$$\begin{cases} \frac{dt_k}{dh_k} = \frac{(t_{k.max} - 60)}{e^{(-60,38 h'_k + 0,052767 t_{k.max} + h'_k + 18521 h_k^{0,94})}} + 60 \\ \frac{dt'_Г}{dh_k} = \pi k_1 \cdot \frac{d_{Г.р}}{q_{ГГУ} \rho_{Г} C_{Г}} (t'_{Г.K} - t''_{B.K}) C_i \\ \frac{dt'_B}{dh_k} = \frac{\pi \cdot (q_B \cdot C_B) \cdot (k_1 \cdot d_{B.р} \cdot (t'_{Г.K} - t''_{B.K}) + d_{ki} \cdot \alpha_B \cdot \lambda_{B.р} \cdot (t'_k - t''_{B.K}))}{(\lambda_{B.р} + \alpha_B \cdot b_k)} \cdot C_i \end{cases} \quad (2)$$

где $t_{k.max}$ – максимальная температура в котле ГГУ, °С;

h'_k – текущая высота котла ГГУ, м.

– градиент температуры газа в газовой рубашке по высоте котла ГГУ, t'_2 :

$q_{ГГУ}$ – производительность ГГУ по выработке газа, м³/с;

$d_{г,р}$ -диаметр газовой рубашки, м; $\rho_г$ - плотность генераторного газа, кг/м³;

$c_г$ -теплоемкость генераторного газа, Дж/(кг · °С); c_i - шаг интегрирования

$t'_{г.к.мах}$ - максимальная температура газа в котле, °С.

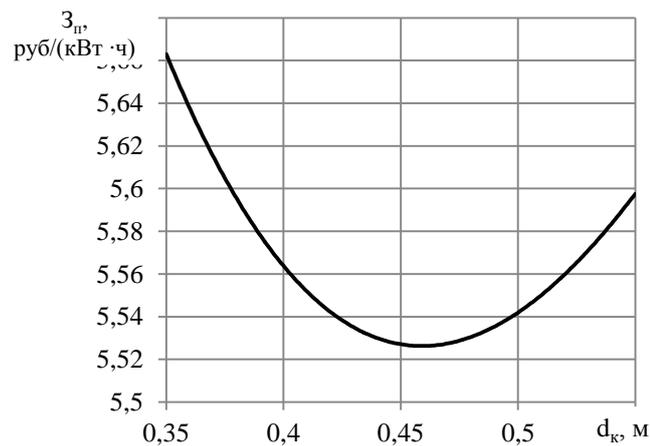
$q_в$ - массовый расход горячей воды, кг/с;

$c_в$ - теплоемкость воды, Дж/(кг · °С);

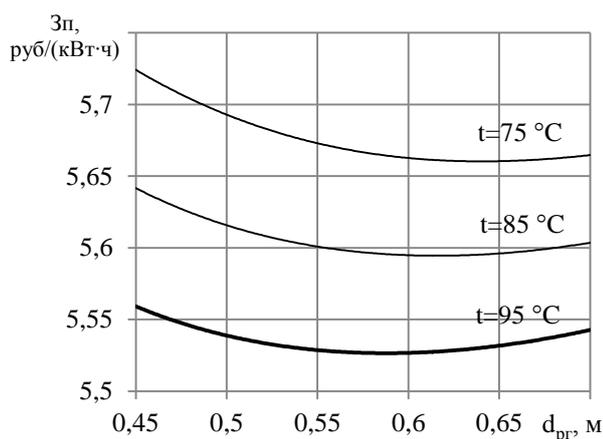
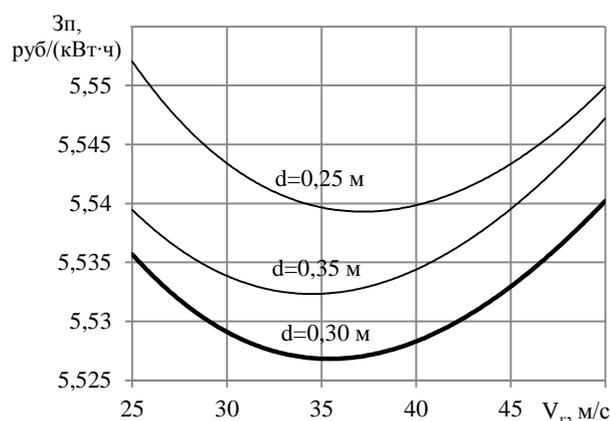
$d_{в,р}$ - диаметр водяной рубашки, м;

$d_к$ - диаметр котла, м;

С использованием данных уравнений (1)–(2) были проведены численные исследования по оптимизации конструктивных и технологических параметров газогенераторной установки для энергообеспечения молочно-товарной фермы на 100 голов крупного рогатого скота (рисунок 2).



а)



б)

в)

Рис. 2. Зависимость удельно-приведенных затрат от диаметра котла ГГУ (а); скорости ГГ в змеевике охладителя в при различных диаметрах спирали змеевика (б); диаметра резервуара горячей воды при различных температурах горячей воды (в).

С учетом полученных оптимальных параметров установки, были проведены экспериментальные исследования по определению температурных режимов и определение состава генераторного газа. На рисунке 3 представлен график изменения температуры камеры газификации в промежутке времени до выхода на номинальный режим, а также график изменения состава генераторного газа в зависимости от количество подаваемого воздуха в камеру газификации.

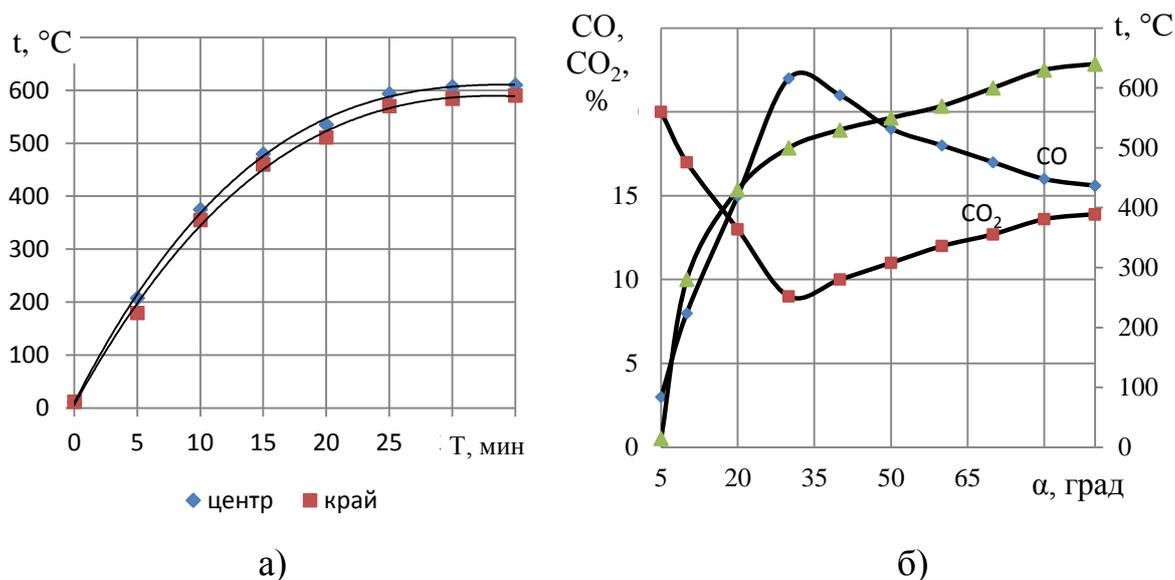


Рис.3 . Изменение температуры по объему камеры газификации в зависимости от продолжительности горения (а); Изменение состава ГГ в зависимости от положения электроуправляемой заслонки (б)

В центре горения камеры газификации температура составляет 605-610 °С, а в зоне стенок камеры составляет 580-590 °С. При изменении положения электроуправляемой заслонки от 5 до 90 градусов были определены следующие закономерности изменения состава газа (СО, СО₂) и температуры камеры газификации: при изменении положения заслонки от 0 до 30 градусов удельный состав газа СО плавно увеличивается от 3 до 22%, компонент СО₂ уменьшается от 20 до 9%, а температура камеры газификации достигает 490 °С; при данном положении заслонки генераторный газ достигает своего оптимального качества. Количество подаваемого воздуха зависит в первую очередь от объема камеры газификации. В нашем случае для достижения оптимального качества генераторный газ достигается при положении электроуправляемой заслонки 30 градусов, а дальнейшее увеличение подачи воздуха приводит к не стабильному процессу пиролиза.

Предложена математическая модель распределения энергии комплекса при его работе в малой молочно-товарной фермы, позволяющая рассчитать тепловой баланс энергии, при котором достигается наименьший расход топлива.

Разработаны математические модели оптимизации конструктивных и технологических параметров ГГУ. Определены оптимальные параметры ГГУ для работы в условиях МТФ на 100 голов крупнорогатого скота: диаметр котла

ГГУ $d_k=0,46$ м; скорость ГГ в змеевике охладителя $v_{ox_i}=37$ м/с при диаметре спирали змеевика $d_c=0,30$ м; диаметр резервуара хранения воды - $d_{p.г}=0,58$ м при температуре воды на выходе из котла $t_{e.к}''=95$ °С и при зазоре водяной рубашки $S_{в.р.}=0,035$ м.

Полученная математическая модель позволяет произвести моделирование конструктивных и технологических параметров в зависимости от количественной потребности энергии или объема твердых отходов, необходимого для утилизации.

С учетом математических расчетов были проведены экспериментальные исследования по определению температурных режимов работы установки, где температура камеры газификации составило 580-610 °С. Определена зависимость изменения состава генераторного газа от количества подачи воздуха в камеру газификации. Наиболее качественный состав газа был получен при подаче воздуха с положением электроуправляемой заслонки в 30 градусов.

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Гриценко А.В. – д.т.н., профессор, ФГБОУ «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет), ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Салимоненко Г.Н. – аспирант, ФГБОУ «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация

В статье приведены результаты исследования технического состояния систем двигателя внутреннего сгорания. Предложены новые метод и средство встроенного тестового диагностирования. Полученные результаты являются основой технологии достоверного диагностирования систем двигателя и служат рекомендацией автообслуживающему производству.

Сегодня вопросы экологии на транспорте стоят в первом ряду, тесно перекликаясь с мероприятиями по уменьшению расхода топлива¹. В ряде стран категорично подходят к данному вопросу, путем замены всего парка на электротранспорт². В РФ электротранспорт стоит у истоков формирования³. Поэтому основное внимание следует обеспечить поддержанию в эксплуатации норм токсичности в заданных пределах, регламентированных стандартами⁴. В связи с чем сегодня большое внимание уделяется контролю технического состояния встроенными средствами диагностирования с возможностью

¹ Потапов А.Д. Экология: Учеб. для строит. спец. вузов / А.Д. Потапов. – М.: Высш. шк. 2002. 446 с.; Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учеб. пособие для вузов, средних школ и колледжей. - 2-е изд., испр. и доп. / Ю.В. Новиков. – М.: ФАИР-ПРЕСС. 2002. 560 с.; Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия». 2002. 480 с.

² Ременцов, А.Н., Зенченко, В.А., Нгуен Минь Тиен. Альтернативный подход к оценке технического состояния электронных систем управления двигателем // Вестник МАДИ (ГТУ). – М., 2010. № 4(23). С. 27-30; Исаенко П.В. Автотранспортная экология / П.В. Исаенко, В.Д. Исаенко, В.А. Аметов. – Томск: Изд-во ТГАСУ. 2006. 240 с.

³ Жданок, С.А. Теплофизические и кинетические процессы в системах снижения токсичности отработавших газов энергетических установок. – Минск: Беларуская навука. – 2014. 371 с.; Кульчицкий, А.Р. Токсичность поршневых ДВС. Экспериментальная оценка экологического уровня двигателей : учеб. пособие; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. 116 с.

⁴ Белл, С.С. Метод определения скорости химических реакций в процессах нейтрализации отработавших газов // Известия МГТУ «МАМИ». 2012. №2(14). Т. 2. С. 266-270; Шарипов А. Улучшение экологических показателей автомобильного двигателя с искровым зажиганием в период прогрева после холодного пуска. Дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.04.02. Москва, 2012. 136 с.

адаптивного регулирования⁵.

Целью исследования является повышение достоверности диагностирования ДВС путем контроля концентрации отработавших газов отдельных цилиндров на тестовых режимах.

Преимуществами встроенного контроля является:

- 1) непрерывность;
- 2) универсальность;
- 3) быстрое действие;
- 4) отсутствие оператора диагноста;
- 5) автоматизация алгоритмов диагностирования;
- 6) селективность выбора систем и узлов при реализации контроля;
- 7) минимальная трудоемкость..

Теоретические исследования.

В теоретической части исследований был проведен анализ множественных исследований в области контроля параметров токсичности современных транспортных средств⁶. Все результаты исследования были обобщены в ряд функциональных зависимостей:

$$n = f(Z, F, R), \quad (1)$$

$$O_2 = f(Z, F, R), \quad (2)$$

$$CH = f(Z, F, R), \quad (3)$$

$$CO = f(Z, F, R), \quad (4)$$

$$CO_2 = f(Z, F, R), \quad (5)$$

где n – частота вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания, мин^{-1} ; O_2 – содержание кислорода в отработавших газах, %; CH – содержание углеводородов, млн^{-1} ; CO – содержание оксида углерода, %; CO_2 – содержание диоксида углерода в отработавших газах, %; Z – зазор свечи зажигания, мм; F – пропускной способности электромагнитной форсунки, %; R – эквивалентное сопротивление нейтрализатора, мм.

Данные обрабатывались с использованием программного продукта Matlab

⁵ Bosch. Автомобильный справочник. 3-е изд. – М.: «За рулём», 2012. 1280 с.; Gritsenko, A.V., Shepelev, V.D., Shepeleva, E.V. Optimizing Consumption of Gas Fuel Using Static Method of Tuning Automobile Gas-Cylinder Equipment // International Conference on Industrial Engineering. P. 2163–2173.

⁶ Gritsenko, A.V., Shepelev, V.D., Shepeleva, E.V. Optimizing Consumption of Gas Fuel Using Static Method of Tuning Automobile Gas-Cylinder Equipment // International Conference on Industrial Engineering. P. 2163–2173; Gritsenko, A.V., Glemba, K.V., Vozmilov, A.G. Improving the car environmental qualities by studying the engine load characteristics in the modes of injection rate off // Transportation research procedia 36. P. 237–244.

Simulink. Расчетная модель представлена на рисунке 1.

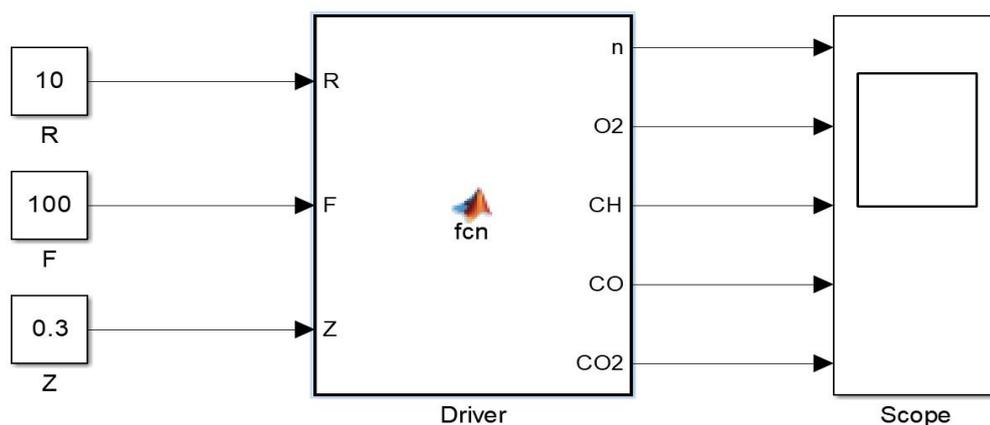


Рис. 1. Расчетная модель в программном продукте Matlab Simulink

После обработки данных получена зависимость рисунок 2.

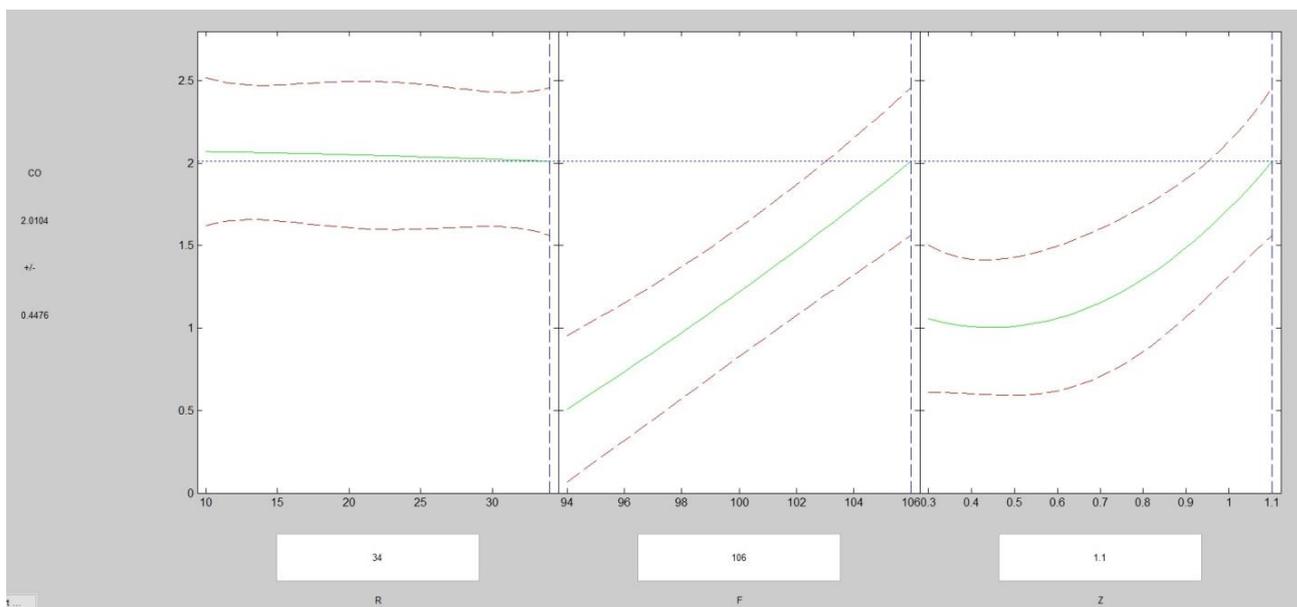


Рис. 2. Зависимость концентрации CO, % в отработавших газах от эквивалентного сопротивления нейтрализатора R, мм, пропускной способности электромагнитной форсунки F, %, зазора свечи зажигания Z, мм (на графике представлена комбинация R=10 мм, F=94%, Z=0,3 мм)

Анализ данных на рисунке 2 показывает, что рост эквивалентного сопротивления каталитического нейтрализатора с 40 до 10 мм приводит к увеличению концентрации CO с 2 до 2,1%. Изменение пропускной способности электромагнитной форсунки с 94% до 106% сопровождается изменением концентрации CO с 0,5 до 2%. Причем изменение параметров R и

F вызывает практически линейное изменение концентрации CO в отработавших газах. Что нельзя сказать о параметре – Z (зазоре в свече зажигания). Как видно из рисунка 2 изменение зазора в свече зажигания с 0,3 до 1,1 мм вызывает рост концентрации CO с 1,1 до 2% по параболическому закону.

Таким же образом были получены зависимости для других выходных параметров.

Методика исследования.

Для практической реализации был изготовлен экспериментальный стенд, представляющий из себя двигатель ВАЗ 2110 с индивидуальными точками забора пробы отработавших газов рисунок 3.



Рис. 3. Экспериментальная установка и лабораторные средства измерения

Для проведения экспериментальных исследований выбран комплекс лабораторных средств измерения, включающий в себя: мотор-тестер МТ-10, 4-х компонентный газоанализатор ИНФРАКАР М 2.01, догрузатель бензинового двигателя ДБД-4, персональный компьютер⁷.

Элементами новизны экспериментальных исследований являются: 1) Осуществление индивидуального забора отработавших газов из каждого цилиндра в отдельности⁸. Что показано на рисунке 4; 2) Обеспечение тестовых режимов нагружения путем отключения отдельных циклов топливоподачи и

⁷ Там же.

⁸ Plaksin, A.M., Gritsenko, A.V., Glemba, K.V. Experimental studies of cylinder group state during motoring // Procedia Engineering 2. Ser. "2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016". 2016. С. 1188–1191; Гриценко, А.В., Куков, С.С., Бакайкин, Д.Д. Результаты экспериментальных исследований пропускной способности электромагнитных форсунок бензиновых двигателей внутреннего сгорания // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2012. № 5 (56). С. 40–42; Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем топливоподачи и смазки двигателей внутреннего сгорания / А.М. Плаксин, А.В. Гриценко, К.И. Лукомский, В.В. Волынкин // Аграрный вестник Урала. 2014. № 7 (125). С. 53–58.

цилиндров полностью; 3) Формирование тестовых режимов при определенном положении дроссельной заслонки (в данной работе при 20%).

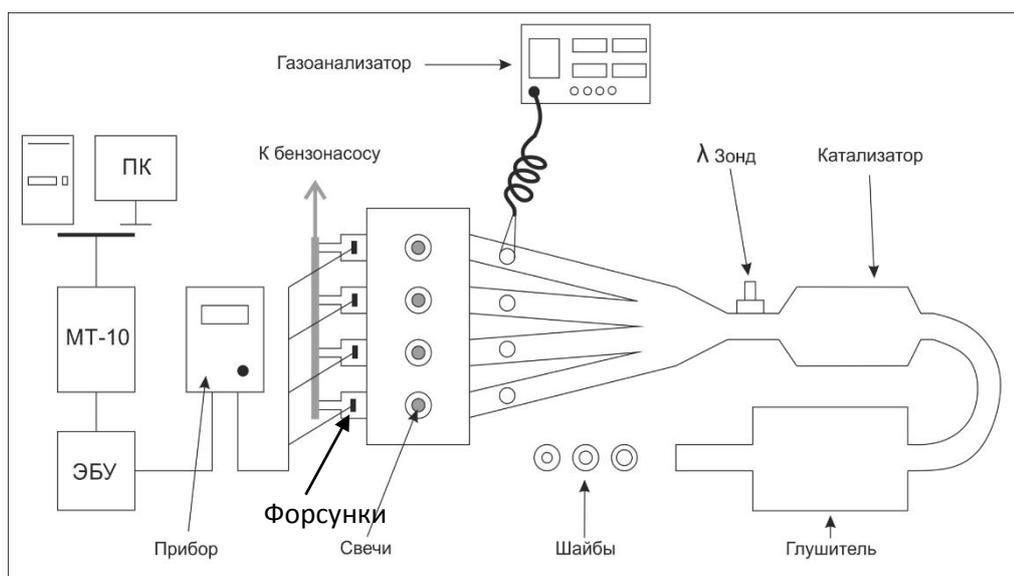


Рис. 4. Принципиальная схема экспериментальной установки

Результаты исследования.

При реализации методики экспериментальных исследований была составлена матрица эксперимента и заданы сочетания факторов F, R и Z, что представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание CO, % при постоянном значении пропускной способности электромагнитной форсунки 106%

№ п.п.	F, %	R, мм	Z, мм	CO, %
1	106	10	0,3	0,69
2	106	22	0,3	0,65
3	106	34	0,3	0,60
4	106	10	0,7	0,91
5	106	22	0,7	0,86
6	106	34	0,7	0,80
7	106	10	1,1	3,44
8	106	22	1,1	3,38
9	106	34	1,1	3,33

Представленные в таблице 1 данные взаимосвязи сопротивления нейтрализатора, пропускной способности форсунки, зазора в свече зажигания с выбросами CO, % при 20% степени открытия дроссельной заслонки были импортированы в программный продукт SigmaPlot. Результаты обработки экспериментальных данных представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Обработка данных в программном продукте SigmaPlot

	Coefficient (Коэф.)	Standard Error of Estimate (Стандартная ошибка оценки)	t (Статистика коэф.)	P (Значение вероятности)	
R (Коэф. корреляции)	1,0000	0,0067			
R ² (Коэф. линейной детерминации)	1,0000				
Adj R ² (Скорректированн ый R ²)	1,0000				
y ₀	2,0997	0,0185	113,6366	<0,0001	
a	-0,0038	0,0015	-2,6035	0,0598	
b	-6,7146	0,0418	-160,6155	<0,0001	
c	-1,1574E-005	3,2737E-005	-0,3536	0,7415	
d	7,2396	0,0295	245,7196	<0,0001	
Analysis of Variance (Дисперсионный анализ)					
	DF (Степень свободы)	SS (Сумма квадратов)	MS (Дисперсия на одну степень свободы)		
Regression (Регрессия)	5	37,8130	7,5626		
Residual (Остаточный)	4	0,0002	4,4444E-005		
Total (Всего)	9	37,8132	4,2015		
Corrected for the mean of the observations (С поправкой на среднее из наблюдений)					
	DF (Степень свободы)	SS (Сумма квадратов)	MS (Дисперсия на одну степень свободы)	F (Наблюдае мое значение статистики)	P (Значение вероятности)
Regression (Регрессия)	4	13,9335	3,4834	78376,0000	<0,0001
Residual (Остаточный)	4	0,0002	4,4444E- 005		
Total (Всего)	8	13,9337	1,7417		

В результате обработки экспериментальных данных получена серия зависимостей, одна из которых представлена на рисунке 5.

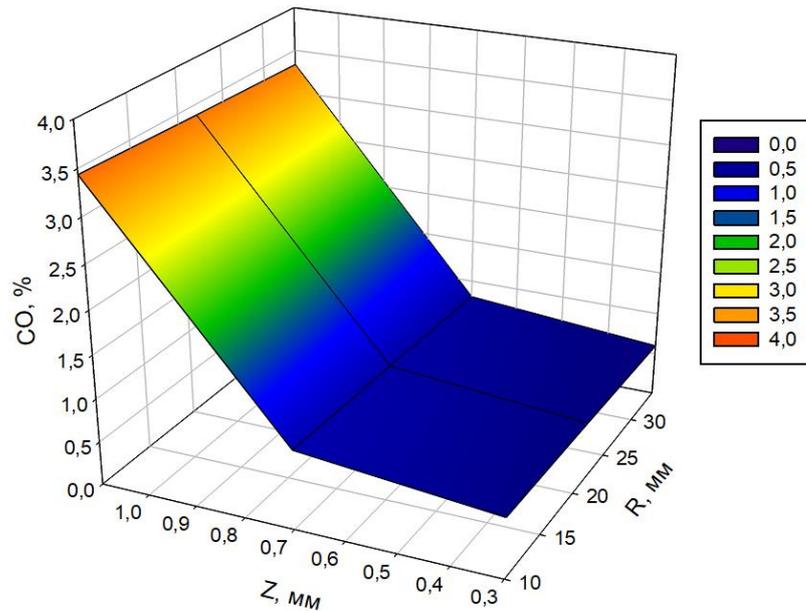


Рис. 5. Зависимость содержания CO, % от зазора в свече зажигания Z, мм и эквивалентного сопротивления каталитического нейтрализатора R, мм (при постоянном значении пропускной способности электромагнитной форсунки, равном 106%)

Представленная зависимость на рисунке 5 аппроксимирована уравнением:

$$CO(R, Z) = 2,0997 - 0,0038 \cdot R - 6,7146 \cdot Z - (1,1574E - 005) \cdot R^2 + 7,2396 \cdot Z^2, \quad (6)$$

При анализе приведенного выше графика при минимальном значении искрового промежутка свечи зажигания 0,3 мм и минимальном эквивалентном сопротивлении каталитического нейтрализатора показатель CO равен 0,69%, что свидетельствует о неполном сгорании ТВС. При увеличении искрового промежутка от 0,3 мм до 0,7 мм наблюдается стабильно малое процентное содержание CO, при росте эквивалентного сечения каталитического нейтрализатора показатель остается предельно малым для данного сочетания факторов 0,91%. В зоне роста искрового промежутка свечи зажигания от 0,7 мм до 1,1 мм наблюдается значительный подъем содержания CO в пробе отработавших газов. Максимальное значение показателя достигается при сочетании факторов искровой промежуток свечи зажигания 1,1 мм и эквивалентное сопротивление каталитического нейтрализатора 34 мм.

Содержание СО при этом равняется 3,33%, что указывает на пропуски в сгорании, т.е на переобогащенную смесь.

Таким образом, в данной статье показан фрагмент реализации нового метода диагностирования систем двигателя, основанного на индивидуальном контроле токсичности отработавших газов. Для чего разработана методика и приборные средства. Производственные испытания нового метода показали высокую его чувствительность к изменению технического состояния электромагнитных форсунок, свечей зажигания и каталитических нейтрализаторов современных автомобилей.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОСПРИЯТИЯ ВОДИТЕЛЕМ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ

Гриценко А.В. – магистрант, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»; д.т.н., доцент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Глемба К.В. – магистрант, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»; к.т.н., доцент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Крапивина Е.А. – к.т.н., доцент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Аннотация

Рассматривается процесс восприятия водителем дорожной информации. Проанализирован процесс совмещения информационных и рекламных щитов, затрудняющий «читаемость» дорожной информации. Проведен анализ негативного влияния отвлекающей информации на безопасность движения и даны рекомендации по снижению травматизма. Выявлена значимость соблюдения безопасной плотности рекламных щитов, их безопасного размещения и ограничения на виды носителей рекламной информации.

При стремительном росте автомобилизации в стране важное значение для безопасности дорожного движения имеет инженерно-психологическое обеспечение при обустройстве автомобильных дорог, которое должно помогать водителю своевременно предвидеть развитие дорожной обстановки и, соответственно, прогнозировать свои действия¹. Это обеспечивается подачей опережающей информации, которая должна подсказывать правильные решения. Чаще всего она вводится в виде предупреждающих знаков и нанесением разметки. Исследователями установлено, что водители воспринимают только 70...80 % всех дорожных знаков, а приоритетность их восприятия зависит от значимости того или иного знака для водителя, не всегда совпадая с их важностью².

¹ Глемба К. В., Ларин О. Н. Обзор методов определения надежности оператора в динамических эргатических системах // Транспорт Урала. – 2012, №1(32), январь-март. – С. 17-22; 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; Глемба К. В. и др. Аспекты повышения безопасности подсистемы «оператор» на колесном транспорте // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 70. С. 34-42.

² Ларин, О.Н. и др. Системный подход к поиску резерва повышения безопасности дорожного движения в крупных городах России. Межвузовский сб. науч. статей. Самара: Самарский государственный технический

Процесс восприятия водителем дорожных знаков содержит несколько этапов: обнаружение (выделение знака из общего фона), опознание (различение формы и цвета знака), расшифровка, осмысливание и формирование ответного действия. В процессе восприятия стадии различения *форм* и *деталей* знаков занимают очень мало времени (0,1...0,3 с, т. е. одна фиксация взгляда), но они крайне важны, поскольку именно в этот период происходит прием информации. Чем раньше эта информация будет воспринята, тем больше вероятность ее правильной переработки³.

Расстояние видимости знака определяется угловыми размерами знака, уровнем *адаптирующей яркости*, *контрастом* между объектом и фоном знака и символа, а также сложностью дорожной обстановки. Дорожные знаки, разметка, пешеходы, стоящие на обочине автомобиля могут восприниматься водителем с опозданием или вообще не восприниматься, если не будут контрастно выделяться на окружающем фоне. При организации дорожного движения и обустройстве дорог следует учитывать особенности зрительного восприятия водителей в темное время суток. Видимость объекта в темное время суток определяется яркостью дорожного покрытия (фона) и яркостью объекта наблюдения. Основными причинами ДТП в темное время суток являются: ухудшение видимости и плохое освещение дорог, ослепление водителей, неисправность и неправильное пользование приборами наружного освещения автомобиля, а также снижение работоспособности водителей в ночное время⁴.

Проведенные в Германии исследования показали, что повышение уровня освещенности дорог позволяет сократить аварийность в ночное время в городах на 30%, а в сельской местности – на 45%. Сокращение же освещенности ведет к увеличению ДТП. Так, в Гамбурге сокращение

университет, 2013. С. 165-181; 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: Южно-Уральский государственный университет, 2012. С. 45-55; Аверьянов, Ю. И. 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 и др.

³ 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; Аверьянов Ю. И., Глемба К. В., Глемба В. К. Методы оценки информационной перегрузки оператора в процессе управления машиной // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2010. Т. 56. С. 5-10; Глемба К. В. Надежность процесса восприятия водителем дорожных условий // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. 2008. Т. 52. С. 30-35 др.

⁴ Там же.

продолжительности освещения в темное время суток на два часа привело к увеличению ДТП на 5%. В результате за два года ущерб составил 17,6 млн евро, экономия электроэнергии — всего лишь 2 млн евро. В Бельгии с целью экономии электроэнергии три года выключали или ограничивали освещение дорог с 00.30 до 5.30 ч. В результате на неосвещенных в это время дорогах число ДТП возросло на 97%, а на дорогах с ограниченным освещением — на 83%⁵.

В темное время суток резко снижается *острота* зрения, нарушается *глубинное* зрение, сужается *поле* зрения. Все это затрудняет пространственное восприятие. В темную ночь при отсутствии освещения дороги или при выключенных фарах водитель почти ничего не может увидеть на дороге и придорожном пространстве. Особенно снижается острота ночного зрения у пожилых водителей. Если среднюю остроту зрения в двадцатилетнем возрасте принять за 100%, то в 40 лет она составляет 90%, в 60 лет — 74%, а в 80 лет — 47%. По другим данным, шестидесятилетние видят в темноте в 8 раз хуже, чем двадцатилетние.

Нарушение глубинного зрения приводит к неверному определению расстояния до участников движения, ошибке при оценке ширины дороги. Так, установлено, что днем ошибка при определении расстояния до встречного автомобиля составляет 5...10% на 100 м, при удалении до 1 км — 25%. Ночью такая ошибка возрастает в 2...3 раза⁶. В условиях недостаточной видимости лучше воспринимаются объекты, окрашенные в светлые тона. Именно поэтому дорожная разметка выполняется в белом цвете, а в некоторых странах поверхность отдельных участков дороги иногда окрашивается в светлые цвета. На такой дороге даже при ограниченной видимости хорошо видны объекты более темного цвета. Кроме того, дорожная разметка наносится с учетом психофизиологических возможностей водителей, оказывая управляющие воздействия и действуя как «оптический тормоз». В темное

⁵ 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; 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; 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 и др.

⁶ Глемба, К.В., Ларин О. Н. Обзор методов определения надежности оператора в динамических эргатических системах // Транспорт Урала. 2012, №1(32), январь-март. С. 17-22

время суток время реакции увеличивается в среднем на 0,6...0,7 с. Это объясняется особенностью восприятия зрительных ориентиров и оценки дорожно-транспортной обстановки в целом. Чем меньше освещенность дороги, тем больше время реакции водителя. При неправильном освещении дороги или при резких перепадах в освещении отдельных ее отрезков (эффект зебры) глаза не успевают адаптироваться, в результате чего зрение быстро утомляется и снижается его разрешающая способность⁷. Важную роль для привлечения внимания играет контраст между раздражителями. Так, в темное время суток пешеходы в темной одежде сливаются с дорогой, отражая лишь 2% света, поэтому водитель нередко обнаруживают их поздно, когда предотвратить наезд уже невозможно. Детали одежды, окрашенные в белый цвет или светлые тона, отражают до 90% света и воспринимаются лучше и дальше.

Наибольшее количество ДТП происходит в вечерние часы «пик» – с 16.00 до 21.00 ч. На это время приходится около 38% ДТП, 41 % погибших и 39% раненых от числа пострадавших за сутки. В период времени с 01.00 до 07.00 ч из-за низкой интенсивности движения аварийность сравнительно невелика, но она характеризуется особой тяжестью последствий. Так, в первой половине рабочего дня (с 08.00 до 13.00 ч) показатель тяжести ДТП имеет значение 11,6, во второй половине дня он увеличивается до 16,7, а ночью (с 01.00 до 05.00 ч) достигает максимального значения – 21,2⁸.

Надежность работы водителя и безопасность движения зависят от своевременного и точного определения им появления какого-либо объекта, оценки его скорости и направление движения, а также расстояния до него. Успешность этих действий связана с продуктивностью зрительного процесса при восприятии дорожной обстановки. *Внимание* имеет различные качества. В зависимости от активности внимание может быть *произвольным* и *непроизвольным*. Оно является важнейшим фактором, обеспечивающим надежность водителя. Иногда непроизвольное, внутренне направленное

⁷ Ларин, О.Н. и др. Системный подход к поиску резерва повышения безопасности дорожного движения в крупных городах России. Межвузовский сб. науч. статей. Самара: Самарский государственный технический университет, 2013. С. 165-181

⁸ 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; 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; 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 и др.

внимание отвлекает водителя от управления автомобилем и может стать причиной ошибок и ДТП при неожиданном изменении дорожной обстановки. В условиях интенсивного городского движения и при движении с большой скоростью имеют место *информационные перегрузки*. Возникает недостаток времени, в результате которого водитель не успевает воспринять, переработать всю поступающую информацию и своевременно выполнить необходимые управляющие воздействия. Недостаток информации (сенсорный голод) также отрицательно влияет на работоспособность, вызывая сильное нервно-психическое напряжение. Идеальным было бы, с точки зрения безопасности дорожного движения, создать на дорогах такие условия, при которых водитель постоянно получал бы оптимальное количество информации. Но это невозможно, так как количество информации зависит от дорожных условий, скорости движения, плотности транспортного потока и ряда других факторов. Кроме того, способность водителей к переработке информации определяется уровнем их профессиональной подготовленности, состоянием здоровья, работоспособностью, временем суток и психологическими особенностями⁹.

Анализ аварийности на автодорогах Челябинской области показал, что 95 % всех происшествий связано с нарушением правил дорожного движения. Уровень травматизма на дорогах области зависит, прежде всего и от человеческого фактора. Возникновение очагов аварийности обусловлено рядом объективных причин: низкий уровень транспортной дисциплины участников дорожного движения, значительное число перемещений транспорта по городу в связи с развитием торговли и бизнеса, недостаточное обустройство дорожно-уличной сети техническими средствами организации движения.

Пути повышения надежности работы водителя лежат в устранении отрицательно влияющих на продуктивность работы водителя условий – *монотонности* и *информационной перегрузки*. Они должны быть устранены при проектировании за счет трассирования дороги, подбора параметров элементов трассы, обеспечивающих высокую пропускную способность дороги

⁹ Аверьянов, Ю. И. 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

и исключают появление участков с уровнем загрузки больше оптимального с позиции обеспечения надежности водителя¹⁰.

Дорога должна обеспечивать не только техническую, но и психологическую безопасность. Так, большое влияние оказывают светотехнические условия восприятия, структурная характеристика фона, объем внимания и размеры поля концентрации внимания¹¹.

Количество рекламы на дорогах городов стало настолько огромным, что довольно часто возникают ситуации, когда реклама закрывает обзор, отвлекает внимание водителей, что приводит к аварийным ситуациям, а иногда и к ДТП. Наружная реклама в России развивается весьма динамично. В центральных районах города, где на каждый перекресток приходится 5...10 и более рекламных плакатов, можно легко не заметить запрещающего знака. Сегодня нет прямых доказательств того, что наружная реклама на дорогах города способствует возникновению ДТП, но известно, как влияет реклама на психику человека. Ненужные водителю лозунги и плакаты на дороге произвольно отвлекают его внимание, поэтому в некоторых странах такая информация на дороге убирается. Так, в США министерством транспорта было принято специальное решение о снятии вдоль дорог всех рекламных плакатов и транспарантов. В качестве сравнения ниже приведены фотографии современных российских и английских городских улиц и перекрестков (рисунки 1-4).

¹⁰ Глемба К. В. и др. Выявление и совершенствование проблемных взаимосвязей структурных элементов системы безопасности движения мобильных машин // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2013. Т. 66. С. 25-34; Горшков Ю. Г. и др. Факторы опасности мобильных технологических процессов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. №7. С. 4-6; Горшков Ю. Г. и др. Оценка потенциальной технологической безопасности подсистемы «машина» // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. №12. С. 40-41 и др.

¹¹ 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; Аверьянов, Ю.И., Глемба, К.В., Глемба, В.К. Методы оценки информационной перегрузки оператора в процессе управления машиной // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2010. Т. 56. С. 5-10; Глемба, К.В. Надежность процесса восприятия водителем дорожных условий // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. 2008. Т. 52. С. 30-35 др.



Рис. 1. Улица одностороннего движения г. Челябинска

19



Рис. 2. Улица вдоль р. Темзы, г. Лондон



Рис. 3. Один из уличных перекрестков Челябинска



Рис. 4. Один из уличных перекрестков Лондона

Что же за опасности таит в себе реклама? Психологические механизмы рекламы основаны на привлечении непроизвольного внимания: «Не хотел, а посмотрел». При создании рекламы используется аббревиатура *AIDA*, где каждой букве соответствует определенный психический процесс. Буква (*A - attention*) – обозначает свойства внимания, реклама должна привлекать к себе внимание.

Вторая ступень воздействия рекламы и вторая ее задача – заинтересовать. На основе внимания создается и поддерживается интерес – (*I - interest*). Затем вызывается желание владеть покупкой – мотивация (*D - desire*). И последний этап – действие (*A - action*). Создание эффективной рекламы связано с таким понятием, как актуализация потребностей, а создатели стараются воздействовать на бессознательные и сознательные составляющие нашей психики, то есть на мысли, чувства, отношения и на поведение.

Такой подход изменяет наше поведение: двигающиеся световые сигналы и цветовая гамма неизбежно сказывается на реакции водителя или его настроении, а неправильный подбор цветовых оттенков на рекламе приводит к раздражению и агрессивности, в следствие чего возникает напряженность в отношениях между попутчиками. Не исключено и то, что от долгого созерцания рекламы сработает механизм гипнотического воздействия. Впавший в состояние транса водитель не менее опасен, чем пьяный за рулем.

Еще одна опасность наружной рекламы связана с явлением последовательного контраста, заключающегося в том, что зрительные

ощущения обладают некой инерцией. Засмотревшись на рекламный щит и переведя взгляд, можно не рассмотреть впереди идущий автомобиль¹².

Следует также отметить негативную тенденцию совмещения информационных и рекламных щитов, когда затрудняется «читаемость» дорожной информации. Согласно ГОСТу о рекламе – «требования, предъявляемые к размещению билбордов вдоль городских и сельских магистралей» – щиты должны находиться не ближе чем в 10 м от края дороги в сельской местности и 5 м в городе, расстояние между рекламными носителями по отношению как друг к другу, так и к любому дорожному знаку должно быть не менее 150 м. Яркость или освещенность элементов изображения рекламных конструкций и рекламно-информационных указателей с внутренним или внешним освещением, соответственно, не должна превышать аналогичные характеристики дорожных знаков согласно ГОСТ 52290-2004 (за исключением конструкций располагаемых на зданиях и сооружениях).

Рекламные конструкции и рекламно-информационные указатели не должны:

- иметь сходство с дорожными знаками или иным образом угрожать безопасности движения автомобильного, железнодорожного, водного, воздушного транспорта;
- вызывать ослепление участников движения светом, в том числе отраженным;
- загромождать дорожные знаки и светофоры, мешать восприятию водителем дорожной обстановки или эксплуатации транспортного средства;
- издавать звуки, которые могут быть услышаны в пределах дороги лицами с нормальным слухом.

Рекламные конструкции и рекламно-информационные указатели следует проектировать, изготавливать и устанавливать с учетом нагрузок и других воздействий. Нынешний ГОСТ 52044-2003 о рекламе до сих пор подвергается изменениям.

¹² Глемба, К.В. и др. Выявление и совершенствование проблемных взаимосвязей структурных элементов системы безопасности движения мобильных машин // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2013. Т. 66. С. 25-34

В результате исследований выявлена значимость соблюдения безопасной плотности рекламных щитов, их безопасного размещения и ограничения на виды носителей рекламной информации.

ТОПЛИВЫЙ ЭЛЕМЕНТ – «КОШМАР ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ»?

Данилина А.Ю. – студентка Государственного университета управления Института отраслевого менеджмента

Аннотация

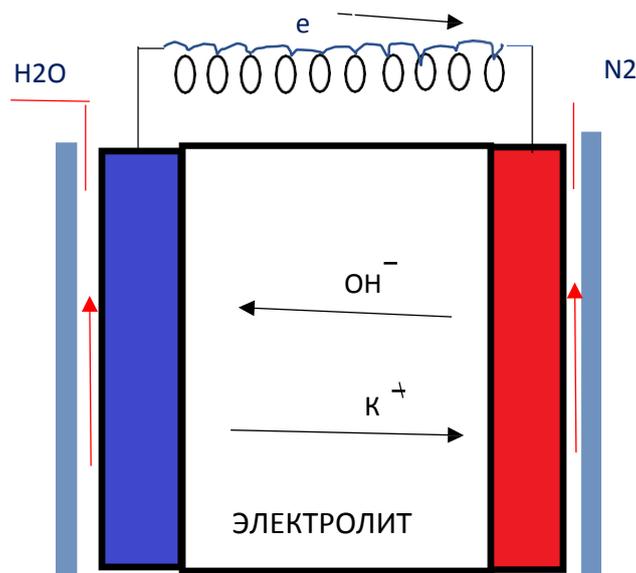
В данной статье описаны характеристики топливного элемента и применение его в разных отраслях.

Скорость, с которой мы расходует не возобновляемые источники энергии, во много раз превышает скорость их образования. Всемирный энергетический кризис в будущем неизбежен, если не будет развития альтернативных возобновляемых источников энергии. Среди всех возможных вариантов, таких как солнечная энергия, атомная энергия, геотермальная энергия и т. д., есть перспективный источник энергии, называемый топливный элемент, который в последнее время привлекает к себе внимание людей.

Изобретение этой технологии вызвало большое влияние в различных отраслях промышленности, т. к. топливные элементы высокоэффективны и исключительно экологичны в эксплуатации.

Топливный элемент представляет собой электрохимическое устройство, которое вырабатывает электричество без горения путем объединения водорода и кислорода с образованием воды и тепла. Они состоят из среды электролита, зажатой между двумя электродами. Один электрод (так называемый анод) облегчает электрохимическое окисление топлива, а другой (так называемый катод) способствует электрохимического восстановления окислителя. Ионы, образующиеся при окислении, или восстановлении транспортируются от одного электрода к другому, через ионную проводимость, но в электронном виде изолирующего электролита. Электролит также служит в качестве барьера между топливом и окислителем. Электроны, генерируемые на анод¹, в процессе окисления проходят через внешнюю цепь (отсюда выработки электроэнергии) на их пути к катоду, где они завершают реакцию восстановления.

¹ Курс общей химии / Под ред. Н.В. Коровина, М.: Высш.шк., 1990. 446 с.



H₂ Анод

Катод воздух

Рис. 1. Схема проявления реакций восстановления

В качестве топлива в топливном элементе используют водород, реже СО или СН₄, окислителем обычно является кислород воздуха. Были проведены опыты кислородно-водородного топливного элемента с щелочным электролитом (КОН).

1) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ - реакция окисления водорода

В топливном элементе реакция протекает через электроокисление водорода на аноде 2) $2\text{H}_2 + 4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}$

И электровосстановление кислорода на катоде 3) $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ В результате реакции во внешней цепи – от анода к катоду протекает постоянный электрический ток, который преобразует химическую энергию реакции в электрическую.

Топливный элемент, с другой стороны, использует внешний источник химической энергии и может работать на неопределенный срок, до тех пор, как она снабжена источником водорода и источником кислорода (обычно воздухом). Источник водорода, как правило, называют в качестве топлива. Во время окисления, атомы водорода реагируют с атомами кислорода с образованием воды; в процессе электроны освобождаются и проходят по внешней цепи, как электрический ток.

Топливные элементы могут варьироваться от крошечных устройств, производящих только несколько ватт электроэнергии, вплоть до крупных

электростанций, производящих мегаватты. Все топливные элементы основаны вокруг центральной конструкции с использованием двух электродов, разделенных твердым или жидким электролитом, процесс которых несет электрически заряженные частицы между ними. Катализатор часто используется для ускорения реакции на электродах.

Типы топливных элементов, как правило, классифицируются в соответствии с характером электролита, который они используют. Каждый тип требует особый материал и топливо, которое подходит для различных применений².

Преимущества топливных элементов:

- более высокая эффективность;
- низкие химические и тепловые выбросы (В связи с более высокой эффективностью и более низким окислением температур, топливные элементы излучают меньше двуокиси углерода и азота на киловатт электроэнергии);
- модульность и гибкость;
- гибкость топлива (в зависимости от типа топливного элемента);
- отсутствие образования загрязняющих веществ.

Можно сказать, что работа такой установки связана с одновременным присутствием и участием в реакции газовых пузырьков, жидкости и твердых электрических проводников, которые находятся в тесном и непосредственном контакте. Химические процессы на твердых контактах протекают очень вяло, ведь для их ускорения необходимо применять катализаторы. Однако они быстро разрушаются под воздействием примесей, вследствие чего контакты требуют постоянной замены. Самым лучшим катализатором является платина, но она стоит очень дорого и ее мало. Широкое использование экологически безопасного устройства на основе топливных элементов станет возможным только после изобретения природного для них альтернативного катализатора.

² Коровин, Н.В. Электрохимическая энергетика. М.: Энергоатомиздат, 1991. 224 с.

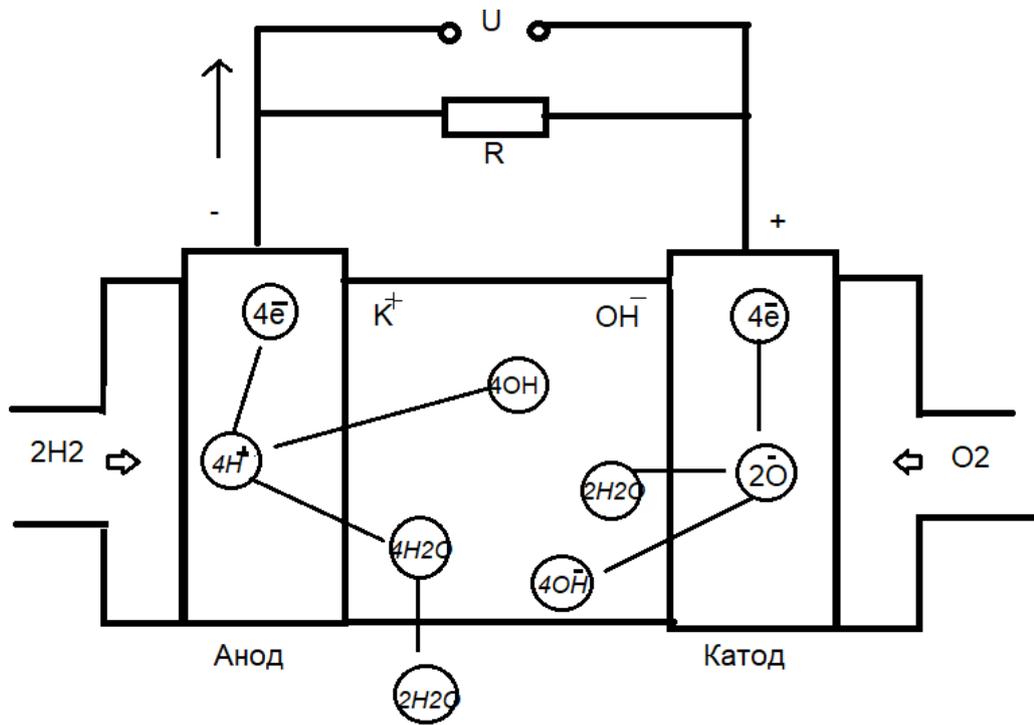


Рис. 2. Схема топливного элемента

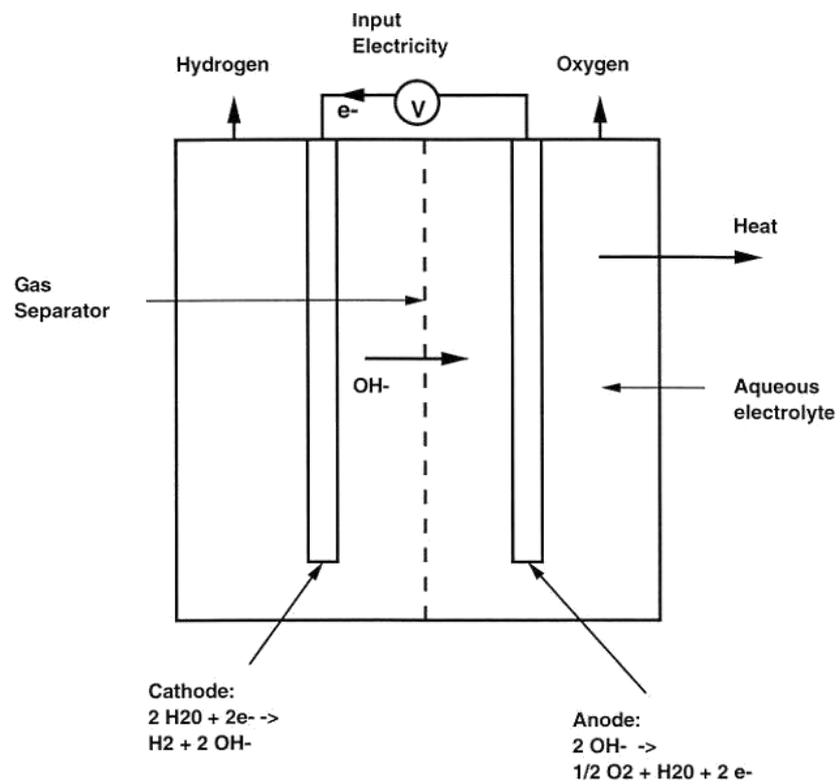


Рис. 3. Схема топливного элемента

ОТ «ЛЕНИНА» ДО «ЛИДЕРА»: ИННОВАЦИОННЫЙ ПУТЬ АТОМНОГО ЛЕДОКОЛА РОССИИ

Дюдяев И.А. – студент, ФГАОУ «Севастопольский государственный университет»

Майорова В.В. – студент, ФГАОУ «Севастопольский государственный университет»

Браславский Ю.В. – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Ядерные энергетические установки», ФГАОУ «Севастопольский государственный университет»

Аннотация

В данной статье рассматривается путь развития Атомфлота России с первого атомного ледокола «Ленин» до новейшей разработки «Лидер», который планируется построить до 2024 года. Приводятся сравнительные характеристики ледоколов и описание реакторных установок, а также некоторые выводы об их эксплуатации.

Существует единственный атомный ледокольный флот в мире и он находится в нашей стране. Его задача – это обеспечение судоходства по северным морям, а также освоение арктического шельфа. На сегодняшний день в состав действующего флота входят атомоходы «Россия», «Советский Союз», «Ямал», «50 лет Победы», «Таймыр», «Вайгач» и «Арктика», а также атомный лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть». За их эксплуатацию и обслуживание отвечает «Росатомфлот», который находится в Мурманске¹.

Атомный ледокол представлен в виде морского судна, имеющего ядерную силовую установку. Данная разработка предназначена для использования в водах, постоянно покрытых льдом. Атомные ледоколы значительно мощнее дизельных. Изначально в СССР они были сделаны для обеспечения судоходства в холодных водах Арктики.

Атомные ледоколы класса «Арктика» разработаны для того, чтобы сопровождать грузовые и другие суда по Северному морскому пути. В этот путь входят Баренцево, Печорское, Карское, Восточно-Сибирское моря, море Лаптевых и Берингов пролив. Что касается основных портов на этом пути, то это Диксон, Тикси и Певек².

¹ Широкоград, А.Б. Битва за русскую Арктику. 2008 г.

² Росатомфлот [Электронный ресурс] – URL: <http://www.rosatomflot.ru/index.php?menuid=18> (дата обращения: 01.02.2020)

Кроме того, для использования в мелких водах и устьях рек были построены два атомных ледокола: «Гаймыр» и «Вайгач» (их назвали в честь одноименных исследовательских судов Российского Императорского флота). Они сопровождают корабли с металлом из Норильска и суда с лесом и рудой от Игарки до Диксона. Еще одно предназначение этих атомных ледоколов- это использование в качестве пожарных судов³.

Самым первым в мире судном с ядерной энергетической установкой был атомный ледокол «Ленин» (рис. 1). В городе Мурманске он является единственным объектом культурного наследия федерального значения. Данный ледокол построен на Адмиралтейском заводе в Ленинграде в 1956-1959 гг. Более 500 предприятий и учреждений СССР приняли участие в создании первого в мире ледокола, который был введен в эксплуатацию 3 декабря 1959 г.⁴

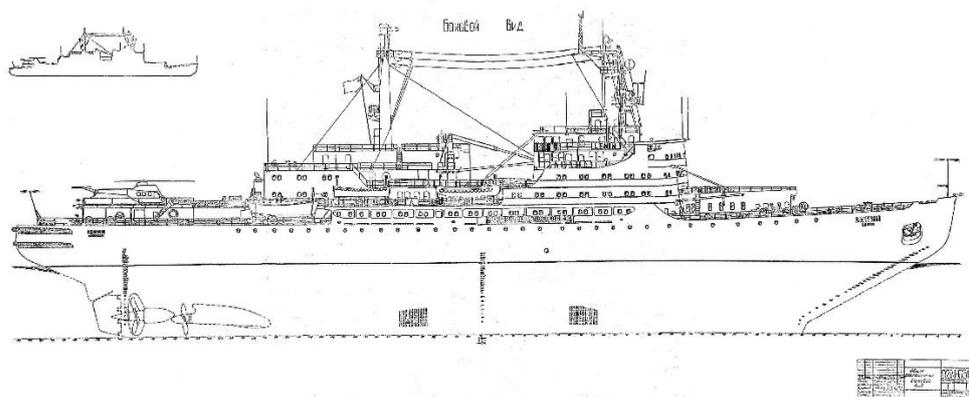


Рис. 1. Ледокол «Ленин»

Для атомного ледокола «Ленин» были разработаны три реактора ОК-150, которые являлись ядерной силовой установкой судна. Все проектные работы по реакторному отсеку и машинному отделению происходили оригинальным способом, в «докомпьютерном 3D». Это реакторная установка (РУ) с петлевой компоновкой, т.е. основное оборудование контура располагалось в отдельных корпусах, которые соединены между собой трубопроводами.

Но в дальнейшем выяснилось, что реакторы ОК-150 получились не особо удачными, да и сама реакторная установка имела крайне низкую

³ Вересоцкий, Э., Гранков, Л. СМП: восемь десятилетий по одному пути // Журнал «Морской флот». 2012. № 6. С.3-5

⁴ Андиевко, В.Г. Ледокольный флот России, 1860-е 1918 гг. М: Европейские издания. 2009. 536 с.

ремонтпригодность. Поэтому в 1967 г. на атомном ледоколе «Ленин» были заменены три реактора ОК-150 на два реактора ОК-900 нового поколения блочного типа, где реактор, насосы и парогенераторы имели отдельные корпуса и соединены друг с другом короткими патрубками типа «труба в трубе»⁵.

Эта новая ядерная силовая установка стала настоящим «сердцем» первого в мире ледокола. И благодаря реакции деления урана мощность нового корабля удалось довести до 44 000 л.с.

Реакторы типа ОК-150 относятся к водо-водяным реакторам корпусного типа, в которых вода под давлением является теплоносителем, а также замедлителем нейтронов. Реактор сделан в форме очень толстого цилиндрического сосуда (корпуса) с плоской крышкой и днищем, где материал корпуса – углеродистая сталь. Что касается размеров реактора, то диаметр цилиндрической части корпуса 186 см, толщина стенки 14 см. Активная зона размещена в центральной области корпуса и окружена несколькими цилиндрическими обечайками из нержавеющей стали, между которыми протекает охлаждающая их вода. Реакторная установка ОК-150 ледокола «Ленин» имела 3 реактора, которые различались конструкционным материалом оболочек ТВЭЛ (тепловыделяющий элемент)⁶.

Таблица 1 – Характеристики ОК - реакторов

Тип АППУ, название судна	ОК-150 «Ленин» (до 1966г.)	ОК-900 «Ленин»
Номинальная мощность реактора, ВМг	3x90	2x159
Номинальная паро-производительность, т/ч	3x120	2x220
Мощность на винтах, мВт	32	32

Выявленные недостатки в ходе эксплуатации реактора:

- 1) низкая ремонтпригодность;
- 2) недостаточные ресурсные характеристики отдельных узлов;

⁵ Росатомфлот [Электронный ресурс] – URL: <http://www.rosatomflot.ru/flot/atomnye-ledokoly> (дата обращения: 31.01.2020.)

⁶ Бордученко, Ю.Л. Современное состояние и перспективы развития атомного ледокольного флота России. PRoAtom. 10.04.2012 г. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?file=article&name=News&sid=3696> (дата обращения: 28.01.2020)

- 3) малая надежность некоторого оборудования;
- 4) значительное влияние вспомогательных систем РУ на радиационную обстановку на судне.

15 января 2020 г. правительством было принято постановление о строительстве головного атомного ледокола пр. 10510 «Лидер» (рис.2). Так как проект уже сделан, то в этом году открывается финансирование строительства и через несколько лет судно встанет в строй. Современный ледокол даст нашей экономике новые возможности на арктическое направление. Все эти результаты будут получены благодаря использованию инновационных технологий и перспективных решений⁷.

Задачей «Лидера» станет постоянная работа на Севморпути для обеспечения навигации и проводки военных, торговых или научных судов, с чем связаны характерные технические требования, которые выполняются благодаря современным технологиям.

В соответствии с техническим заданием, при постоянном движении ледокол пр. 10510 с минимальной скоростью должен преодолевать льды толщиной не менее 4 м. Для льдов толщиной 2 м скорость постоянного хода задана на уровне 12 узлов. Потребность проводки крупнотоннажных судов привела к сильным требованиям по ширине корпуса. Также необходимо обеспечить высокую автономность по запасам и срок эксплуатации в 40 лет.

Энергоустановка для пр. 10510 строится на основе двух водо-водяных реакторов РИТМ-400 с тепловой мощностью по 315 МВт. Реактор нового типа создан на основе изделия РИТМ-200 для ледоколов типа ЛК-60Я. При максимальной унификации с предшественником, РИТМ-400 имеет вдвое большую мощность. Ресурс – 40 лет при необходимости замены топлива через 5-7 лет.

⁷Реакторная установка для атомохода "Лидер". Какой она будет? [Электронный ресурс] - URL: https://www.korabel.ru/news/comments/reaktornaya_ustanovka_dlya_atomohoda_lider_kakoy_ona_budet.html (дата обращения: 02.02.2020)

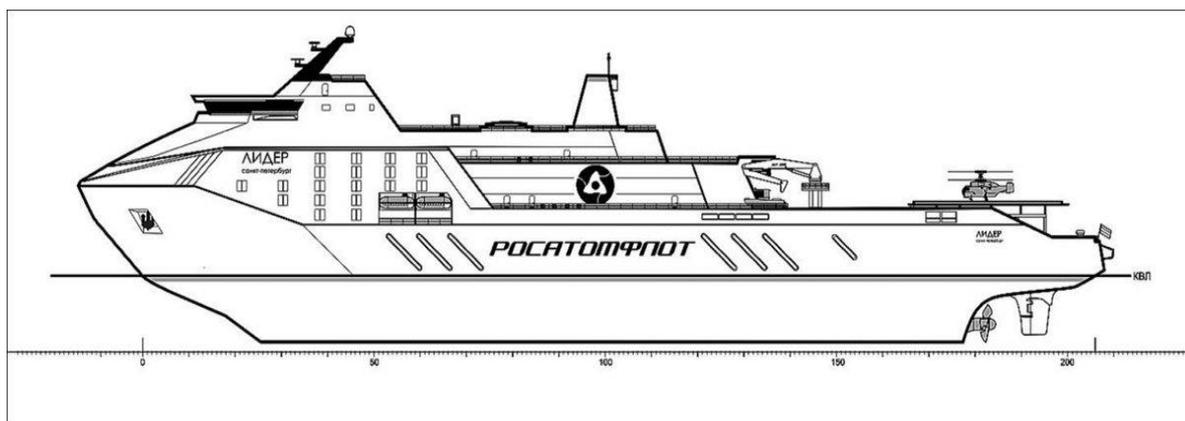


Рис. 2. Ледокол «Лидер»

Электроэнергия от ЯЭУ будет поступать на четыре двигателя, которые приводят в движение четыре гребных винта постоянного шага. Общая мощность на валах – 120 МВт. Максимальная скорость судна на чистой воде сможет достигать до 22-24 узлов; прокладка каналов будет осуществляться на меньших скоростях. Что касается дальности плавания, то она практически неограниченная.

Судно получит комплекс современного радиоэлектронного оборудования, который обеспечит эффективную навигацию во всех широтах, а также и в различных условиях. К тому же будут использоваться средства наблюдения за обстановкой, связи и т. д.

Таблица 2 – Характеристики РИТМ - реакторов

Тип АППУ, название судна	РИТМ-200 «Арктика»	РИТМ-400 «Лидер»
Номинальная мощность реактора, ВМт	209	2x315
Мощность на винтах, мВт	40	120

При нормальной эксплуатации и проектных авариях дозовая нагрузка на экипаж при не превышает 0,01% естественного радиационного фона. В проектной аварии с тяжелым повреждением активной зоны доза облучения населения не превышает значений, при которых необходимо проведение защитных мероприятий. Активность забортной воды, которая обусловлена работой РУ, имеет 0,1 бк/л, что в 100 раз ниже регламентированного значения активности питьевой воды⁸.

⁸ Лидер для Севморпути // [Электронный ресурс] - URL: <https://topwar.ru/167224-lider-dlja-sevmorputi-chem-interesen-novyj-ledokol.html> (дата обращения 15.02.2020)

Огромное значение имеет применение пассивных и самосрабатывающих систем и устройств безопасности, обеспечивающих безопасность РУ. Эти меры предосторожности ограничивают неблагоприятное влияние отказов внешних систем, источников энергии, ошибок персонала. В проекте применяются устройства и системы пассивного принципа действия, которые функционируют на основе естественных процессов и не требуют энергии извне.

Таким образом, с 1954 г. разработано четыре поколения РУ для гражданских атомных судов. Технические характеристики установок улучшались от поколения к поколению и при этом решались сложнейшие физические, материаловедческие, конструкторские и технологические задачи. В процессе эксплуатации ресурс реакторных установок действующих судов увеличен со 100 до 150-200 тыс. ч., что обеспечивает их работу до 2022 г.

Появление нового тяжелого атомного ледокола даст возможность ускорить перевозки по Севморпути и улучшить их экономическую составляющую, что в конечном итоге отразится положительно на общем грузообороте. К тому же наша страна сможет не только увеличить свои перевозки и повысить торговлю, но и также заработать на обеспечении прохождения чужих судов.

Ссылаясь на известные расчеты, оптимальные показатели Севморпути могут быть получены при наличии трех атомных ледоколов типа «Лидер». Но пока строительство двух серийных судов относят к отдаленному будущему, они войдут в строй не ранее тридцатых годов. Следовательно, наличие трех тяжелых ледоколов даст возможность «Атомфлоту» использовать все преимущества и возможности как самих судов, так и стратегически важных арктических маршрутов.

РАСЧЁТ ВЕЛИЧИНЫ, НАВЕДЁННОЙ ЭДС В ИЗЛУЧАЮЩЕЙ ПОДЛОЖКЕ ПЛЁНОЧНОГО ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЯ

Епишков Е.Н. – к.т.н., доцент, ФГБОУ «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В последние годы широкое распространение получила система отопления жилых и промышленных зданий на базе плёночных электронагревателей. В процессе монтажа приходится нарушать целостность конструкции. В работе оценивается величина ЭДС наводимая в подложке нагревателя и её влияние на электробезопасность.

Плёночный электронагреватель (рис. 1) представляет собой гибкую многослойную конструкцию, состоящую из токопроводящих электроизоляционных и излучающих слоёв (рис.2).

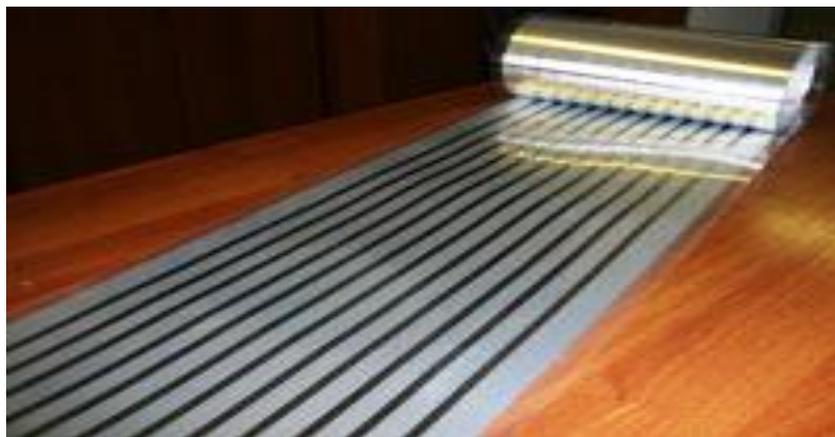


Рис. 1. Плёночный электронагреватель (внешний вид)

Плёночный электронагреватель¹ крепится к несущим конструкциям, смонтированным на потолке с помощью скоб или грибков. Все элементы крепежа прокалывают насквозь полотно нагревателя без повреждения токоведущего резистивного элемента. Однако сплошной излучающий слой выполнен из алюминиевой фольги и переменное магнитное поле резистивного элемента наводит в ней ЭДС. индукции. Целью данной статьи является оценка величины этой ЭДС. и на основании расчётов сделать вывод о электробезопасности существующего способа крепления.

¹ Патент. на полезн. модель 57070 Российская Федерация. Пленочный электронагреватель [Текст] / Н. Е. Епишков, Е. Н. Епишков, С. В. Глухов ; заявитель и патентообладатель Е. Н. Епишков. .-№ 2006110752 ; заявл. 03.04.2006 ; опубл. 27.09.2006.

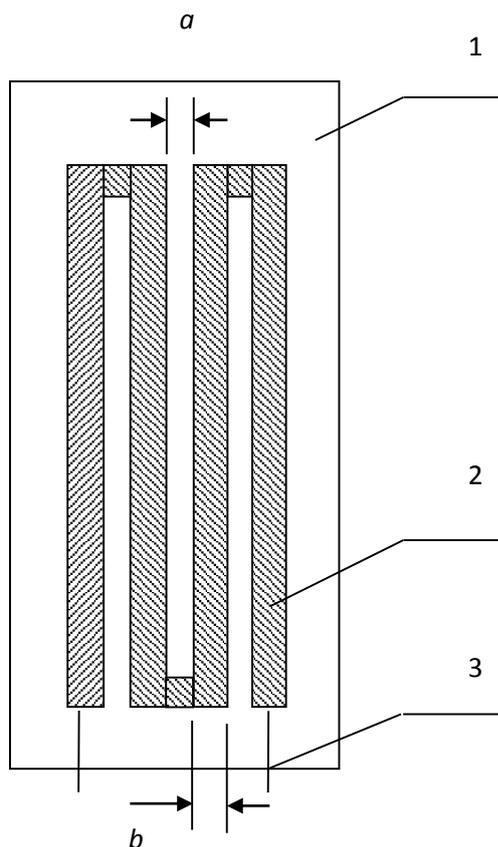


Рис. 2. Структура плёночного электронагревателя

1 – двухслойное полотно из полиэтилентерефталатовой плёнки; 2 – резистивные элементы; 3 – токоподводящие провода; a – расстояние между ветвями резистива;
 b – ширина ленты резистивного элемента

Как видно из рисунка 2, модель нагревателя² можно представить, как чередование токоведущих проводников и алюминиевой излучающей подложки в которой наводится переменное магнитное поле и возникают вихревые токи.

Рассмотрим зависимость индукции магнитного поля, создаваемого проводником от расстояния до него. Для получения данной зависимости воспользуемся законом Био-Савара- Лапласа³:

$$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} * \frac{I*dl*\sin\varphi}{r^2} \quad (1)$$

² Патент. на изобретение 2321188 Российская Федерация. Пленочный электронагреватель [Текст] / Н. Е. Епишков, Е. Н. Епишков, С. В. Глухов ; заявитель и патентообладатель Н. Е. Епишков. .-№ 200614292/09 ; заявл. 04.12.2006; Патент. на полезн. модель 76764 Российская Федерация. Пленочный электронагреватель [Текст] / Н. Е. Епишков, Е. Н. Епишков, С. В. Глухов ; заявитель и патентообладатель Н. Е. Епишков. .-№ 2008119219/22 ; заявл. 15.05.2008.

³ Тамм, И.Е. Основы теории электричества: учеб для вузов.-М.: «Наука», 1976. 614.

где I – сила тока в нагревательном элементе, dl – элемент длины токоведущего элемента, r – расстояние от элемента dl до точки в которой производится расчёт магнитной индукции, b – расстояние от точки до токоведущей части, μ – магнитная проницаемость среды, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная постоянная.

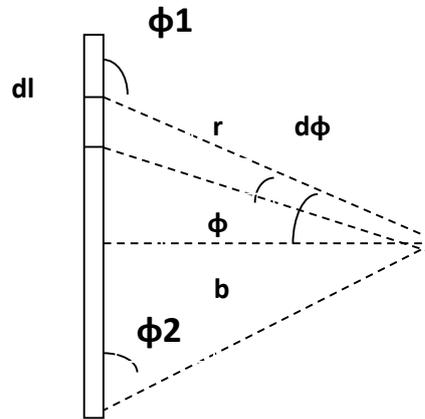


Рис. 3 Поясняющий рисунок к закону Био-Савара-Лапласа

Если b – расстояние от проводника до точки, в которой определяется магнитная индукция, то исходя из геометрических преобразований (рис. 3) можно произвести замену

$$b = \frac{r}{\sin\varphi} \quad (2)$$

$$dl = \frac{rd\varphi}{\sin\varphi} \quad (3)$$

Проводя интегрирование по всем элементам провода « dl » получаем выражение:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi b} * \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sin\varphi * d\varphi \quad (4)$$

Результат расчёта данного интеграла имеет вид:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi b} \quad (5)$$

Сила тока в нагревателе меняется по закону синуса:

$$i(t) = I_0 * \sin\omega t \quad (6)$$

где i – мгновенное значение тока в момент времени t , I_0 – амплитудное значение тока, ω - циклическая частота тока.

Поэтому мгновенное значение магнитной индукции в различных точках нагревателя меняется согласно закону:

$$B(b, t) = \frac{\mu_0 \mu^* I_0}{\pi * b} * \sin \omega t \quad (7)$$

Согласно уравнениям Максвелла⁴:

$$\oint_{\vec{E}} * \vec{dl} = - \frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{B} * \vec{dS} \quad (8)$$

где E – напряжённость вихревого электрического поля, dl – элемент замкнутого контура, B - индукция магнитного поля, dS – элемент площади поверхности, натянутой на замкнутый контур.

Выражение, стоящее в левой части данного равенства, представляет собой ЭДС. индукции наводимая в данной точке излучающего слоя алюминиевой фольги:

$$\mathcal{E} = \oint_{\vec{E}} * \vec{dl} \quad (9)$$

Выражение в правой части равенства (8) представляет собой первую производную по времени от магнитного потока таким образом:

$$\Phi(t) = \int_S \vec{B} * \vec{dS} \quad (10)$$

Где Φ – магнитный поток, пронизывающий замкнутый контур площадью S

Выполняя подстановку выражения (6) в последнее равенство получаем

$$\Phi(t) = \frac{\mu_0 \mu I}{\pi} * \sin \omega t * \int_r^{l-r} \frac{db}{b} \quad (11)$$

Производя вычисление данного интеграла, получаем выражение:

$$\Phi(t) = \frac{\mu_0 \mu I}{\pi} * \sin \omega t * \ln\left(\frac{l-r}{r}\right) \quad (12)$$

Дифференцируя по времени данное равенство получаем зависимость ЭДС индукции от времени:

$$\mathcal{E}_i(t) = \frac{\mu \mu_0 I l \omega}{\pi} * \ln \frac{l-r}{r} * \cos \omega t \quad (13)$$

Как следует из данного равенства максимальное значение ЭДС индукции составляет

$$\mathcal{E}_{imax} = \frac{\mu \mu_0 I l \omega}{\pi} * \ln \frac{l-r}{r} \quad (14)$$

⁴ Там же.

Максимальное значение тока в нагревательном элементе составляет $I=1,2\text{A}$, максимальная величина параметра $l=0,01\text{м}$; у сетевого напряжения $\omega=314$ рад/с. График распределения ЭДС индукции в зависимости от расстояния до токоведущего элемента представлен на графике:

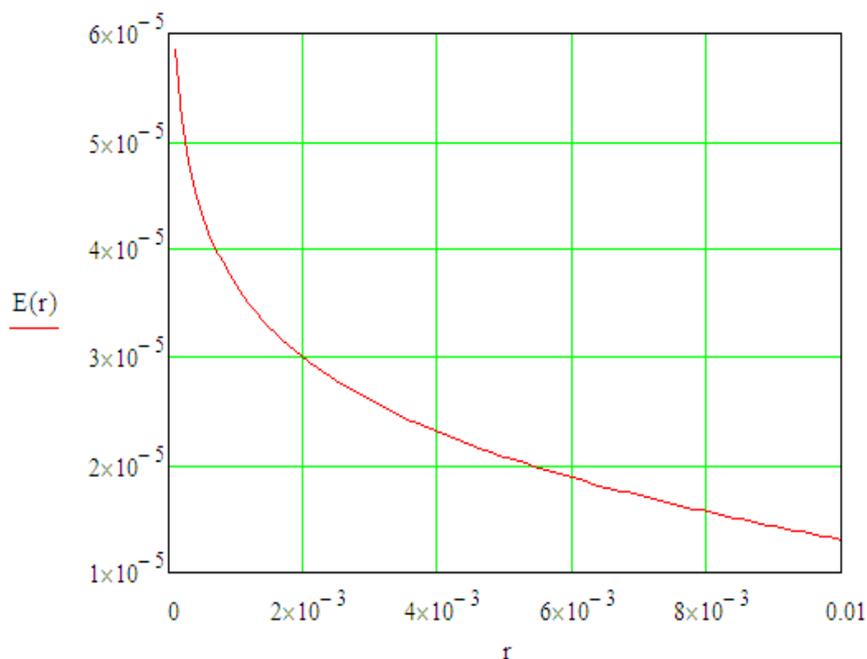


Рис. 4. Зависимость максимального значения ЭДС индукции наводимой в излучающей подложке в зависимости от расстояния до токоведущего элемента

Из данного графика видно, что наведённый потенциал на излучающей подложке нагревателя не превышает 0,06 мВ. Что не превышает безопасного значения.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

– величина индукционных токов, наводимых в подложке нагревательного элемента, не превышает безопасных значений. Поэтому существующая технология монтажа, предусматривающая повреждение полиэтилентерефталатового слоя, допустима для жилых и производственных помещений;

– в ходе эксплуатации возможны ситуации пробоя токоведущего элемента на излучающую подложку (например, при монтаже), поэтому её необходимо заземлять, а систему отопления на базе плёночных электронагревательных элементов подключать через УЗО.

АНАЛИЗ РОССИЙСКОГО ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА НА ТРАНСПОРТЕ

Иванова В.И. – специалист, Октябрьская дирекция по ремонту тягового подвижного состава – филиал ОАО «РЖД»

Селютина Л.Г. – д.э.н., профессор, ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Аннотация

Статья посвящена актуальной проблеме диверсификации видов топлива и типов двигателей, используемых в автомобильном, морском и железнодорожном транспорте. Применение природного газа как моторного топлива является одним из перспективных направлений, которое может изменить топливно-энергетический баланс в ближайшие десятилетия. Рассмотрены актуальные вопросы преодоления нормативно-правовых и инфраструктурных барьеров в данной отрасли, проанализирован российский опыт, обозначены существующие проблемы и позитивные тенденции. Внесены предложения по дальнейшему развитию отечественного рынка газомоторного топлива.

Транспортная система РФ – важнейшая составная часть производственной инфраструктуры, а ее устойчивое функционирование является необходимым условием роста экономики, обеспечения территориальной целостности страны и повышения уровня жизни. Правительство РФ постоянно обращает внимание на актуальность проблемы сбалансированного развития транспортной системы и предпринимает адекватные организационно-правовые и финансовые мероприятия по модернизации и обновлению парка транспортных средств. При этом важно, чтобы все виды транспорта отвечали современным и перспективным международным стандартам безопасности, экологии и надежности¹ и вместе с тем благоприятствовали качественному удовлетворению потребности экономики в перевозках пассажиров и грузов. В этих условиях не менее значимым является вопрос топливной диверсификации, замещения традиционного моторного топлива из сырой нефти новым, более экономически выгодным и экологически безопасным синтетическим топливом из природного газа, угля или биомассы².

Природный газ является одним из наиболее распространенных и востребованных первичных энергоносителей на планете Земля. Этот

¹ Валько Д.В. Циркулярная экономика: теоретическая модель и эффекты реализации // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. Т. 14. № 8 (365). С. 1415-1429.

² Селютина Л.Г. Организация строительного производства. Учебник. СПб.: СПбГИЭУ, 2012. 534 с.

уникальный по своим экологическим и экономическим свойствам энергоноситель эффективно применяется для производства тепла и электричества, приготовления пищи, освещения, в качестве топлива для транспортных средств и стационарных двигателей. Достигнутый уровень добычи природного газа в России, объем подтвержденных запасов, наличие производственных мощностей газо- и нефтеперерабатывающих предприятий, а также развитая инфраструктура, включая единую систему газоснабжения, являются необходимым базисом, обеспечивающим применение газомоторного топлива в РФ³.

На сегодняшний день по совокупности факторов газомоторное топливо (ГМТ) представляется наиболее перспективным заменителем бензина или дизтоплива вследствие более низкой себестоимости, а также более низкой по сравнению с другими видами топлива цены перехода на него (рис. 1).



Рис. 1. Среднегодовые потребительские цены на моторное топливо в РФ в 2014–2019 гг., руб./л.

Источник: по данным Росстата

В современных условиях стоимость топлива является одним из определяющих факторов для развития экономики России, а рост этой стоимости – основным фактором инфляции, растущей в России, в основном, за счет роста цен естественных монополий⁴. В 2019 г. стоимость

³ Кулешова, С.А., Капичев, А.Г. Управление рисками на объектах транспортной инфраструктуры на примере Крымского моста // Управление рисками в экономике: проблемы и решения. Труды IV научно-практической конференции с международным участием. 2018. С.179-183.

⁴ Селютина, Л.Г. Факторы и условия, оказывающие влияние на развитие инновационной активности предприятий в России // Социально-экономическое и правовое управление как фактор устойчивого развития

газомоторного топлива была ниже стоимости бензина и дизеля на 52,2% и 54,9% соответственно. При этом стоимость в номинальном выражении за период с 2014 г. по 2019 г. была в среднем в 2,1 раза ниже стоимости бензина и составляла 18 руб. за литр.

Экологический аспект как негативный фактор воздействия на окружающую среду у ГМТ существенно ниже, чем у традиционного бензина или дизтоплива⁵. Расширение использования ГМТ на транспорте, и прежде всего в больших городах⁶, делает возможным существенно улучшить состояние воздуха и окружающей среды. Сопоставление моторных топлив с точки зрения их экологических параметров (рис. 2) иллюстрирует возможность значительного снижения выбросов загрязняющих атмосферу веществ, вследствие отсутствия в ГМТ дополнительных вредных примесей для двигателя.

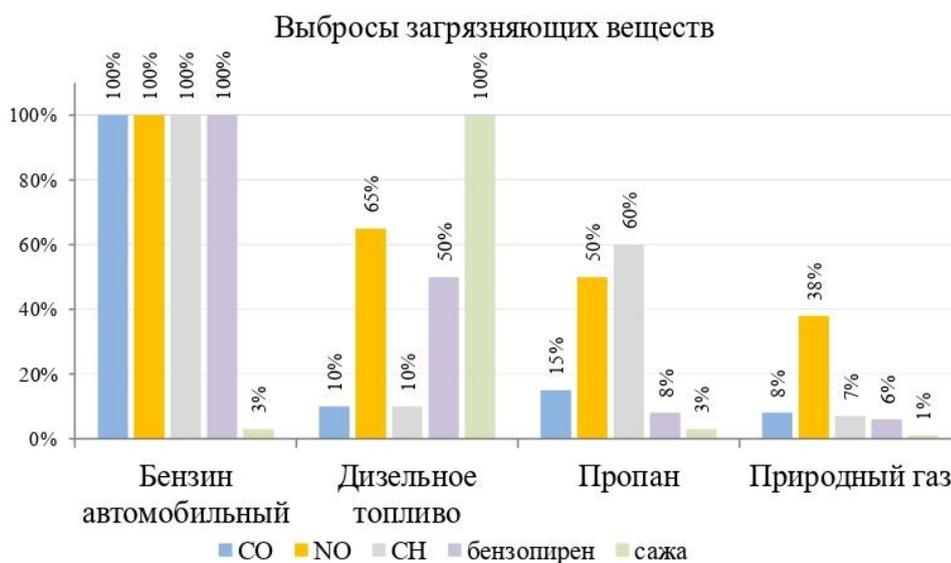


Рис. 2. Сравнение экологических характеристик моторных топлив

Источник: по данным НИИАТ Минтранса РФ

Примечание: содержание токсичных компонентов в отработавших газах транспортных двигателей (за 100% принят бензин, по саже за 100% – дизельное топливо)

бизнеса и образования в будущем: сб. научн. тр. Всерос. научно-практ. конф. (с межд. уч.). Саранск: МГУ им. Н.П. Огарева. 2018. С. 344-349.

⁵ Структура российского парка транспортных средств по нормам токсичности. Автомобильная статистика. 2019. URL: <https://www.autostat.ru>

⁶ Валько, Д.В., Голубева, О.Л. Обзор актуальных подходов к оценке эффективности управления социо-эколого-экономической системой // Региональная экономика: теория и практика. 2018. Т. 16, № 4. С. 681-694.

При замещении бензина природным газом в качестве моторного топлива наблюдается значительное сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух: оксида углерода в 8 раз, углеводородов в 7 раз, оксида азота в 4 раза, а также отмечается отсутствие образования сажи – выброс, который характерен для дизельных двигателей.

Ожидается, что темпы роста стоимости газомоторного топлива могут быть аналогичны темпам роста стоимости бензина и дизельного топлива, при этом эффект низкой базы будет сглаживать негативный эффект. Усиливать негативные тенденции роста цен на газомоторное топливо могут затраты на реорганизацию топливозаправочной инфраструктуры⁷. В настоящее время около 80 стран используют газомоторное топливо, в мире используется около 1,4 млрд автомобилей, из них только 24 млн. работают на ГМП, при этом работают около 31 тыс. газовых заправок, в том числе в Китае, Индии и Иране – 18 тыс.⁸ Другими словами, стоимость развития обеспечивающей инфраструктуры газомоторного топлива при растущем объеме потребления газа, доработка и совершенствование двигателей, стоимость негативного воздействия на окружающую среду при современной конъюнктуре рынка и сложившемся соотношении цен оказывается более выигрышной по сравнению с другими видами топлива.

По прогнозу Международного энергетического агентства, потребление природного газа в качестве моторного топлива в мире может вырасти до 4 трлн. м³ уже к 2022 г. При этом доля, приходящаяся сейчас на автотранспорт на ГМП, составляла в 2018 г. не более 1,5% от общего потребления газа. Согласно данным аналитического агентства «Автостат» доля ежегодного роста потребления газа, приходящаяся на транспорт, составляет 4,2%, при этом на энергетику приходится 2,2% роста потребления газа. То есть, статистические данные свидетельствуют о постепенном росте потребления ГМП, этот рынок имеет существенный потенциал роста вследствие позитивного фактора низкой базы⁹. В 2018 г. из общего объема инвестиций в

⁷ Малеева, Т.В. Современные аспекты учета рисков инновационно-инвестиционных процессов в строительстве // KANT. 2018. № 1. С. 219-221.

⁸ Selyutina, L.G. Innovative approach to managerial decision-making in construction business // Materials Science Forum. – 2018. – Т. 931. – р. 1113-1117.

⁹ Селютина, Л.Г., Иванова, В.И. Ретроспективный анализ подходов к обоснованию эффективности инвестиций в проекты развития транспортной сферы // Современные транспортные технологии: задачи, проблемы, решения: сб. тр. III Всероссийской (с межд. участием) научно-практ. конф. Челябинск: ЮУИУиЭ. 2019. С. 172-179.

сфере энергетики в количестве 2 трлн. долл., 2/3 приходилось на развитие углеводородной энергетики, 1/3 – на развитие низкоуглеродной энергетики. Общий объем потребления газомоторного топлива в России к 2040 г. составит от 100 до 250 млрд. м³, а темпы роста потребления газа в мире составляют около 10 % в год; наиболее весомый вклад в потребление газа приходится на страны Азии, где ожидается увеличение потребления газа к 2030 г. на 30 % по сравнению с 2019 г. Следует учитывать, что страны Азии активно проводят политику энергетической и топливной диверсификации, комбинируя потребление и ориентируясь на газ, нефть, водород, электричество.

По экспертным оценкам, российский автопарк электрических и гибридных автомобилей насчитывает примерно 29,9 тысяч единиц, а газовых и битопливных транспортных средств около 245 тысяч единиц, в т.ч. легковых автомобилей – порядка 127 000, малотоннажных грузовых – 96 000, грузовиков – 8 000, автобусов – около 14 000. Как представляется, парк газомоторной техники гораздо больше, если учесть тот факт, что в течение длительного времени не фиксировался процесс переоборудования автомобилей на газ, а учет их количества ведется в РФ лишь с 2017 г. Следует отметить, что перспективы у отрасли есть, но весьма ограниченные внешними условиями. Если правительство продолжит субсидирование покупки техники на ГМТ и будет развиваться строительство заправок, то к 2023 г. парк ГМТ-техники, по прогнозам, может увеличиться: по автобусам и малотоннажным грузовым автомобилям – примерно на 1%, по легковым машинам – на 0,7%, а по грузовикам – на 0,2%. По другим оценкам, официальная статистика показывает лишь часть официально работающих на ГМТ транспортных средств. Количество единиц производимого и импортируемого газового оборудования для автомобилей может свидетельствовать о том, что реальная численность транспортных средств на ГМТ может быть выше, до 90 % от приведенной численности. Например, в 2017 г. было импортировано всего около 6,8 тыс. газовых баллонов объемом 50-100 л, в то же время, в 2018 г. количество импортированных баллонов аналогичного объема составило 28,9 тыс. шт., показывая увеличение почти в 4 раза. Аналогичного скачка в количестве зарегистрированных автомобилей на ГМТ не наблюдалось.

Проблема статистики зарегистрированных транспортных средств на ГМТ отражает проблематику организации регистрационного учета, которая

становится фактором, ограничивающим развитие ГМТ. Существующая система регистрации транспортных средств на ГМТ иногда вынуждает владельцев ожидать разрешительные документы в течение нескольких месяцев. Особенно такие ситуации характерны для мест, удаленных от крупных городов с развитой инфраструктурой и более низким качеством административного обслуживания населения, но именно там транспорт на ГМТ бывает наиболее востребован. Изменение ситуации в сторону изменения норм и правил административного регулирования владения и постановки на учет транспортных средств на ГМТ необходимо для популяризации такого вида транспорта.

Изменения требуются и в части усиления ответственности организаций, занимающихся установкой газового оборудования, их сертификации. В случае такого изменения возможно повышение цен на установку оборудования, но уменьшение сроков регистрации и отсутствие необходимости прохождения тестирования оборудования. Если бы функция тестирования оборудования находилась в зоне ответственности устанавливающей оборудование организации и административные органы были бы ответственны только за постановку на учет, то это значительно сократило бы требуемое на получение документов время¹⁰.

Перевод на газомоторное топливо касается не только автомобилей, активная работа по разработке и внедрению двигателей на ГМТ идет в железнодорожной отрасли и на морском транспорте. Компания ОАО «Российские железные дороги» уже провела закупку локомотивов на ГМТ (газотурбовозы) и планирует активно развивать использование ГМТ, в особенности в тех регионах, где уже есть соответствующая инфраструктура¹¹, находятся элементы газотранспортной системы и т.д. Ожидаемый суммарный эффект от использования ГМТ может составить 15-20% от текущих издержек.

В качестве положительного результата для экономики России от использования ГМТ может быть ежегодная прибавка к росту ВВП в размере 0,4% в течение ближайших 10-12 лет, повышение конкурентоспособности за

¹⁰ Мараренко В.В., Кулешова С.А. Организация претензионной деятельности в сфере грузовых железнодорожных перевозок // Управление рисками в экономике: проблемы и решения. Труды III научно-практической конференции с международным участием. СПб. 2017. С. 184-188.

¹¹ Селютина Л.Г., Иванова В.И. Развитие и применение метода технического анализа проектов в современных условиях // Управление в современных системах: материалы IX Всеросс. научно-практ. конф. Челябинск: ЮУТУ. 2019. С. 504-511.

счет снижения издержек, сдерживание инфляции за счет удержания роста цен производителей в пределах 10 %, сокращение вредных выбросов твердых частиц до 80 %.

Одновременно существуют проблемы и риски внедрения ГМТ. Так, в качестве проблем следует отметить дисбаланс приоритетов в государственной политике в сторону использования электрической энергии и водородного топлива, слабость газозаправочной инфраструктуры и качества работы с общественным мнением. В состав ключевых рисков входят несогласованность развития транспортных средств и обеспечивающей инфраструктуры, включение акцизной составляющей в цену ГМТ и переложение повышения цены на потребителя, возможность монополизации обеспечивающей инфраструктуры и вызванное этим повышение цен, несогласованность развития заправочных станций для разных видов топлива¹². Перспективное развитие рынка ГМТ во многом зависит от мер государственной поддержки, начиная от поддержки и стимулирования автопроизводителей к использованию ГМТ и сохранению существующих цен на автомобили, также требуется адресная поддержка регионов с возможным созданием специализированных кластеров, диверсифицированное развитие всех отраслей, где возможно использование ГМТ с построением развитой обеспечивающей инфраструктуры, в т.ч. и на основе государственно-частного партнерства¹³.

В 2018 г. Минэнерго России подготовило программу развития рынка газомоторного топлива до 2024 г., на реализацию которой запланированы бюджетные ассигнования в объеме 175 млрд. руб. В качестве целевых индикаторов программы отмечены: рост к 2024 г. количества автомобильных газовых заправок в 3,7 раза (с 380 до 1400 шт.), увеличение объема продаж газа через них – в 6 раз (с 624 млн. м³ до 3,8 млрд. м³ в год). Согласно варианту оптимистичного сценария развития рынка сбыта газа на транспорте внутри страны в качестве эффекта от реализации программы Минэнерго России к 2030 г. ждет роста потребления газа на транспорте до 10,7 млрд. м³ в год и

¹² Методология развития экономики, промышленности и сферы услуг в условиях цифровизации / под ред. А.В. Бабкина. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. 756 с.

¹³ Митягина Н.В. Особенности инновационно-инвестиционных процессов в современном строительстве // Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития. Материалы Всеросс. научно-практ. конф. Иркутск, 2014. С. 319-323.

увеличение автопарка, который сможет использовать газ – до 700 тысяч единиц.

В соответствии с планируемыми показателями программы компаниям нефтегазовой отрасли, занимающимся проектами строительства объектов заправки транспортных средств природным газом будет осуществляться возмещение от 25 % до 40 % расходов, что поможет производителям окупить убытки от работы станций в первые три года и сократить срок окупаемости до семи-восьми лет¹⁴. На эти цели предполагается выделить до 3,5 млрд. руб. ежегодно с 2020 по 2024 гг. Еще 67,5 млрд. руб. в год планируется направить на поддержку роста автопарка, по 10 млрд. руб. в год планируется выделить производителям техники, работающей на газе. На поддержку роста техники, работающей на сжиженном природном газе компании железнодорожного и водного транспорта получают 16 млрд. руб.¹⁵ Кроме того, в программе выделены средства отдельной строкой на проведение мероприятий по популяризации использования ГМТ – до 1 млрд. руб. При этом, предварительные результаты реализации программы в 2019 г. показывают существенное уменьшение объемов финансирования относительно плановых – 300 млн. руб. вместо ранее планировавшихся 4 млрд. руб., которые планируется направить на переоборудование транспортных средств газовым оборудованием.

Вышесказанное подтверждает, что реализация плана мероприятий по развитию газозаправочной инфраструктуры и парка техники, работающей на природном газе, имеет важную экономическую, экологическую и социальную направленность: способствует реализации национальных проектов в сфере здравоохранения, развития агропромышленного комплекса и строительства доступного жилья¹⁶ (за счет снижения негативного воздействия на окружающую среду и затрат на топливо).

Таким образом, проанализировав накопленный российский опыт, существующие ограничения и перспективы применения газомоторного топлива на транспорте можно сформулировать следующие выводы: во-

¹⁴ Использование природного газа в качестве моторного топлива // ООО «Газпром экспорт». 2018. URL: <http://www.gazpromexport.ru>

¹⁵ Maleeva T., Selyutina L., Frolova N. The use of modern technology of information modeling in capital construction object life cycle management // International conference on construction, architecture and technosphere safety. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). – 2019. – V. 687. – p. 044002.

¹⁶ Евсеева Е.И. Социальное жилищное строительство в России: реалии и перспективы развития // Научное обозрение. 2015. № 21. С. 218-220.

первых, газомоторное топливо имеет особенно важное значение для развития экономики РФ вследствие его ценовой конкурентоспособности по сравнению с другими видами топлива и зрелости технологий; во-вторых, перевод на газомоторное топливо требуется не только на автомобильном, но и на морском и железнодорожном транспорте; в-третьих, основным фактором, задерживающим развитие сферы применения газомоторного топлива, является слабое развитие инфраструктуры газозаправочных станций, также требуется учитывать фактор психологической неготовности потребителей и наличия необоснованных психологических заблуждений и стереотипов; в-четвертых, развитие использования газомоторного топлива решающим образом связано с мерами государственной поддержки, планирования и реализации государственных программ поддержки перевода транспортных средств на газомоторное топливо и создания топливозаправочной инфраструктуры.

ПРОТИВОГОЛОЛЕДНАЯ СМАЗКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Ильин Ю.П. – к.т.н., доцент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Белов А.В. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Скородумова Н.В. – ассистент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В работе приводится анализ применяемых противогололедных смазок (ПГС) с обоснованием оптимального выбора для условий России.

В последние годы участились случаи технологических нарушений, обусловленных гололедными воздействиями. Для предупреждения подобных нарушений кафедрой ЭССХ ЧМЭСХ ныне ЭАТП ЮУрГАУ с 1978года ведутся наблюдения с целью получения достоверной информации о гололедно-изморозевых явлениях, по данным метеостанций и гололедных постов. Наличие гололедных постов на подстанции или в непосредственной близости от нее позволяет:

- обнаруживать обледенение проводов на ранней стадии его развития;
- принимать обоснованные решения по плавке гололеда на действующих линиях электропередачи;
- определять точные значения вида, массы, размеров и плотности отложения;
- получать данные наблюдений за обледенением проводов, необходимые при расследовании гололедных аварий на ВЛ (оценка величин нагрузок);
- создавать базу данных по гололедно-изморозевым явлениям на объектах электроэнергетики. Эти сведения используются для уточнения климатических нагрузок при проектировании новых и реконструкции уже существующих линий электропередачи.

Обледенение проводов происходит в холодное время года в результате оседания на провода капелек воды. Мокрый снег обладает большой липкостью, которая начинается примерно с температуры $+0,2$ -г- $+0,3$ °С и достигает максимума при температуре около $+0,5$ °С. Мокрый снег может выпадать в диапазоне температур от -3 до $+3$ °С. При более низкой температуре снег не обладает достаточной липкостью и не удерживается на проводах, при более высокой температуре снег быстро тает.

При температуре около нуля прочность сцепления мокрого снега с проводами сравнительно невелика. Опасность значительно увеличивается при понижении температуры, когда покрывающий провод мокрый снег замерзает.

Плотность мокрого снега колеблется в пределах $0,12$ - $0,3$ г/см.

Замерзшее отложение мокрого снега - это слой льда, образовавшийся на проводах в результате налипшего мокрого снега. При этом весь оледеневший слой оказывается прочно примерзшим к проводу. Нередко при этом возрастает скорость ветра, и результирующая нагрузка на провода и опоры значительно увеличивается.

Замерзшее отложение мокрого снега по внешнему виду напоминает очень плотную зернистую изморозь или сложное отложение льда. Плотность оледенелого мокрого снега лежит между плотностями гололеда и зернистой изморози.

Сложное отложение или смесь представляет собой последовательное наслоение гололеда, изморози, мокрого снега, встречающиеся в любых сочетаниях. Такое явление наблюдается при периодическом изменении погодных условий, поэтому сложное отложение может образовываться при колебаниях температуры в широком диапазоне, примерно от 0 до -20 °С. В зависимости от соотношения толщины слоев гололеда и изморози объемный вес смеси меняется преимущественно в пределах $0,15$ - $0,6$ г/см³.

В общем случае чем больше скорость ветра, тем значительно больше размеры отложения.

Определение направления и скорости ветра производится по анеморумбометру или флюгеру на метеорологических станциях и постах. Наряду с инструментальными методами существуют визуальные методы оценки направления и скорости ветра.

Для проведения наблюдений за обледенением проводов, скоростью ветра и сопутствующими метеорологическими условиями создаются метеопосты.

Для количественного учета отложений обледенения пользуются гололедным станком, устанавливаемым на открытом, незащищенном месте, но возможности ближе к линиям электропередачи.

Гололедный станок состоит из трех вертикальных брусьев, установленных на расстоянии 90 см друг от друга так, чтобы между ними образовался прямой угол, одна сторона которого направлена с севера на юг (по долготе), а другая – с востока на запад (по широте). Вершина угла обращена на юго-запад. Опорные брусья диаметром 9 см возвышаются над поверхностью земли на 2,25 м. На брусьях подвешиваются две пары пятимиллиметровых проводов на расстоянии 30 см друг от друга. Высота подвески проводов 1,9 и 2,2 м над землей.

Провода нумеруются сверху вниз в следующем порядке: проводам, подвешенным с севера на юг, присваиваются номера 1 и 2; проводам, подвешенным с востока на запад, – номера 3 и 4 (рисунок 1). Провода № 1 и 3 являются съемными и предназначены для измерения массы отложения; провода № 2 и 4 являются постоянными, не снимаются при наблюдениях и предназначены для определения на них размера отложения.

В комплект гололедного станка входят:

1) ванна гололедная (металлический цилиндр длиной 25 см, диаметром 15 или 25 см, раскрывающийся на две половинки), предназначенная для переноса в помещение снятого со станка обледеневшего провода для измерения массы отложения;

2) кронциркуль с миллиметровой линейкой или штангенциркуль, или шаблон для измерения размеров (диаметров) отложения;

3) стакан измерительный – для определения объема воды от растаявшего отложения (масса отложения);

4) пила-ножовка – для пропиливания прорези в плотных видах отложений (гололед) при накладывании ванны. Можно использовать для этой цели полотно слесарной ножовки;

5) специальные щипцы (пассатижи) и скребок – для очистки провода от льда.

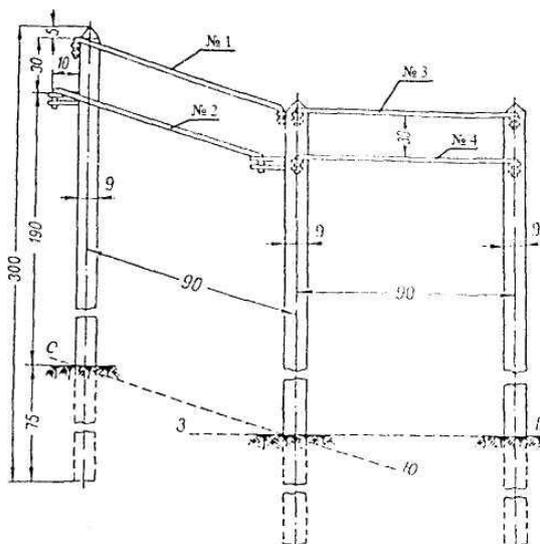


Рис. 1. Чертеж стандартного гололедного станка

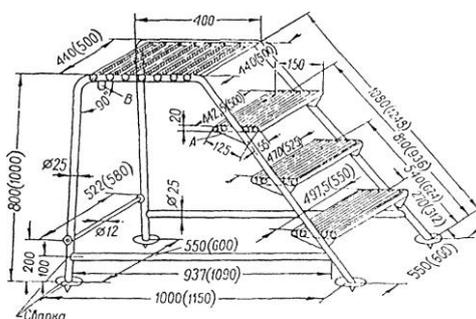


Рис. 2. Лесенка к гололедному станку (размеры указаны в миллиметрах; в скобках указаны другие размеры лесенки)

Для изучения условий образования гололедно-изморозевых отложений на проводах линий электропередачи в выбранном пункте наблюдений устанавливаются два опытных пролета: один пролет с направлением проводов север–юг, второй – с направлением проводов запад–восток. Расстояние между опорами (длина каждого пролета) составляет 150–160 м; высота подвески проводов на опорах 11,5 м, габарит (минимальное расстояние между подвешенным проводом и поверхностью земли) 6 м. В пролете провод на одной опоре закреплен наглухо, на второй опоре провод пропущен через блок и с помощью лебедки может опускаться. Блоки и тяговые тросы защищены от обледенения при отложениях гололеда, изморози или мокрого снега козырьком и трубой. В опытных пролетах используются наиболее распространенные провода линии электропередачи напряжением 110 кВ (марки АС-150). Дополнительно на той же высоте и с тем же габаритом

подвешивается провод диаметром (5 ± 1) мм, такой же, как и на гололедном станке.

Пролеты и провода, идущие с севера на юг (вдоль меридиана), называются меридиональными, пролеты и провода, идущие с запада на восток (вдоль широты), –широтными.

Учитывая большой размер пролета, против точек на проводе, где нужно производить измерение отложения, на земле следует установить три вешки: центральную, против середины провода, и две крайние, на расстоянии 25–30 м от нее.

Опытные пролеты устанавливаются в районах с гололедностью IV и выше (толщина стенки гололеда более 20 мм), в пунктах, наиболее подверженных гололедообразованию, на открытом месте. Ввиду того что материалы наблюдений по опытному пролету должны сопоставляться с материалами наблюдений по гололедному станку, желательно опытный пролет максимально приблизить к гололедному посту или метеостанции.

При открытых условиях опытный пролет устанавливается в 10–20 м от ограды метеоплощадки. При этом следует учитывать наметание снега зимой у ограды. Чем большие сугробы образуются у ограды, тем дальше от площадки должен быть расположен опытный пролет. Если в радиусе 100–200 м от метеоплощадки отсутствует место для установки опытного пролета, то его следует установить на большем расстоянии, но не далее 1 км.

Наблюдения за направлением и скоростью ветра при гололеде производятся при помощи анеморумбометра М-63М

Наблюдение за обледенением проводов складывается из следующих операций:

- 1) осмотр проводов гололедного станка и опытного пролета;
- 2) определение вида обледенения;
- 3) измерение диаметра отложения;
- 4) измерение массы отложения;
- 5) определение сопутствующих явлений погоды (температура воздуха, направление и скорость ветра, разные атмосферные явления);
- б) установление района распространения обледенения по ближайшим ВЛ.

Признаками возможного обледенения проводов служило: появление в районе наблюдения плотных слоистых или слоисто-дождевых облаков, образование тумана при отрицательной температуре, морось, дождь или снегопад, или дождь со снегом при температуре около 0°.

Наблюдатель поста должен следить за состоянием отложения до полного его исчезновения. Время начала обледенения и полного исчезновения отложения (конец обледенения), а также общая продолжительность обледенения записывается в книжку наблюдений.

Общая продолжительность обледенения вычисляется с точностью до целого часа, при этом время 30 мин и больше округляется до целого часа в сторону большего, меньше 30 мин – отбрасывается.

Для установления вида отложения наблюдатель пользуется определением типичных форм отложения. В каждом случае обледенения проводов необходимо различать основные формы: гололед, изморозь зернистая, изморозь кристаллическая, мокрый снег, замерзший снег и комбинации гололеда с зернистой изморозью, кристаллической изморозью, замерзшим мокрым снегом, мокрого снега с осевшим на нем сухим снегом.

При наличии сложного отложения наблюдатель отмечает, какие простые отложения представлены в нем.

Измерение размеров (диаметров) отложения проводится на проводах штангенциркулем, кронциркулем или шаблоном. Измерение размеров отложения производится в направлениях: наибольшего и наименьшего диаметров, включая и провод. Результаты измерения заносятся в книжку наблюдений отдельно для каждого провода.

Размеры отложения измеряются приблизительно на середине провода, на неповрежденном слое отложения.

Измерение размеров отложений производится при начале обледенения и далее через каждые 6 ч до наступления разрушения отложений (таяния или осыпания). Последнее измерение производилось в момент достижения отложением максимальных размеров, что бывает перед началом его разрушения.

Для определения размеров отложения провода ОП осторожно опускались, чтобы не повредить отложения на участках, с которых берутся

пробы. Размеры отложения измерялись в трех точках: в середине провода и в 25–30 м от середины.

Определение массы отложения производилось при достижении отложением максимальных размеров, т.е. перед началом разрушения отложения.

Для определения массы льда берется его отложение с длины провода в 25 см.

Лед стаивают с взятого участка провода в специальной ванне и определялся объем воды измерительным стаканом. Величина объема воды в кубических сантиметрах показывает массу отложения в граммах (1 см³ воды весит 1 г). Масса льда определялась на том проводе (№ 1 или 3), на котором окажутся больше отложения.

Определение массы льда производится только в случае достаточно большой величины отложения. Масса определялась при достижении отложением следующих диаметров:

Кристаллическая изморозь – 20 мм;

Зернистая изморозь и снеговидное отложение мокрого снега (влажное и замерзшее) – 15 мм;

Гололед и стекловидное отложение мокрого снега (влажное и замерзшее) – 10 мм.

Для определения массы льда сменный провод, имеющий большее отложение, снимался со станка. Перед снятием провода на нем измерялись размеры (диаметры) отложения

Для обеспечения устойчивой работы энергетических установок в холодный период года нами предлагалось использовать предупреждение образования гололедо-изморозевых отложений путем применения смазок с гидрофобными свойствами.

Противогололедная смазка на кремнийорганической основе ПГС применяется для повышения надежности работы высоковольтных аппаратов ОРУ подстанций и переключательных пунктов, эксплуатируемых в холодный период года, в условиях возникновения гололедно-изморозевых отложений на токоведущих и заземленных частях, и элементах конструкций.

Применение противогололедной смазки ПГС эффективно в следующих случаях ¹:

– когда гололедно-изморозевые образования в электроустановках возникают часто, и они затрудняют, ухудшают или делают невозможным коммутацию высоковольтных цепей, работу приводов;

– когда электроустановка телемеханизирована и не имеет постоянного обслуживающего персонала, а отказ дистанционно управляемого высоковольтного аппарата недопустим;

– когда наряду с гололедно-изморозевыми отложениями возникает повышенная коррозия сопряженных металлических поверхностей, перемещающихся друг относительно друга при коммутации аппаратуры, или когда наблюдается интенсивное загрязнение сочлененного узла агрессивными уносами промышленных предприятий.

Противогололедная смазка ПГС была получена простым смешиванием компонентов при медленном нагревании до температуры Т0С. При снижении температуры противогололедная смазка из слегка желтоватой, прозрачной, маловязкой жидкости переходит в белую гомогенную консистенцию.

Основой смазки служило кремнийорганическое соединение. Состав и технология приготовления ПГС засекречена до получения разрешения Госкомитета по делам изобретения. Компоненты противогололедной смазки выпускаются отечественной промышленностью и находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства.

Противогололедная смазка ПГС уменьшает в 40 раз адгезию льда на отрыв по отношению к незащищенной металлической поверхности. Прочность сцепления при этом равна 0,002 МПа. Противогололедная смазка обладает антифризным свойством, снижающим температуру воды до -40С, и устойчива при повторном обледенении. Кроме этого, ПГС обладает антикоррозийным свойством и защищает черные и цветные металлы от коррозии в атмосферной среде, а также при воздействии агрессивных уносов промышленных предприятий, сохраняя свои свойства в диапазоне температур от +300С до -600С. Температура каплепадения ПГС - 600С, она гидрофобна, не смывается водой. Срок жизни противогололедной смазки составляет 5 лет.

¹ Проект 83-034-06 Противогололедная смазка ПГС [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ideasandmoney.ru/Ntrr/Details/148586> (дата обращения 10.02.2020)

Пригодность к работе определялась следующим образом:

- поверхность, покрытую смазкой, обрызгивают водой и определяют диаметр капли воды;
- если диаметр капли или расплыва капли более 5 мм, то противогололедная смазка утратила свои прежние свойства и должна заменяться новой.

Удаление ПГС с металлической или иной поверхности производится вручную ветошью.

Нанесение противогололедной смазки ПГС на токоведущие части высоковольтной аппаратуры должно производиться при снятом напряжении в ясную погоду при температуре воздуха не ниже -100°C . Нанесение противогололедной смазки на заземленные узлы оборудования можно производить без снятия напряжения с соблюдением соответствующих правил по технике безопасности ².

Перед нанесением смазки защищаемая поверхность должна быть тщательно очищена от загрязнений и влаги. Толщина слоя ПГС не менее 0,2 мм, при этом расход ее составит 30 граммов на 1 м². Противогололедная смазка ПГС, предварительно нагретая до 70°C , наносится на поверхность. Широкое использование электроэнергии в сельскохозяйственном производстве и в быту ставит на первый план вопросы обеспечения качества передаваемой энергии к потребителю и бесперебойность их электроснабжения. Перерывы в электроснабжении влекут за собой ощутимые потери и наносят материальный ущерб народному хозяйству.

Для повышения надежности электроснабжения необходимо совершенствовать систему электропередачи, используя новейшие материалы, электротехническое оборудование, применяя резервные автоматические элементы в энергосистеме.

Основной причиной аварийного отключения воздушных линий электропередачи и повреждения подстанционного оборудования являются гололедно – изморозевые осадки на токоведущих и несущих механическую нагрузку элементах электроустановок, которые возникают в холодный период года. В связи с этим обстоятельством, службам эксплуатации энергосистем приходится заниматься вопросами борьбы с гололедообразованием. Анализ

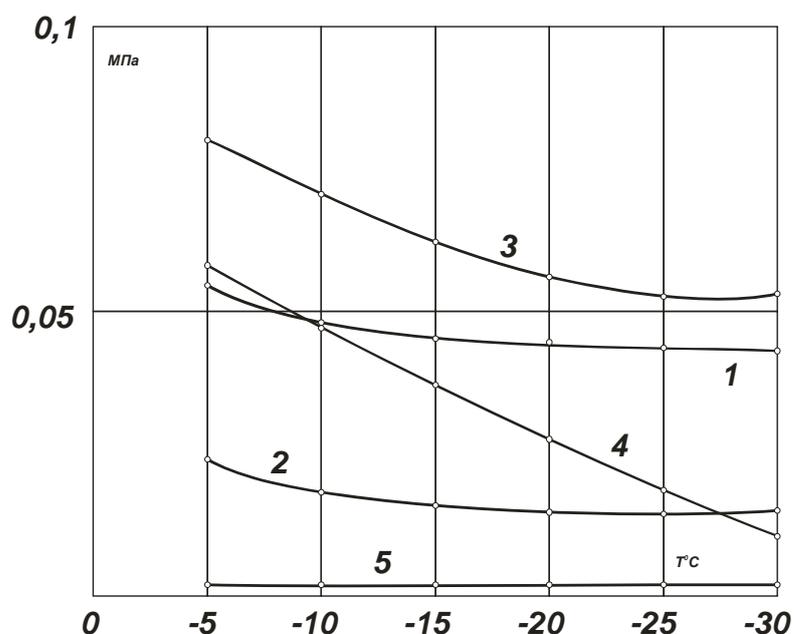
² Там же.

существующих мер борьбы с этим природным явлением позволяет сделать вывод в пользу тех методов, которые основаны на принципе предупреждения опасных по весу обледенений. Целью настоящего исследования является определение наиболее эффективного средства, снижающего прилипание льда к металлическим поверхностям и, следовательно, снижающего вес гололедного осадка. В экспериментальном исследовании использовались плоские металлические образцы с цинковым покрытием, с органосиликатным и кремнийорганическим покрытием. Для сравнительной оценки также использовались образцы из чистого металла (сталь 3). В ходе опытов определялись прочности сцепления примороженных образцов на отрыв и на сдвиг в широком температурном диапазоне. Прочность сцепления оценивалась фиксированным манометрическим способом с тройной повторностью. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Как и следовало ожидать, прочность сцепления льда с образцами не одинакова. Так, например, при температуре -100°C адгезия на вертикальный отрыв образца с оцинкованной поверхностью составила 0,022 МПа, к суриковому покрытию – 0,072 МПа, к органосиликатному покрытию – 0,049 МПа, к кремнийорганическому покрытию – 0,003 МПа. При этом показатель прочности сцепления на отрыв к чистой поверхности металла составил 0,05 МПа. Наибольшая плотность сцепления – к суриковому покрытию, а наименьшая – к кремнийорганическому покрытию образцов. Найдено также, что адгезия к кремнийорганическому покрытию мало зависит от температуры охлаждающей среды, тогда как для других покрытий эта зависимость очевидна. Таким образом, опытами установлено, что наиболее эффективное покрытие – это кремнийорганическое покрытие, обладающее пониженной прочностью сцепления со льдом. Дальнейшие исследования показали, что антиобледенительные свойства покрытий проявляются более отчетливо при использовании полимерной композиции, в которой один полимер ответственный за адгезионную связь покрытия с подложкой, а второй обеспечивает антиобледенительные свойства поверхностного слоя покрытия.

Такое распределение полимерной части оказалось возможным в случае применения в качестве связующего системы, состоящих из кремнийорганических полимеров, разветвленной (адгезия) и линейной (антиадгезия) структур. При выборе линейных полимеров для

антиобледенительных покрытий критерием явилось измерение величины их поверхностного натяжения методом определения наибольшего давления, необходимого для образования и отрыва пузырьков газа. Данные по определению величин поверхностных натяжений полимеров соответствуют результатам, полученным при испытаниях антиобледенительных свойств покрытий, сформированных из этих полимеров, т.е. наименьшей адгезией ко льду обладают пленки, образованные из полимера с низким значением поверхностного натяжения. Таким полимером оказался низкомолекулярный полиметилсилоксан. На основании полученных данных была разработана оптимальная композиция для антиобледенительных покрытий, состоящая из разветвленного полиметилсилоксана и линейного полимера. При этом образуется термодинамически неустойчивая система. Ее антиобледенительные свойства обусловлены линейным полимером, который, распределяясь в поверхностном слое пленки, обеспечивает энергетически однородную поверхность с низким значением поверхностной энергии. Методами ИК – спектроскопии в поверхностном слое было обнаружено повышенное содержание СН₃ – групп и отсутствие СН₆ – групп, в то время как в объеме покрытия были обозначены и те, и другие радикалы. Таким образом, экспериментальное исследование противогололедных покрытий показало, что гидрофобные вещества на кремнийорганической основе существенно снижают сцепление льда с поверхностью металла. Эти покрытия, выступая в качестве механизма противогололедного противодействия, создают основу физико-химического метода борьбы с гололедом.



1 – металлическая поверхность; 2 – оцинкованное покрытие; 3 – суриковое покрытие; 4 – Органосиликатное покрытие; 5 – кремнийорганическое покрытие

Рис. 3. Прочность сцепления льда с поверхностью металла

Удельный расход ПГС был найден Ю.И. Банниковым, в результате обработки данных производственных испытаний, проведенных в предприятии электросетей «Оренбургэнерго» и опробирован в различных регионах страны. При этом смазкой ПГС покрывались не только контактные соединения, но и подшипники³. Использование ПГС в приводах подстанционной аппаратуры в счетчиках эл. энергии исключает их обогрев в холодный период года, предупреждает коррозию металлов. Удельный расход смазки ПГС определяется путем усреднения данных по расходу материала на 10 единиц каждого наименования.

³ Проект 83-034-06 Противогололедная смазка ПГС [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ideasandmoney.ru/Ntrr/Details/148586> (дата обращения: 25.01.2020)

Таблица 1 – Удельный расход смазки ПГС

№ пп	Наименование оборудования, защищаемого ПГС-М	Удельный расход (грамм на аппарат)
1	Отделитель ОД-220	100
2	Отделитель ОД-110	80
3	Отделитель ОД-35	70
4	Короткозамыкатель КЗ-220	50
5	Короткозамыкатель КЗ-110	40
6	Короткозамыкатель КЗ-35	30
7	Разъединитель на 220 кВ	100
8	Разъединитель на 110 кВ	80
9	Разъединитель на 35 кВ	60
10	Разъединитель на 10 кВ	30
11	Привод к выключателю 110 кВ	40
12	Привод к выключателю 35 кВ	30
13	Привод к выключателю 10 кВ	30
14	Привод к разъединителю 110 кВ	40
15	Привод к разъединителю 35 кВ	30
16	Привод к разъединителю 10 кВ	30

В таблице 2 приведены результаты использования ПГС в некоторых энергосистемах страны.

Таблица 2 – Годовой экономический эффект от применения противогололедной смазки ПГС в энергосистемах страны

Наименование энергосистемы	Экономический эффект, тыс. руб.		Экономия электроэнергии, млн.кВт*ч
	на 1 кг	всего	
Оренбургэнерго	107,2	26800	40,0
Удмуртэнерго	113,9	17420	4,125
Ростовэнерго	110,4	32160	11,06
Архэнерго	210,9	22780	4,73
Томскэнерго	268	14713	4,33
Орелэнерго	211,1	17822	3,8
Итого	192,4	131695	68,04

В настоящее время работа по использованию ПГС продолжается.

ПРОБЛЕМА НЕУРАВНОВЕШЕННОСТИ МОРСКОГО ПРОЛЕТА ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДЪЁМНО-ПЕРЕХОДНОГО МОСТА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ МОРСКОЙ ПАРОМНОЙ ПЕРЕПРАВЫ «ВАНИНО- ХОЛМСК»

Клигунов Е.С. – старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»

Ерохин Д.С. – студент, ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»

Аннотация

В статье рассмотрена проблема возникновения неуравновешенности морского пролета пролетного строения автомобильно-железнодорожного подъемно-переходного моста гидротехнического сооружения морской паромной переправы «Ванино-Холмск» в следствии проведения ремонтных работ. Приведен обзор вариантов ремонта пролетного строения и фактические значения неуравновешенности морского пролета вследствие проводимых ремонтных работ. Приводятся результаты проверочных расчетов и рекомендации по дальнейшей эксплуатации гидротехнического сооружения.

Подъемно-переходной мост паромной переправы «Ванино-Холмск» в морском порту Холмск запроектирован по схеме со свободно перемещающимися противовесами. Подъемно-переходной мост является двухпролетным.

В состав подъемно-переходного моста входят⁷⁹:

а) два стальных пролетных строения: береговое с расчетной длиной 27 м и морское – длиной 33 м;

б) бетонные опоры: береговой и 2 промежуточных устоя;

в) башни для подвески моста и колодцы для противовесов, расположенные на промежуточных опорах моста и морских устоях «ложа» паромов;

г) конструкции подвески моста к башням (подъемные балки, траверсы, блоки), амортизаторы, ограничивающие продольные его перемещения, металлические опорные части;

д) верхнее строение моста с проезжей частью, железнодорожными путями, их рельсовыми вставками и пр.

⁷⁹ . РД 31.3.05-97 Нормы технологического проектирования морских портов. Москва 1998 г. 177 с.; РД 31.31.45.-87 Инструкция по проектированию гидротехнических сооружений морских паромных переправ. 142 с.

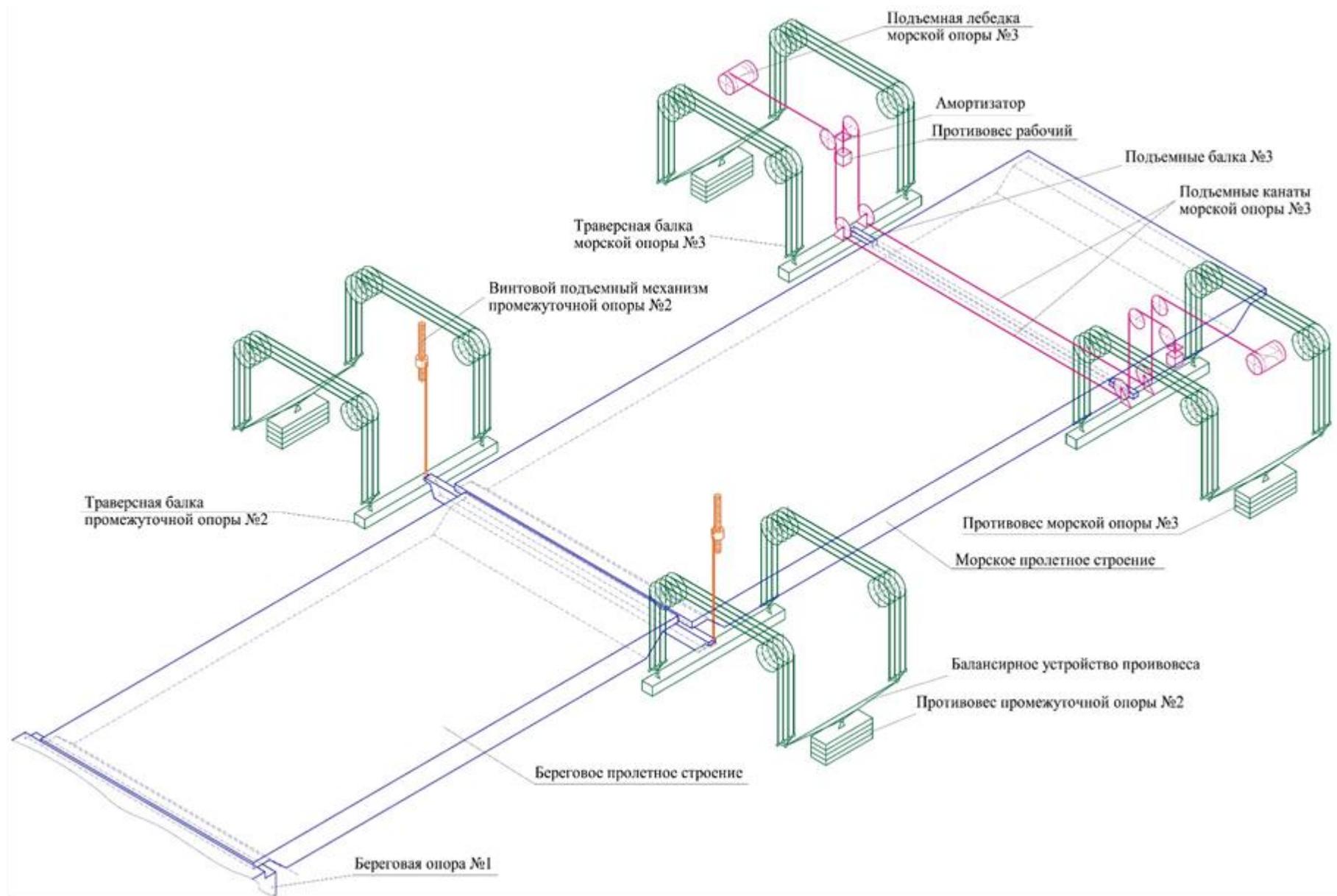


Рис. 1. Канатоблочная система подвески подъемно-переходного моста

Система подъемных механизмов моста состоит из приводимых в движение электродвигателями через редукторы и конические передачи 2-х вертикальных винтов, расположенных на промежуточных опорах моста и двух электролебедок – на морских устоях ложа паромов (рис. 1).

Основным назначением указанных сооружений и устройств является:

а) для мостов – обеспечение возможности передачи железнодорожных составов с береговых путей на пути паромов или обратно при постоянно меняющейся разнице в их отметках, которая зависит от положения уровня моря и величин просадок кормы судна при различной интенсивности подвижных нагрузок;

б) для механизмов – обеспечение установки пролетных строений в требуемое положение.

Подъемно-переходной мост паромной переправы «Ванино-Холмск» в морском порту Холмск находится в эксплуатации более сорока лет. За это время по регламенту проводились технические осмотры состояния сооружений и устройств подъемно-переходного моста, по результатам которых выполнялись технические обслуживания, в задачи которых в частности входило – поддержание регулировкой противовесов установленной величины воспринимаемого подъемными механизмами собственного веса моста на уровне 6,1-11,1 т.¹ В то же время существенных ремонтов металлоконструкций пролетных строений и ремонтов подъемных механизмов не проводилось.

В результате продолжительной эксплуатации в неблагоприятных климатических условиях и воздействия агрессивной среды металлоконструкции подъемно-переходного моста подверглись коррозионному износу.

Состояние сооружения и дефекты, выявленные при обследовании и испытании подъемно-переходного моста на основании осмотра и инструментальных обследований проведенных «Дальневосточным государственным университетом путей сообщения» в 2017 г.:

1. Измеренные прочностные характеристики бетона элементов моста неразрушающим методом соответствуют проектным значениям.

2. Результаты статических испытаний подтверждают результаты поверочных расчетов.

¹ Руководство по проектированию разводных мостов. М.: «Транспорт» 1990 г. 108 с.

Грузоподъемность главных балок снижена на 25-40% от проектной нагрузки Н8², но достаточна для восприятия нагрузок от обращающегося подвижного состава. Грузоподъемность поперечных балок снижена на 5-15% от проектной нагрузки Н8, но достаточна для восприятия нагрузок от обращающегося подвижного состава.

Грузоподъемность продольных балок снижена на 80% от проектной нагрузки Н8 и недостаточна для восприятия нагрузок от обращающегося подвижного состава (класс нагрузки выше класса прогона). Требуется снижение веса железнодорожной нагрузки брутто и нагрузки на ось.

На нагрузки Н30, НГ60³ грузоподъемность моста по всем элементам обеспечена.

На этапе предварительного планирования проектных работ проработаны 3 варианта ремонта автомобильно-железнодорожного подъемно-переходного моста пускового комплекса I очередь паромной переправы «Ванино-Холмск»:

Вариант №1. (выполнение планово-предупредительных работ).

В рамках планово-предупредительных работ устраняются критические дефекты, существенно снижающие эксплуатационные характеристики подъемно-переходного моста. В результате планово-предупредительных работ грузоподъемность сооружения будет увеличена до нагрузки класса Н4,6 (в соответствии с результатами испытаний).

Работы ведутся без вывода сооружения из эксплуатации.

Вариант №2. (усиление элементов пролетных строений с сохранением проектной грузоподъемности сооружения).

В целях обеспечения бесперебойной работы подъемно-переходного моста I очереди, работы по ремонту пролетных строений выполняются захватками в объеме выполняемом во временное «окно». Такой порядок производства работ оптимизирует темпы производства работ и их безопасность.

В рамках данного варианта предусмотрены следующие виды работ:

- очистка металлических конструкций пролетов и подъемных балок;
- срезка поперечных ребер;

² СП 35.13330.2011 (СНиП 2.05.03 – 84*). Мосты и трубы/Госстрой России – М.: ФГУП ЦПП. 2005. 239 с.

³ Там же

- усиление стенок главных балок пролетов и подъемных балок металлическими накладками;
- устройство новых поперечных ребер.
- устройство продольных и поперечных связей;
- окраска металлических конструкций;
- устройство новой проезжей части с последующей защитной пропиткой.

Вариант №3 (замена металлоконструкций пролетных строений на новые).

В связи с конструктивными и планировочными особенностями сооружения подъемно-переходного моста работы по ремонту (реконструкции) с заменой металлоконструкций пролетных строений необходимо выполнять с выводом сооружения из эксплуатации.

Металлоконструкции пролетных строений подъемно-переходного моста запроектированы по аналогии с существующими в связи с необходимостью сохранения строительной высоты и с учетом сложившейся планировки.

По результатам технико-экономического сравнения показателей вариантов ремонта автомобильно-железнодорожного подъемно-переходного моста наиболее эффективным является второй вариант (усиление элементов пролетных строений с сохранением проектной грузоподъемности сооружения). Ремонт моста по второму варианту производится без остановки I пускового комплекса паромной переправы «Ванино-Холмск» в морском порту Холмск.

Проектом принят и согласован с заказчиком к детальной проработке вариант №2.

Так как принятый вариант ремонта подразумевает усиление элементов пролетных строений с добавлением накладок и связей, то в результате существенно возрастает масса пролетных строений и, следовательно, величина неуравновешенности пролетных строений.

Неуравновешенность от собственного веса (именно перевес) – нужное явление, т. к. действует в сторону пролёта и обеспечивает плотное прилегание пролётного строения к опорным частям в опущенном положении, а также способствует обеспечению устойчивости пролётного строения, поворачивающегося относительно шарнира⁴.

⁴ Там же

В данном случае величина неуравновешенности – это сила, действующая на корму парома.

Для сведения: по проекту давление конца морского пролетного строения на корму парома в различных рабочих условиях 10 - 30,1 т.⁵

Очевидно, что завышать величину неуравновешенности по сравнению с проектом – не желательно, т. к. это повлияет, в числе прочего на привод подъёмного механизма, находящийся длительное время в эксплуатации.

Соответственно необходимо увеличить массу противовесов морской опоры для поддержания проектной величины неуравновешенности. Расчетom установлено, что величина неуравновешенности морского пролетного строения возросла на $\Delta m_{np.} = 20,53$ т, соответственно на каждую из двух точек подвеса морского пролетного строения приходится по 10,26 т.

В результате ремонта подъемно переходного моста произошло увеличение массы морского пролетного строения на 30,48 т и подъемной балки пролетного строения на 2,05 т, что привело к росту неуравновешенности на морской опоре на 20,53 т, соответственно на каждую из двух точек подвеса приходится по 10,26 т.

После проверочных расчетов подъемных механизмов и подвески пролетного строения и противовесных устройств на возможность их использования после ремонта подъемно-переходного моста в связи с увеличением его массы были получены следующие результаты:

- канаты подъемного механизма и противовесных устройств, заложенные в проекте подъемно-переходного моста, а также используемые в настоящее время после замены – удовлетворяют условию прочности;
- электродвигатели подъемных механизмов морской опоры обладают достаточной мощностью для подъема пролетного строения с проектными скоростями и допустимым временем пуска;
- тормоз каждого подъемного механизма обеспечивает достаточный тормозной момент;
- прочность осей блоков направляющих обеспечена;
- грузоподъемность и долговечность подшипников блоков направляющих обеспечена.

⁵ РД 31.31.45.-87 Инструкция по проектированию гидротехнических сооружений морских паромных переправ. 142 с.

Таким образом, эксплуатация подъемных механизмов и подвески пролетного строения и противовесных устройств, после ремонта подъемно-переходного моста в связи с увеличением его массы на объекте: морское пролетное строение (морские опоры) подъемно-переходного моста I очереди паромного комплекса Ванино – Холмск в морском порту Холмск, возможна без изменения веса противовесов и замены элементов подъемных механизмов и противовесных устройств.

Но руководствуясь Правилами технической эксплуатации паромной переправы Ванино-Холмск. г. Холмск и принимая во внимание продолжительный срок службы привода подъемного механизма морской опоры и возможное снижение прочности его элементов и деталей вследствие накопленных деформаций и усталости материала, для снижения нагрузки на привод подъемного механизма, рекомендуется увеличить массу противовесов морской опоры.

Максимальная допустимая масса одного противовеса морской опоры, согласно расчета, составляет 82,35 тонны. По проекту, на морской опоре установлено два противовеса массой по 76 тонн⁶. Допустимое увеличение массы одного противовеса морской опоры составляет 6,35 тонны. Суммарное допустимое увеличение массы двух противовесов морской опоры составляет 12,7 тонны.

⁶ Там же.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ УСЛУГ

Крапивина Е.А. – к.п.н., ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Сысков А.В. – студент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Аннотация

В статье проанализированы наиболее значимые факторы, оказывающие негативное влияние на функционирование отечественных экспедиторских предприятий. Описаны ключевые направления развития рынка логистических услуг.

Как и в других развитых странах, в России логистика является одним из важнейших компонентов производственной и социальной инфраструктуры, крупнейшим базовым сектором экономики.

Согласно статистике, количество, как транспортных компаний, так и индивидуальных предпринимателей, предоставляющих услуги по перевозке грузов, ежегодно увеличивается¹. Так же растет количество авто транспортных средств, приобретаемых в лизинг, несмотря на снижение господдержки. Наряду с автомобильным транспортом, растёт парк железнодорожного подвижного состава при участии лизинговых компаний. За 2018 г. объем приобретенной железнодорожной техники с участием лизинга вырос более чем в 2 раза по сравнению с 2017 г.

Растет и налоговая нагрузка, как в целом на население (поднятие в 2019 г. ставки НДС на 2 %), так и автомобильных грузоперевозчиков (упразднен налоговый вычет по транспортному налогу владельцев грузовых автомобилей, зарегистрированных в системе «ПЛАТОН», ежегодная индексация самого тарифа «ПЛАТОН»).

Законодательная база так же претерпевает постоянные изменения. Так, в настоящее время, рассматривается законопроект по совершенствованию работы грузового автомобильного транспорта, включая создание и ведение реестров перевозчиков грузов за плату и для собственных нужд с обязательной регистрацией перевозчиков и условиями соблюдения требований по их

¹ Статистика / Министерство транспорта Российской Федерации – URL: <https://www.mintrans.ru/ministry/results/180/documents> (дата обращения: 15.01.2020)

финансовой состоятельности, профессиональной надежности и профессиональной компетентности, а также предусматривает наличие в штате перевозчиков специалистов с профильным образованием, ответственных за организацию перевозок, усиление контроля за исполнением закона и повышение ответственности участников перевозочного процесса и другие меры.

Все вышеизложенные показатели ведут к ужесточению конкуренции на рынке транспортных услуг.

Кроме того, многие предприятия и организации несут серьезные финансовые потери из-за снижения спроса на товары и услуги, а также в связи с неэффективным использованием собственного потенциала. Снижение импорта и производства, а также нестабильность курса рубля были основными проблемами отрасли еще в 2015 г. В настоящее время они стали особенно заметными. Количество аренды значительно сократилось, а количество просроченных платежей увеличилось.

Среди основных факторов, которые негативно отразятся на динамике рынка в наступающем году, следует отметить риски, связанные с расширением антироссийских санкций и их распространением среди ведущих компаний и банков страны². Что касается прогноза рынка транспортно-логистических услуг в этом году, то прогнозируется значительное снижение уровня инфляции на фоне сокращения грузовой базы и негативной динамики грузооборота. Негативная динамика рыночной стоимости в 2018 г. связана с ожидаемым увеличением тарифов на грузовые перевозки по железной дороге (на 10-12%) и относительно высокими темпами роста в сегменте складских услуг и услуг экспресс доставки. Наиболее пострадавшим участком является автомобильный транспорт. На этом фоне стратегическим направлением является развитие рынков Евразийского экономического союза, формирование новых потоков за счет упрощения таможенного оформления и устранения законодательных барьеров, а также формирования современных компетенций в логистике.

По оценкам аналитиков, общий объем российского рынка транспортно-логистических услуг в 2018 г. составил 3567 млрд рублей, номинальный темп

² Абрамовских, Л.Н., Бабенко, А.В. Проблемы преодоления западных санкций и ориентиры модернизации российской экономики // Экономическая система современной России: пути и цели развития, 2014. С. 325-328

роста снизился до 6,6%. Данные за январь-октябрь 2018 г. показали замедление динамики товарооборота грузовых перевозок и грузоперевозок (до 3,7% и 1,5% соответственно), что скажется на годовых показателях транспортной отрасли. рынок (начинает влиять американо-китайская торговая война) и стагнация внутреннего спроса в ожидании расширения антироссийских санкций. Низкая динамика внешнеторгового грузопотока сказывается на грузообороте портов РФ, объем которых к концу 2018 г. увеличится всего на 4% по сравнению с 9% годом ранее.

Динамика роста сегментов российского рынка транспортно-логистических услуг, 2017-2018 гг. приведена на рисунке 1.

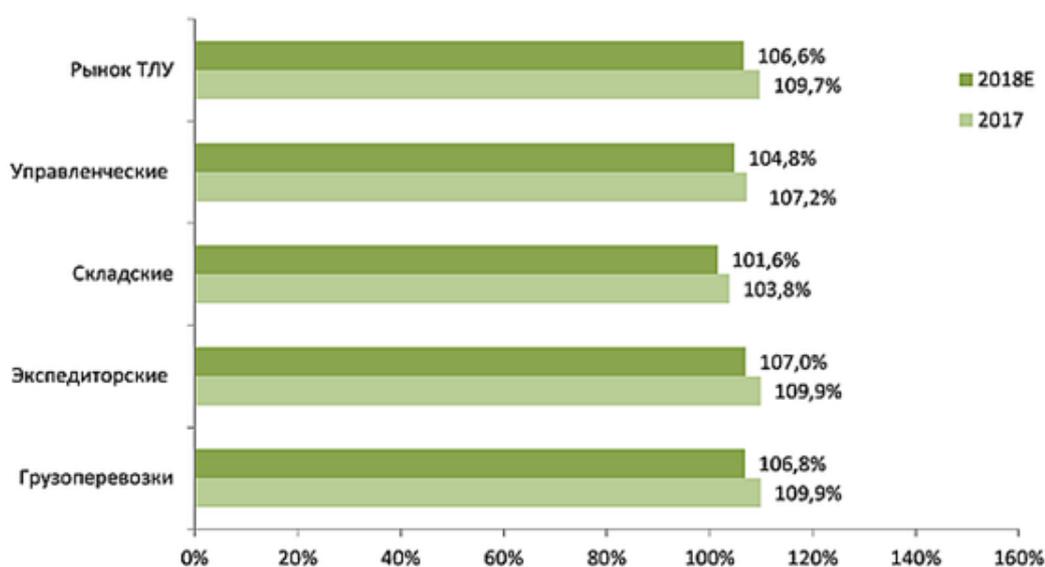


Рис. 1. Динамика роста сегментов российского рынка транспортно-логистических услуг, 2017–2018 гг.

К наиболее значимым факторам, оказывающим негативное влияние на функционирование отечественных экспедиторских предприятий, относятся:

- частые и резкие изменения в структуре спроса на экспедиторские услуги;
- недостаточное техническое оснащение;
- отсутствие развитой нормативно-правовой базы, игнорирование существующих норм и стандартов;
- недостаточная специализация транспортно-экспедиторских предприятий;

– отсутствие или необоснованность оперативных и перспективных планов.

Анализ результатов деятельности отечественных экспедиторских предприятий показывает, что большинство из них находятся на низком уровне развития, характеризуются нестабильной работой, высокими затратами, высокими тарифами на некачественные услуги и, как следствие, низкой прибыльностью³.

Следует отметить, что цели клиентов экспедиторских предприятий в большинстве случаев противоречат друг другу в большей или меньшей степени. Результаты анкетирования приоритетности требований клиентов отражены в диаграмме на рисунке 2.

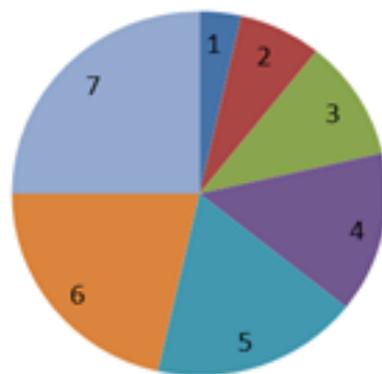


Рис. 2. Диаграмма приоритетов требований клиентов к услугам транспортно-экспедиторской фирмы.

1. оказание дополнительных услуг
2. оказание услуги ответственного хранения
3. обеспечение требуемого срока доставки
4. сохранность груза при перевозке и хранении
5. минимальные затраты на доставку
6. высокий имидж перевозчика
7. гибкость в форме оплаты

Таким образом, требование своевременной доставки товара приводит к привлечению дополнительных усилий для организации и управления

³ Клинскова А.Ю., Вологжанин М.В. Анализ российского рынка транспортно-экспедиторских услуг // Научный вестник МГТУ ГА. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-rossiyskogo-rynka-transportno-ekspeditorskih-uslug> (дата обращения: 05.02.020)

процессом перевозки и, как следствие, к дополнительным расходам, что противоречит цели минимизации транспортных расходов.

Что касается перспектив развития отрасли, то становится очевидным, что подавляющее большинство клиентов на рынке логистических услуг будут проводить политику оптимизации затрат, которая повлияет на затраты на логистику. Анализ рынка логистических услуг показывает, что по сравнению с большинством развитых стран Европы и Азии возможности сектора используются крайне неэффективно. Потребители все чаще обращают внимание на компании, предлагающие нестандартные решения. Чтобы предоставить им это, операторы должны обладать соответствующей компетенцией. Положительный опыт зарубежных стран может помочь повысить эффективность бизнеса.

Существует несколько вариантов развития компании, предоставляющей транспортные услуги:

- внедрить достижения современного научно-технического прогресса, прежде всего ресурсосберегающих, безотходных, малоотходных технологий и оборудования для их реализации;
- заменить существующее устаревшее оборудование новым, более экономичным и производительным;
- повысить уровень концентрации активности до оптимального размера. (согласно закону концентрации, при удвоении объема работ стоимость основных фондов увеличивается только в полтора раза);
- своевременно реагировать на быстро меняющиеся требования рынка, преодолевать сезонные проблемы путем загрузки основных средств и персонала в смежных отраслях.

ЛИЧНОСТЬ ВОДИТЕЛЯ КАК ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ В ТРАНСПОРТНОЙ ПСИХОЛОГИИ

Крапивина Е.А. – к.п.н., ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Меньшенин А.С. – магистрант кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В статье уделяется внимание транспортной психологии. Рассматриваются перцептивные, когнитивные, мотивационные и эмоциональные детерминанты мобильности и поведения на дороге.

В современном мире больше, чем когда-либо, важна мобильность. С самого начала человеческой цивилизации люди занимались не только охотой и собирательством, но и транспортировкой. В данный момент транспорт представляет собой сложную структуру, включающую транспортные средства, пути сообщения, транспортные узлы, а также средства управления и информации. Как известно, мобильность создает основу экономических ценностей и социального благополучия, но также имеет и вредные последствия как для здоровья людей, так и для природной среды. Снижение вредных влияний транспорта и сохранение его преимуществ требует серьезного контроля.

Ключевым элементом регулирования существующей ситуации является «человеческий фактор», ведь управляет транспортом человек, от психологического состояния которого зависит как его личная безопасность, так и безопасность других участников движения. Основными причинами несчастных случаев являются человеческие ошибки и неадекватное поведение, которое учитывается во взаимодействии с дорожными или транспортными причинами для более чем 90% всех дорожно-транспортных происшествий¹. Значительное влияние психологии в изучении и решении транспортных проблем способствовало появлению такой отрасли знания, как транспортная психология.

¹ Ünal, A., & Porter, B. Social psychology and driving behaviour. In L. Steg, K. Keizer, A. Buunk, & T. Rothengatter (Eds.), Applied Social Psychology: Understanding and Managing Social Problems, pp. 361-380.

Транспортная психология – раздел прикладной психологии, изучающей психологические факторы и способы повышения эффективности деятельности людей в процессе разработки, производства и эксплуатации транспортных систем². Транспортную психологию также называют мобильной психологией, фокусирующейся на проблемах мобильности, индивидуальных и социальных факторов в движении людей и товаров, а также на управлении спросом на поездки. Ведь само собой разумеется, что в области дорожного движения между водителем и транспортной инфраструктурой существует психологическая связь. Эти отношения сложны, т. к. зависит от факторов, относящихся одновременно к водителю и инфраструктуре, окруженной окружающей средой. В процессе вождения водитель сотни раз в час выполняет непростые действия, включающие прием и переработку информации, принятие и выполнение решений, оценку их результатов.

В транспортной психологии в настоящий момент нет единой теоретической основы, но есть много конкретных моделей, объясняющих, например, перцептивные, когнитивные, мотивационные и эмоциональные детерминанты мобильности и поведения на дороге.

Когда автомобиль становится предпочтительным способом передвижения, для многих водителей он оказывается продолжением личности и даже позволяет проецировать параметры своего тела на автомобиль. Когда кто-то выезжает на полосу в сотне метров впереди, водитель моментально чувствует, что его «подрезали». Другой человек за рулем не коснулся его физически, но приходится совершать вполне определенные физические действия - выравнять руль и притормаживать.

Или другой пример – анонимность на дороге. Быть участником дорожного движения – все равно что выходить в интернет-чат под псевдонимом³. Мы свободны от своей личности, нас окружают люди, известные лишь под «никами» (на дороге – спрятавшиеся за номерными знаками). В чатах мы забываем обычные ограничения. Как и внутри машины, мы скрыты облаком анонимности, и нам кажется, что мы можем позволить себе все что угодно. Все выглядят равными, и каждый участник преисполнен ощущения собственной важности. К сожалению, это также означает, что у нас

² Соломин И.Л. Основы транспортной психологии учеб. пособие / И. Л. Соломин. СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС. 2018. 64 с.

³ Вандербильт Т. Трафик. Психология поведения на дорогах М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. 432 с.

нет никаких оснований обмениваться принятыми в обществе любезностями, и наш язык становится довольно грубым и упрощенным. Никто не отвечает за свои слова: посетители чатов не беседуют лицом к лицу, более того, они не ждут ответа на свой негативный комментарий. Они могут написать кому-то неприятное сообщение, а затем просто выйти из системы, оставив своего собеседника в бессильной злобе. То же самое происходит и на дороге. Исследования показали, что когда велосипедисты нарушают правила дорожного движения, то они выглядят в глазах водителя почти преступниками; если же нарушителями оказываются другие водители, то их действия обычно объясняются стечением обстоятельств.

Чувствуя, что за нами никто не наблюдает, или зная, что нас никто не увидит, в машине мы начинаем самовыражаться. Чаще всего в машине человек молчит. Раздраженный неспособностью говорить, он начинает яростно жестикулировать или подавать звуковые сигналы, то есть совершать действия, которые водитель, нарушающий правила, может интерпретировать неправильно. Так, в какой-то момент он может услышать обращенный к нему сигнал и сразу же начнет защищаться и яростно реагировать, хотя на самом деле его просто хотели предупредить о том, что он забыл закрыть крышку бензобака.

Отсюда следует, что водитель во время вождения проявляет не только свою личность, но и отражает ряд социальных условий. Эти условия могут быть как положительными, так и отрицательными, поскольку психические свойства людей неодинаковы. Оказывая влияние на нервную систему факторы окружающей среды изменяют глубину и скорость протекания психических процессов. Проходя сквозь призму личности, систему ценностей, индивидуального своеобразия, социальных установок и т. п., тот или иной фактор обуславливает соответствующее поведение водителя за рулём.

Постоянный рост мощности и скорости современного транспорта, всеобщая глобализация производства, повышение социальной активности, развитие информатизации, Интернета, компьютерных тренажеров оказывают серьезное воздействие на сознание человека, приводя порой к необратимой трансформации и формируя иллюзию его всемогущества. Это снижает предусмотрительность и осторожность, что нередко становится первопричиной таких аварий, о которых раньше не могло быть и речи. По

данным специальных исследований, именно человеческий, то есть собственно психологический, фактор сегодня является причиной 95% аварий на транспорте, в то же время в России за последние десятилетия резко сократился объём исследований в области инженерной и транспортной психологии. Психологические причины аварийности, как правило, пытаются компенсировать лишь административно-организационными методами.

Таким образом, объяснение и прогнозирование поведения участников дорожного движения зависит от разработки достоверных и надежных моделей, объясняющих роль человеческого фактора в поведении, связанном с мобильностью, и, особенно, поведение водителя.

ЭЛЕКТРОМОБИЛИ В УТИЛИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ТРАНСПОРТА

Кузнецова Е.Ю. – д.э.н., профессор, ФГАОУ ВО УРФУ «Уральский федеральный университет»

Амосов Н.А. – аспирант, ассистент, ФГАОУ ВО УРФУ «Уральский федеральный университет»

Аннотация

В статье представлены результаты анализа темпов развития транспорта с электротягой с учетом исследования его преимуществ и недостатков. Разработаны основные положения о размещении предприятий по утилизации электротранспорта, которые следует учесть при проектировании общей системы по рециклингу транспортных средств, вышедших из эксплуатации. Выделены критерии преимущественного размещения электромобилей в зонах, наиболее благоприятных для эксплуатации.

На сегодняшний день одной из самых существенных глобальных проблем человечества являются выбросы в атмосферу вследствие сжигания топлива в двигателях внутреннего сгорания. Одним из решений данной проблемы, предложенной современной инженерной мыслью, является замена транспорта с ДВС на транспорт с электротягой.

По данным автостата, за 2019 г. было продано 353 электромобилей на электротяге, что на 209 автомобилей больше, чем за 2018 г. Темп роста составил 245,14%. Результат продаж свидетельствует о росте потребности и заинтересованности граждан в новых видах транспортных средств. Отметим, что данный рост касается легковых автомобилей без государственной поддержки и финансовых преимуществ владения электромобилем.

Общественный транспорт постепенно переходит с традиционных бензиновых и дизельных автобусов, а также автобусов, оснащенных газовым оборудованием, на электробусы. Эксплуатация первых электробусов в России началась в 2018 году в Москве. Следует отметить, что это не троллейбусы, для эксплуатации которых необходима соответствующая инфраструктура – прокладка специальных электролиний, вдоль которых двигаются троллейбусы, а именно электробусы, которые призваны сочетать экологичность самого транспортного средства и повышенную мобильность, связанную с отсутствием специальной электрической линии для эксплуатации.

С учетом тенденции движения в сторону электрификации транспорта, с одной стороны, и движения в сторону «экономики замкнутого цикла», с другой, встает вопрос об утилизации данных транспортных средств. В России система утилизации транспортных средств находится на стадии проектирования, поэтому необходимо разработать основные положения, которые будут учитывать утилизацию транспорта, работающего на электрической тяге, наряду с утилизацией традиционных транспортных средств.

Статья затронет проблему размещения предприятий по рециклингу транспортных средств, вышедших из эксплуатации на территории Российской Федерации, а конкретнее, - возможное влияние электротранспорта на размещение перерабатывающих производств.

Преимущества и недостатки электротранспорта.

Разберем основные преимущества и недостатки электротранспорта для оценки скорости его глобального внедрения в транспортную систему России, а также для дальнейшего формулирования первостепенных задач по созданию рециклируемой системы по их утилизации после выхода из эксплуатации.

Основными преимуществами электротранспорта являются:

1. Экологичность. Транспорт с электродвигателем не загрязняет окружающую среду во время эксплуатации. Особенно данное преимущество проявляется, когда движение в городах затруднено. Техника с электродвигателем во время ожидания не расходует свои энергетические запасы и не загрязняет окружающую среду, а техника с ДВС расходует горючее и производит выбросы. При использовании электродвигателя в системе транспорта отсутствует антифриз и моторное масло, данные жидкости отрицательно влияют на экологию после выхода транспорта из эксплуатации.

2. Сбережение. Электродвигатели не нуждаются в использовании невозобновляемых природных ресурсах.

3. Простота. Конструкция электробусов состоит из наименьшего количества деталей по сравнению с автобусом, что способствует меньшему количеству поломок и снижению шума, вибрации при движении.

Основными недостатками электротранспорта являются:

1. Утилизация аккумуляторов. Аккумуляторы содержат ядовитые кислоты, которые трудно утилизировать.

2. Стоимость. Стоимость альтернативного электротранспорта намного выше, чем обычный автомобиль с ДВС. Электробус стоит около 30000000 руб., в то время как альтернативный автобус с таким же количеством посадочных мест - около 10000000 руб. Обычный легковой автомобиль на 2020 год можно купить в районе 500000 руб. (Lada Granta – 1 место по продажам в России за 2019 год), тогда как один из самых дешевых электромобилей стоит 4 207 590 руб. Однако, эксперты утверждают, что ежегодно электротранспорт дешевеет на 20-30% из-за создания новых видов аккумуляторов. Аккумулятор является самой дорогой частью электротранспорта.

3. Продолжительное время зарядки. Для полной зарядки электроавтомобиля требуется около 8 часов.

4. Малый запас хода. В среднем бюджетные электромобили могут проходить около 200 км на одной подзарядке. Это хороший показатель для использования транспорта в черте города, но не подходящий для дальних поездок с учетом малого количества электроустановок для зарядки в России.

5. Снижение эффективности при отрицательных температурах, что является одной из ключевых проблем для массового внедрения данного транспорта на территории России.

По анализу динамики появления электромобилей, основных преимуществ и недостатков электротранспорта можно предположить, что машины с электродвигателем будет занимать все более ощутимую долю от общего количества транспорта в России. Некоторые перечисленные выше недостатки будут решены в ближайшее время.

Влияние развития парка электромобилей на территориальное размещение предприятий по утилизации и переработке транспортных средств

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что система размещения предприятий по переработке и утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств может стать недостаточно точной в связи с увеличением количества транспортных средств на электродвигателе и его дальнейшем изменении в структурной доле всего транспорта.

Моделируемый пример: рассчитанные производственные мощности по утилизации и переработке ДВС в одном из регионов могут стать избыточными

из-за постепенного перехода на транспорт с электродвигателем в данном регионе. Моделируемый пример свидетельствует о некорректном размещении специального производства, что может привести к скоплению действующих отходов (электродвигателей) и недозагруженности действующего производства (переработка и утилизация ДВС). Этот пример показывает возможную ситуацию в будущем

Сейчас электромобили занимают малую часть от всего транспорта в России, однако имеют перспективы развития. Таким образом, при проектировании производственных мощностей по переработке нужно закладывать спецмощности под рециклинг и утилизацию электротранспорта.

Проведем анализ продаж легкового транспорта с электротягой и рассмотрим его динамику развития.

Скопление и хранение после эксплуатации каждого вида транспорта территориально находится по его востребованности и возможности использования. Рассмотрим территориально продажи электромобилей за 2019 год в России по данным автостата, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Продажи электромобилей за 2019 год по территориям России

Продажи за 2019 год		Место по продажам	%
Москва и подмосковье	131 шт.	1	37,11
Приморский край	22 шт.	2	6,23
Санкт Петербург	17 шт.	3	4,82
Краснодарский край	15 шт.	4	4,25
Иркутская область	11 шт.	5	3,12
Свердловская область	10 шт.	6	2,83
Хабаровский край	9 шт.	7	2,55
Пермский край	9 шт.	8	2,55
Красноярский край	9 шт.	9	2,55

Первое место по количеству продаж электромобилей за 2019 год было в Москве (107 шт.) это доказывает, что максимальный спрос оказывается у самого населенного города в России, где самая высокая концентрация автомобилей.

Приморский край занимает 2 место по количеству купленных электромобилей, что связано с близким расположением с Японией. По статистике в России около 98% новых электромобилей приходится на 3

марки, а именно: Jaguar, Nissan, Tesla. Высокую популярность имеет Nissan Leaf – 3051 электромобилей данной марки были привезены из Японии в Россию за последние несколько лет. Nissan Leaf является самым бюджетным вариантом из трех перечисленных лидеров.

Третье место по подсчетам занимает не область или край, а отдельно взятый город Санкт Петербург, который в свою очередь является вторым по численности населения.

К явному лидеру можно также отнести Краснодарский край, который занимает 4 место, и продажи за 2019 год составили 15 электромобилей. Объяснить лидирующую позицию можно тем, что средняя температура в Краснодаре составляет примерно 11,9 С, и нет сезонов с отрицательной температурой что является благоприятной температурой для использования электродвигателя. Для сравнения - средняя температура в Москве составляет 5,8 С⁰ и половина года – сезон с отрицательной температурой.

Как уже было сказано, в 2019 году было продано 353 электромобилей, тогда как автомобилей с двигателем внутреннего сгорания по данным Ассоциации Европейского Бизнеса было продано за этот же отчетный год - 1759532 шт. Электромобили не составляют даже 1% от общего количества продаж, но не стоит забывать о темпах роста и перспективах электротранспорта и внедрения его не только через легковые авто, но и через общественный транспорт в виде электробусов.

Несмотря на малое количество электромобилей, уже существует рынок подержанных авто на электротяге. Новые электромобили по стоимости приравниваются к автомобилям класса люкс, и поэтому доступны для малого количества людей. Владельцы новых электромобилей, судя по статистике, меняют авто после снятия электромобиля с гарантии примерно через 3-5 лет.

Рассмотрим продажи подержанных электромобилей для понимания движения владения данного транспорта, то есть понимания того, где происходит скопление электромобилей в конечном итоге. Именно эти авто выйдут из эксплуатации в первую очередь, и расположение предприятий зависит от конечного их нахождения. Всего за 2019 год было продано 3303 подержанных электромобилей. Количество продаж подержанных электромобилей по территориальному расположению представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Продажи подержанных электромобилей за 2019 год

Продажи за 2019 год		Место	%
Иркутская область	377 шт.	1	11,41
Приморский край	346 шт.	2	10,48
Москва и подмосковье	213 шт.	3	6,45
Краснодарский край	209 шт.	4	6,32
Хабаровский край	208 шт.	5	6,3
Новосибирская область	125 шт.	6	3,78
Красноярский край	112 шт.	7	3,39
Амурская область	88 шт.	8	2,66
Тюменская область	79 шт.	9	2,39

При сравнении продаж новых и подержанных электромобилей выявлено, что Новосибирская, Амурская, Тюменская области не имеют продаж новых электромобилей, однако имеется спрос на подержанные модели. Это можно объяснить в первую очередь высокой первоначальной ценой и недостаточным количеством дилеров.

Согласно исследованиям, на данный момент предприятия по утилизации и переработке транспортных средств с электротягой следует территориально располагать в областях с высокой средней температурой, в городах с населением свыше 1000000 человек и на территориях, где электромобили максимально доступны по критерию локального импорта, как например, в Приморском крае.

Для системы утилизации России необходимо продумать процесс рециклинга транспорта с электротягой, т.к. темп развития данного транспорта очень высок. Расчет количества предприятий и спецмоцностей по утилизации электротранспорта на сегодня сложно спрогнозировать. Транспорт на электротяге еще только развивается и неизвестно, какой именно спрос будут иметь электромобили через несколько лет, но по анализу продаж за 2019 год можем утверждать, что перспективы развития электротранспорта есть и рынок электромобилей будет ежегодно только расти.

Для того, чтобы понимать, какую долю от всего транспорта займут электромашины стоит пристально следить за новыми технологиями автопроизводителей и количеством внедряемого в эксплуатацию транспорта с электродвигателем в ближайшие годы.

О ПЕРЕВОДЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА НА ЭЛЕКТРОТЯГУ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ляхов С.В. – к.т.н., стр. науч. сотр., Белорусский научно-исследовательский институт транспорта (БелНИИТ «Транстехника»)

Монкевич В.Г. – зав. отделом, Белорусский научно-исследовательский институт транспорта (БелНИИТ «Транстехника»)

Таболитч Т.Г. – к.т.н., доцент, зам. Генерального директора, Белорусский научно-исследовательский институт транспорта (БелНИИТ «Транстехника»)

Аннотация

В статье рассматриваются проблемы развития городского электрического транспорта в Республике Беларусь и пути их решения, приводятся необходимые первоочередные мероприятия, предлагаются целевые и индикативные показатели выполнения мероприятий.

Согласно исследованию Mordor Intelligence Analysis, в 2018 г. в мире эксплуатировалось около 3 млн автобусов, при этом ежегодно будет происходить их замена на 300 тыс. единиц экологически чистого транспорта. По прогнозу, за 2018–2023 гг. мировой рынок такого транспорта вырастет в среднем на 25%. Это обусловлено ростом цен на топливо, загрязнением окружающей среды, возможностью использования возобновляемых источников энергии. Азиатский регион (Китай, Япония, Индия) лидирует на мировом рынке городского пассажирского транспорта на электротяге. По данным Mordor Intelligence Analysis¹, начиная с 2011 г. на китайском рынке было реализовано 370 тыс. электробусов, из них в 2017 г. – порядка 89,5 тыс. По объему использования городского пассажирского транспорта на электротяге Европа значительно уступает Азии. В 2018 г. в европейских странах эксплуатировалось примерно 2 000 электробусов. В «Белой книге» Европейского экономического сообщества², в которой представлен Стратегический план для единой европейской транспортной зоны: в направлении к конкурентоспособной и ресурсоэффективной транспортной

¹ Мосеев, В. Электробусы в России встречают прохладно [Электронный ресурс]. – URL: <https://iot.ru/transportnaya-telematika/elektrobusy-v-rossii-i-mire>

² Белая книга – Транспорт. Стратегический план для единой европейской транспортной зоны: в направлении к конкурентоспособной и ресурсоэффективной транспортной системе. [Электронный ресурс]: Европейский союз. 2011. 43 с. URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfr/transport>

системе, есть два положения по дате перевода городского пассажирского транспорта в Европейском союзе на электротягу: к 2030 г. перевод половины автобусов на электротягу, к 2050 г. замена на электробусы всех автобусов в городах.

В Республике Беларусь 9 городов имеют инфраструктуру электрического транспорта. Как видно из таблицы 1 количество электрического транспорта в Минске, Бресте и Витебске составляет около 50%, в Гомеле и Гродно – 40%, в Могилеве – 35%. При этом 40% электротранспорта приходится на троллейбусы за исключением Витебска, где количество троллейбусов и трамваев примерно равное. В Новополоцке и Мозыре трамвай занимает 40% транспорта, в Бобруйске троллейбус занимает 30% транспорта.

Всего в представленных городах эксплуатируется около 2100 автобусов (что составляет 55 %), 1350 троллейбусов (36 %), 82 трамвая (5 %) и 14 троллейбусов с автономным ходом.

Таблица 1 – Распределение городского пассажирского транспорта на середину 2019 года

Нас. пункт	Автобусы, %	Троллейбусы, %	Троллейбусы с автономным ходом, %	Трамваи, %	Электробусы (на середину 2019 г.), %	Вагоны метрополитена, %
Минск	52	37	0	4	4	3
Брест	51	47	2	0	0	0
Витебск	49	30	1	20	0	0
Гомель	59	40	1	0	0	0
Гродно	59	39	2	0	0	0
Могилев	65	34	менее 1	0	менее 1	0
Бобруйск	70	30	0	0	0	0
Новополоцк	65	0	0	35	0	0
Мозырь	58	0	0	42	0	0

К негативным тенденциям развития городского транспорта можно отнести:

- в последние пять лет наблюдается снижение пассажиропотока городского электрического транспорта;
- срок эксплуатации автобусов и троллейбусов приближается к нормативному. Практически весь приобретаемый в перспективе транспорт будет направлен на восполнение парка списываемого транспорта.

В таблице 2 представлено изменение количества транспорта по видам в городах, имеющих инфраструктуру электрического транспорта. В 2021–2025 гг. увеличение количества автобусов будет проходить планомерно с невысоким темпом и составит около 30 в год.

Таблица 2 – Изменение количества транспорта по видам в городах Республики Беларусь, имеющих инфраструктуру городского электрического транспорта

Вид транспорта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Автобусы	-68	+40	-27	+32	+32	+32	+31	+31	+30
Троллейбусы	-73	-33	-117	-180	-269	-275	-43	-79	-96
Троллейбусы с автономным ходом	+1	+6	+84	+173	+303	+414	+58	+52	+62
Трамваи	-6	-9	-6	+7	0	0	0	0	0
Электробусы	+20	+8	+52	0	+16	+12	+6	+10	+15
Вагоны метро	0	0	+24	+20	+20	+20	+48	+15	+5

Количество классических троллейбусов будет сокращаться с высоким темпом, особенно резкое сокращение планируется на 2020–2022 годы. Классические троллейбусы будут заменяться на троллейбусы с автономным ходом, при этом увеличения длины контактной сети не рассматривается. Убыль классических троллейбусов практически будет равной приросту троллейбусов с автономным ходом. Например, только Минском планируется в 2020–2022 годах закупить таких троллейбусов 890 единиц. Суммарная закупка электробусов в новой пятилетке предполагается крайне малой – 59 электробусов. Увеличения количества трамваев не предусматривается.

Можно констатировать, что при отсутствии целенаправленных мероприятий по развитию городского электрического транспорта оптимистическим сценарием будет замена троллейбусов на троллейбусы с автономным ходом, а перехода в массовом количестве на электробусы не предполагается. Транспортными предприятиями в городах, не имеющих инфраструктуры электрического транспорта, приобретение электробусов в настоящее время не рассматривается.

Отказ от приобретения электробусов в первую очередь связан с экономической причиной – это высокая стоимость владения. Стоимость электробуса более чем в два раза выше автобуса. Кроме того, сюда нужно прибавить и стоимость зарядных станции и стоимость прокладки кабеля. В

результате стоимость маршрута электробуса не конкурентоспособна автобусному маршруту. При организации маршрута с электробусами большая часть расходов приходится не на обслуживание и потребляемую электрическую энергию, а на амортизационные отчисления, которые напрямую влияют на себестоимость перевозки, что опять же делает электробус неконкурентоспособным.

Для массового перевода городского пассажирского транспорта на электробусы необходимо осуществить ряд первоочередных мероприятий.

Мероприятия должны быть осуществлены по следующим направлениям: субсидирование; энергетика; строительство и эксплуатация; нормотворчество.

В Республике Беларусь согласно Бюджетному кодексу определены меры субсидирования из местных бюджетов для транспортных предприятий, занимающихся перевозками пассажиров:

- субсидии, в уставных фондах которых 50 % и более акций принадлежит государству;
- субсидии на обновление пассажирского транспорта организаций, в уставных фондах которых 50 % и более акций (долей) принадлежит государству.

Однако данное субсидирование направлено на развитие транспорта в целом и не имеет приоритета развития городского электрического транспорта.

Для развития парка электробусов субсидирование должно осуществляться не только из местных бюджетов, но и из государственного бюджета, например, как это осуществляется в Российской Федерации и Китае и в ряде европейских стран.

Принципами субсидирования должны быть:

- субсидирование должно строиться по принципу частичной компенсации затрат на производство инновационного транспорта с последующей продажей его транспортным предприятиям по сниженной на сумму субсидии цене;
- предоставление субсидии на производство и приобретение должно быть связано со степенью локализации производства на территории республики;

– субсидирование должно быть дифференцировано по видам транспорта, где приоритет будет отдаваться электробусам. Для проведения субсидирования необходимо разработать критерии отнесения производимого транспорта к инновационному, а также установить правила определения степени локализации производства данного транспорта в республике;

– субсидирование должно выполняться на конкурсной основе исходя из предоставленных планов городами по приобретению транспорта;

– субсидирование должно производиться из возможностей республиканского бюджета, но при этом предусматривать годовую закупку транспорта не менее определенного количества.

– показателем результативности субсидирования должно выступать увеличение производства и приобретения инновационного городского пассажирского транспорта на электротяге в отчетном году по отношению к предыдущему году;

– после окончания периода 2021–2025 гг. предусмотреть планомерное снижение субсидирования.

Введение дополнительных электроэнергетических мощностей за счет запуска БелАЭС дает новые возможности для развития городского пассажирского транспорта, а также позволяет регулировать баланс производства и потребления электроэнергии в течение суток.

В сфере энергетики при переводе на электрический транспорт необходимо учитывать следующие факторы:

– требования по минимальному и максимальному количеству подвижного состава, переводимого на электротягу, в действующих нормативных правовых актах не определены;

– существующая инфраструктура распределительных сетей в целом достаточна для установки зарядных станций;

– существует возможность на период до 2025 года определить места расположения зарядных станций, не требующих усиления распределительной сети;

– ограничения на объем потребления электрической энергии электрическим транспортом отсутствуют;

– при обеспечении стабильной работы энергосистемы после ввода в эксплуатацию БелАЭС важным фактором становится потребление

электроэнергии в ночное время, а следовательно, использование электробусов с ночной зарядкой.

Величина тарифа на электроэнергию для городского пассажирского транспорта на электротяге должна отвечать следующим условиям:

- обеспечивать безубыточность работы энергоснабжающих организаций;
- обеспечивать снижение удельных затрат на тягу электробуса по сравнению с транспортом с двигателем внутреннего сгорания;
- обеспечивать компенсацию затрат на приобретение городского пассажирского транспорта на электротяге по сравнению с транспортом с двигателем внутреннего сгорания, включая возмещение затрат на развитие инфраструктуры зарядных станций.

Мерами поддержки в сфере энергетики должны выступать:

- введение дифференциации тарифа на электрическую энергию по временным периодам (снижение цены в ночное время);
- выполнение организациями Государственного производственного объединения «Белэнерго» реконструкции электрических сетей и подстанций для обеспечения подключения зарядных станций.

При расширении зоны эксплуатации электробусов, т.е. формировании маршрутов в малых городах и пригородных маршрутов, возникнет необходимость строительства маршрутной инфраструктуры и организации технического обслуживания электробусов.

До начала производства электробусов с ночной зарядкой потребуются:

- провести научно-исследовательские работы по анализу и проектированию линейной инфраструктуры электробусов для использования в малых городах и на пригородных маршрутах с учетом: схемы движения по маршруту, его топографии, расписания движения по маршруту в течение суток, пассажиропотока в течение суток, пробега на маршруте, затрат на электроэнергию и топливо с учетом сезонности, необходимого местоположения зарядных станций, времени зарядки и возможности оказания технической помощи на маршруте;
- создать сети региональных центров коллективного технического обслуживания электробусов и организовать службы оказания технической

помощи на удаленных маршрутах или организовать обслуживание электробусов силами эксплуатирующих организаций.

Одним из факторов, препятствующих переводу городского пассажирского транспорта на электробусы, может стать несоответствие современным потребностям нормативных правовых актов и технических документов.

Необходима актуализация документов по следующим направлениям:

- актуализировать нормативные правовые акты и документы в сфере дорожного движения;
- актуализировать законодательство по охране труда, безопасности транспортной деятельности, подготовке водителей и обслуживающего персонала;
- актуализировать и разработать технические нормативные правовые акты по безопасной эксплуатации и техническому обслуживанию электробусов.

Целевыми показателями перевода городского транспорта на электротягу должны выступать:

- увеличение доли подвижного состава городского пассажирского транспорта на электротяге в общем количестве подвижного состава, выполняющего городские и пригородные перевозки пассажиров в регулярном сообщении;
- увеличение доли протяженности маршрутной сети электробусов, троллейбусов и трамваев.

При осуществлении контроля индикативными показателями могут выступать:

- увеличение длины маршрутов городского пассажирского транспорта на электротяге;
- сокращение потребления моторного топлива;
- увеличение потребления электрической энергии;
- уменьшение объема импортируемого топлива, замещаемого на электроэнергию за счет перевода подвижного состава городского пассажирского транспорта на электротягу;
- снижение выбросов парниковых газов за счет перевода подвижного состава городского пассажирского транспорта на электротягу.

В целях стимулирования перевода подвижного состава городского пассажирского транспорта на электротягу в Республике Беларусь должны быть применены экономические регуляторные меры. На государственном уровне необходимо проводить политику, создающую приоритетные условия для предприятий, производящих инновационный городской пассажирский транспорт на электротяге, и предприятий, готовых его приобретать.

Задачами политики должны быть:

- стимулирование разработки и производства инновационного городского пассажирского транспорта на электротяге, его компонентов и зарядных станций;
- достижение производимой техникой мирового технического уровня и конкурентоспособности, включая характеристики безопасности, надежности, экономичности и экологичности;
- увеличение объема научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке подвижного состава и инфраструктуры городского пассажирского транспорта на электротяге;
- создание привлекательных условий владения городским пассажирским транспортом на электротяге для автотранспортных предприятий путем снижения материальных затрат на приобретение транспорта.

Для осуществления данной политики необходимо:

- в рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь предусмотреть отдельное направление развития инновационного городского пассажирского транспорта на электротяге, включая создание электробусов с ночной зарядкой;
- разработать план субсидирования производства и приобретения инновационного городского пассажирского транспорта на электротяге, его компонентов и зарядных станций на 2021–2025 гг.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕЛЕМАТИКИ И МЕТОДОВ ГЕЙМИФИКАЦИИ В СТРАХОВАНИИ ТРАНСПОРТА

Макаренко Е.А. – к.э.н., доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

Песоцкий А.Б. – к.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

Аннотация

Статья содержит анализ современного тренда использования телематики и игровых элементов в деятельности страховых компаний при страховании транспорта, в частности использование геймификации, которая позволяет увеличить конкурентные преимущества российских страховых компаний. Рассматривается применение игровых элементов для продвижения страховых услуг, сегментации транспортного портфеля и снижения его убыточности.

Реализация инновационных нестандартных методов управленческой деятельности в настоящее время является перспективным направлением развития бизнеса. Одним из таких методов стали игровые подходы, распространенные в компьютерных играх и виртуальном пространстве, которые описаны общим понятием «геймификация» (другие названия — игрофикация).

Термин «геймификация», предложенный в 2002 г. Ником Пеллингом, долгое время не являлся предметом научного изучения и не применялся в управленческой коммерческой деятельности. Начало реализации этого метода относится к 2010 г., когда в индустрии крупных IT-компаний, образовательных учреждений, библиотек было реализовано 11 геймифицированных проектов. Они имели положительный эффект, что привлекло внимание исследователей к изучению данного тренда, благодаря чему данный термин стал набирать популярность.

В 2011 г. геймификация была включена компанией Garther, занимающейся статистическими исследованиями, в список новых технологий, находящихся на пике спроса. Геймификация подразумевает под собой применение в любой сфере жизни (работа, учеба, бизнес, политика, и т. д.) игровых элементов, которые делают любую из этих сфер жизни увлекательным процессом, позволяющим достичь успехов и оценить уровень достигнутого успеха.

Геймификация сегодня признана одним из самых эффективных подходов в управлении компаниями и с успехом применяется в таких крупных холдингах, как Nike, Coca-Cola, Microsoft, Samsung, Magnum и т. д. Так, начиная с 2011 г. геймификация получила активное развитие: наблюдается увеличение научных публикаций по геймификации особенно за рубежом, стали появляться первые аналитические обзоры, в которых описывался процесс становления и популяризации инструментов геймификации в бизнес-процессах. Серьезный вклад в теорию использования геймификации внесли Г. Зиккерман¹, Дж. Хамари², Е. Любко³ и другие ученые, работы которых отразили исследование сущности геймификации, ее видов, факторов.

Игровую психологию, нацеленную на достижение результата, можно применять практически в любых сферах деятельности. Именно игра приносит удовлетворение и мотивирует человека заниматься чем-либо с удовольствием, интересом и отдачей. В настоящий момент приемы геймификации пытаются использовать в своей деятельности в том числе и страховые компании.

Экономическими предпосылками «поворота» к геймификации в страховой отрасли (а именно в сфере автострахования (каска)) являются:

- снижение уровня жизни населения в России, как следствие – снижение расходов людей на страхование;
- усиление конкуренции за страхователя среди страховых компаний в своих целевых клиентских сегментах;
- как следствие, поиск новых методов и форм конкуренции, подходов «борьбы» за клиента, которые призваны ослабить действующие бизнес-стратегии конкурентов в целевых клиентских сегментах с одной стороны и повысить эффективность своих бизнес-процессов – с другой⁴.

Страхование каска всегда было драйвером страхового рынка. При расчёте стоимости страхового полиса страховщики учитывают максимальное количество рисков, которые связаны с клиентом. В результате страховая премия складывается из таких показателей, как: возраст водителей, стаж

¹ Зиккерман, Г., Линдер, Д. Геймификация в бизнесе. Из-во: Манн, Иванов и Фербер, 2014, С. 135-143.

² Defining Gamification - A Service Marketing Perspective. Juho Hamari. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/259841647_Defining_Gamification_-_A_Service_Marketing_Perspective (дата обращения: 12.02.2020)

³ Любко, Е. Легкая геймификация в управлении персоналом. Из-во: Издательские решения, 2018. 280 с.

⁴ Макаренко, Е.А., Борисов, А.С. Влияние нейромаркетинга на технологии продвижения новых продуктов. Актуальные проблемы экономики и управления. 2019. № 3 (23). С. 38-40.

вождения, коэффициент бонус-малус (система тарифных коэффициентов, которая изменяет размер страховой премии, в зависимости от истории страховых случаев) и т. д. Зачастую страхователи одного возраста и стажа имеют разную подверженность рискам. Таким образом, одинаковая стоимость каско является несправедливой, ведь она учитывает только возраст/стаж, а не действительные умения водителя⁵.

В качестве примера применения геймификации рассмотрим новый подход к ведению страхового бизнеса – проект улучшения сегментации страхового портфеля. Предлагаемую инновацию необходимо рассматривать как стратегическую инновацию на заданном горизонте стратегического планирования, иначе такой подход к формированию и развитию конкурентных преимуществ страховой компании, как «новая игра» не будет иметь смысла.

Смысл предлагаемой инновации – создание ценности для потребителей услуг автострахования на основе нового опыта посредством расширения форм обслуживания автолюбителей и управления отношениями с заинтересованными сторонами.

В качестве методического подхода для разработки проекта геймификации в области оказания услуг автострахования целесообразно использовать комбинацию методов поведенческой экономики и игрового обучения.

Необходимо спроектировать «пилотный» проект комплекса игр (геймов) на двухлетнем периоде стратегического планирования реализации действующей бизнес-стратегии и маркетинговой стратегии страховой компании. Это должен быть именно комплекс игр как группа связанных продуктов, т. к. нужды и ожидания автолюбителей неоднородны, как и классы выпускаемых автомобилей.

Логика реализации проекта геймификации в области оказания услуг автострахования конкретной целевой аудитории в рамках деятельности выбранной страховой компании представлена на рис. 1.

⁵ Дроздов, Г.Д., Макаренко, Е.А., Пастухов, А.Л. Моделирование процессов страхования: моногр. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики, 2011. 240 с.

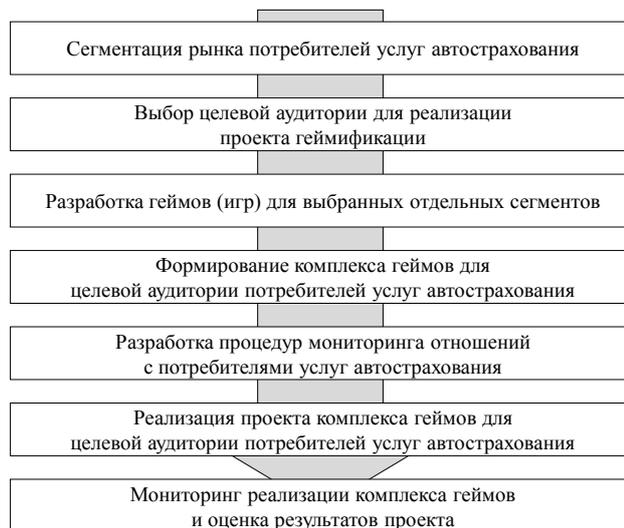


Рис. 1. Логика реализации проекта геймификации оказания услуг автострахования

Источник: авторская разработка.

Проектированию подхода к геймификации и соответствующих процедур реализации такого проекта в условиях деятельности конкретной страховой компании должно предшествовать сегментирование рынка услуг автострахования, на котором оперирует компания в его географических границах.

Особое внимание следует уделить сегментированию рынка услуг автострахования, в частности, определению принципов и/или критериев сегментирования, таких как: возраст страхователя, стаж, стоимость услуг, социального статуса страхователя и т. п.

Это связано с тем, что ожидания и нужды пенсионеров и молодых автолюбителей (например, в возрасте 18-30 лет) существенно отличаются, включая потребность/необходимость участия в какой-либо игре.

С другой стороны игры страховщик, заинтересованный в новых безаварийных клиентах. Для решения задачи формирования безаварийного портфеля можно использовать два решения: либо брать на страхование безаварийных клиентов, либо «воспитывать» клиентов, делая их безаварийными.

С точки зрения деятельности страховой компании проект геймификации будет охватывать функциональные аспекты управления маркетинговой деятельностью и управления страховым портфелем компании.

Наиболее важные характеристики, обеспечивающие формирование и развитие конкурентных преимуществ компании, при использовании такого метода игрового обучения, как геймификации:

- способность менеджмента и персонала разрабатывать сценарий реализации легенды (истории, ситуации взаимодействия с клиентами), обеспечивающий определенную настройку поведения потребителей услуг автострахования;

- способность персонала формировать эффективные коммуникации с потребителями услуг автострахования, обеспечивающие ощущение автолюбителями сопричастности, вклада в общее дело, интереса к достижению поставленных целей;

- способность персонала обеспечить получение постоянной, измеримой обратной связи от целевой аудитории страхователей, в том числе, чтобы иметь возможность динамичной корректировки поведения автолюбителей и поддерживать их вовлеченность в отношения со страховой компанией.

Ограничениями на применение проекта геймификации в области услуг автострахования являются:

- настройка доминанты действующей информационной культуры страховой компании, которая должна обеспечивать продуктивность взаимодействия персонала страховой компании с различными сегментами автолюбителей;

- способность менеджмента компании обеспечивать результативный мониторинг и контроль не только процесса реализации самого комплекса игр, но и поддержки заданного уровня текущих отношений с клиентами-автолюбителями для формирования устойчивости конкурентных преимуществ.

Смысл применения игрового обучения автолюбителей в формате комплекса игр состоит в увеличении объемов оказания страховых услуг и поддержании тенденций роста соответствующих показателей КРІ, обеспечивающих достижение корпоративного успеха страховой компании.

В случае успешной реализации «пилотного» проекта комплекса игр для выделенной целевой аудитории потребителей услуг автострахования, менеджмент компании может распространить данный успешный опыт при

реализации доработанного комплекса игр для других сегментов/категорий автолюбителей с учетом специфических потребностей ожиданий данных сегментов рынка услуг автострахования. Также можно масштабировать данный подход на другие виды страхования (например, личные).

Отраслевой подход – «воспитывать» клиентов, делая их безаварийными, пытаются реализовать ряд компаний с помощью правил геймификации, установки телематических устройств (устройств, которые с помощью спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS и встроенных датчиков в режиме реального времени собирают статистику об управлении автомобилем и его состоянии) и соответствующего приложения для смартфона. Это несет потенциальную выгоду обеим сторонам: страховой компании помогает набирать себе «в портфель» аккуратных водителей, а клиентам существенно экономить на страховых премиях по каско⁶.

Следует отметить, что возможности телематики на протяжении более чем 10 лет успешно применяются в западном автостраховании, где существует так называемая система UBI (usagebasedinsurance – страхование, основанное на сборе данных об использовании транспортного средства). Суть её заключается в предоставлении страховой компанией скидок за безопасную езду. Телематическое устройство или приложение наблюдает за манерой вождения страхователя и исходя из полученной информации выставляет баллы, которые формируют рейтинг водителя⁷.

Первыми эту технологию применили итальянцы в 2002 г., дальше распространилась на Великобританию, западную Европу, восточную Европу, далее – США и Канада. Каждая из стран решала свои задачи реализовывая этот продукт:

- для Италии это было снижение стоимости страхования;
- для стран Великобритании и западной Европы – безопасность дорожного движения и сохранение жизни человека;
- в США и Канаде – разграничение использования автомобилей и борьба с нелегальным выплатами.

⁶ Макаренко, Е.А. Использование информационных технологий в деятельности финансовых групп. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2006. № 5-2 (47). С. 149-153.

⁷ Макаренко, Е.А. Совершенствование предпринимательских связей банков и страховых компаний по страхованию транспортных средств // Экономика и управление. 2007. № 2 (28). С. 142-146.

Сегодня большинство производителей автомобилей в Северной Америке и Японии оснащают свои автомобили широким спектром различных телематических устройств, включая оповещение об экстренных ситуациях, помощь на дорогах, геолокация угнанных автомобилей, а также предоставляющих возможности для удаленной диагностики, навигации и развлечений.

В России активное обсуждение новой технологии началось лишь в 2014 г. Крупнейшие страховые компании (АО «Интач Страхование», АО «АльфаСтрахование», АО «Либерти Страхование», СПАО «Ингосстрах» и др.) начали предлагать свои услуги в данной области. Страховщик предлагает клиенту бесплатно установить телематическое устройство в его автомобиль. Прибор по сотовой связи передает данные о вождении на сервер компании, где они анализируются. Если водитель не создавал опасности на дорогах, система присваивает водителю высший балл. По окончании периода мониторинга, который обычно длится до полугода, добросовестные водители могут получить скидку на каско.

Принципы геймификации реализуются в телематике следующим образом: страховая компания дает ряд показателей, которые должен отслеживать страхователь (игрок). Все это в итоге можно изложить в трех принципах умного страхования «PayAsYouDrive» (PAYD), «PayHowYouDrive» (PHYD) и «ManageHowYouDrive» (MHYD). PAYD – это анализ данных по времени и местам, PHYD – анализ данных по торможению, разгону, превышению скорости и соблюдению правил маневра, модель MHYD – отслеживание поведения водителя, характера вождения и предоставление водителю обратной связи.

Стоит отметить, что внедрение геймификации в страховой бизнес было положено в 2014 г. АО «Страховая группа «УралСиб», которая совместно с компаний RachelTelematic разработали продукт «Умное каско» с 4 вариантами игры для клиента. В то время ставился прогноз на 20% проникновения «умного каско» на рынок, т.е. каждая пятая застрахованная машина должна была быть оборудована телематическим устройством, однако разразившийся в 2014 г. кризис внес серьезные коррективы в динамику проникновения геймификации в страхование. Так, сейчас проникновение умного страхования на страховой рынок пока еще ниже всех ранних прогнозов (<5%), однако

экспертное сообщество ожидает роста популярности игровых страховых приложений с приходом поколения Y в фазу активных производственных отношений. Представители поколения Y, рожденные с 1981 по 1996 г., вовлечены в цифровые технологии и активно ими пользуются, при этом они имеют финансовую независимость (в отличие от еще взрослеющего поколения Z).

Можно отметить, что страховщики сегодня пытаются все больше и больше мониторить застрахованные объекты, если в случае с каско – это телематика, то в агростраховании, это беспилотники, оценивающие качество и безопасность посевов. Данные проекты уже внедрены в ряде регионов Краснодарского края⁸.

По прогнозам, к 2020 г. в России будет продано два миллиона «умных» полисов автострахования. При этом уже сейчас достоинства телематики оценили 100 миллионов водителей по всему миру, в Европе эта технология используется уже около 13 лет, и число полисов с телематикой составляет 6,5 млн (из них более 3 млн – в Италии).

Дополнительными толчками для развития телематики могут послужить законопроект о либерализации ОСАГО и развитие каршеринга в России. В законопроекте есть пункт о факторах, которые страховщики могут учитывать при определении индивидуального тарифа для клиента: «характеристики (навыки) вождения транспортного средства его владельцем (резкость торможения, ускорения, перестроения, частота и длительность использования транспортного средства) при условии их фиксации, в том числе с использованием телематических устройств». Применяемая в каршеринге поминутная тарификация водителя позволяет регулировать страховую премию по каско и ОСАГО индивидуально, а страхователю оплачивать страховую премию только за период действительного использования транспортного средства.

В настоящий момент набирающая популярность экономика «шеринга» (совместного использования вещами), дает стимул к созданию «портретов» автовладельцев, содержащих информацию о многих параметрах их стиля

⁸ Макаренк, Е.А., Евдокимов, К.В., Саморуков, В.И., Кожевников, А.А. Рынок сельхозстрахования в России: итоги 2018 года и пути развития до 2020 года. Сборник: Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции: посвящается 115-летию Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Санкт-Петербург, 2019. С. 171-176.

вождения, что позволяет страховой компании индивидуально рассчитывать страховую премию для каждого водителя.

В настоящий момент за рубежом и в России рассматриваются возможности внедрения телематики в личные виды страхования (страхование жизни и здоровья). Уже сейчас многие ходят с «умными» браслетами, отслеживая свою физическую активность в течение дня. Это тоже является геймификацией. Вы стараетесь сделать больше шагов, что не может не сказываться положительно на здоровье. Эти же физические активности страховщики хотят заложить в полисы добровольного медицинского страхования и страхования от несчастных случаев и болезней⁹. Если вы физически активный человек, то вероятность вашего обращения в страховую компанию за медицинской помощью существенно ниже, чем у человека, который ведет пассивный образ жизни. Основная технологическая проблема – это создание соответствующих алгоритмов и математический расчет процента снижения рисков составляющей в тарифе. Все это позволит обеспечить адекватное страховое покрытие для простых граждан, включающее все нюансы их активности, как, например, это делается для профессиональных спортсменов¹⁰.

Социальной причиной торможения «умного страхования» является неприятие населением России технологий наблюдения. Можно предположить, что использование телематических устройств, 24 часа в сутки отслеживающих активность пользователя, вызовет еще больший антагонизм.

Тем не менее телематические устройства на российском рынке появились, в связи с чем будет повышаться количество сфер их применения. На наш взгляд, рынок «умного страхования» ждет значительный рост, но для масштабного роста необходима прежде всего деятельность по ориентации услуг на клиента и создание особой системы ценностей этого вида услуг для страхователя.

⁹ Моськин, А.В., Макаренко, Е.А. Совершенствование механизма обеспечения страховой защиты спортсменов // Сборник: Физическая культура студентов материалы Всероссийской научно-практической конференции / Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». Санкт-Петербург, 2019. С. 38-41

¹⁰ Макаренко, Е.А., Саввинова, Ю.А. Совершенствование нормативных аспектов системы закупок в сфере страхования профессиональных спортсменов. Моя профессиональная карьера. 2019. Т. 2. № 4. С. 14-26.

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВА СО ВРЕМЕНЕМ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГТУ

Марьин Г.Е. — старший машинист энергоблоков цеха парогазовых установок АО «Татэнерго» филиал «Казанская ТЭЦ-2»

Менделеев Д.И. — машинист-обходчик энергоблоков цеха парогазовых установок АО «Татэнерго» филиал «Казанская ТЭЦ-2»

Шубина А.С. — Педагог дополнительного образования, МБУДО ГЦДТТ им. В.П. Чкалова

Аннотация

Широкое распространение газотурбинных установок в энергетике требует оценки влияния топливного газа на работу установки. Гарантированный срок службы газовых турбин при правильной эксплуатации составляет 15 лет. В течении такого периода возможно изменение компонентного состава топливного газа. Изменение состава топлива может привести к изменению всех параметров двигателя. В работе показано изменение компонентного состава топливного газа Комсомольского месторождения с течением времени, и его влияние на энергетические характеристики ГТУ.

По данным международного электрического агентства, на тепловых электрических станциях, сжигающих ископаемые топлива производится самая большая доля электроэнергии в мире¹. В настоящее время изношенное паротурбинное оборудование заменяют на газовые турбины. Основным топливом для ГТУ является природный газ, в редких случаях газовые турбины работают на жидком топливе, но это усложняет цикл работы, т. к. для жидкого топлива необходим подвод пара или воды в проточную часть.

Для стабильной работы газовой турбины необходимо постоянство состава топливного газа. С течением времени компонентный состав может измениться.

Для исследований выбрана ГТУ GE 6FA, газотурбинная установка является одновальным осевым турбоагрегатом, оснащенным 18-ти ступенчатым компрессором с одним рядом поворотных направляющих лопаток на входе в компрессор, шестью камерами сгорания, а также 3-х

¹ IEA (2015), Electricity Information 2015, IEA, Paris, [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1787/electricity-2015-en>. (дата обращения: 01.02.2020)

ступенчатой турбиной с воздушным охлаждением на всех трех сопловых ступенях и на двух первых лопастных ступенях.

Для исследования в качестве топливного газа используется характеристики газа с Комсомольского месторождения. Разработка данного месторождения началась с середины 60-х гг., с течением времени компонентный состав изменился (таблица 2)

Таблица 1 – Технические характеристики ГТУ PG6111FA

Параметр	Размерность	Значение
Мощность на клеммах генератора	кВт	77211
Атмосферное давление	кгс/см ²	1,013
Температура на входе в компрессор	°С	15
Относительная влажность на входе в компрессор	%	60
Падение давления в системе впуска	мм вод.ст.	85
Статическое давление на выпуске при условиях ISO	мм вод.ст.	350
Низшая теплотворная способность топлива	кДж/кг	49194
Температура топлива	°С	30
Давление топлива перед газовым модулем	кгс/см ²	25,9 – 30,8
Выбросы NO _x	ppm	< 25
Выбросы CO	ppm	< 15

Таблица 2 – Изменение компонентного состава топливного газа с Комсомольского месторождения

Компонент	Формула	Молекулярный вес	Объемный состав в 70-е	Объемный состав в 80-е	Объемный состав в 90-е
Метан	CH ₄	16,0426	97,200	95,16156	92,500
Этан	C ₂ H ₆	30,0694	0,120	0,220205	2,100
Пропан	C ₃ H ₈	44,1000	0,010	0,026913	0,500
Изо-бутан	C ₄ H ₁₀	58,1240	0	0	0,200
Кислород	O ₂	31,9988	0,025	0,04882	0,025
Азот	N ₂	28,0134	2,500	2,7	3,9
Двуокись углерода	CO ₂	44,0100	0,100	0,268579	0,28
Примеси	-	-	0,045	1,57392	0,495

В связи с тем, что газовая турбина работает на рынке электроэнергии, необходимо выдерживать графики несения нагрузки. Для этого необходима

постоянная работа в базовом режиме. Базовый режим работы ГТУ подразумевает постоянство температуры на выходе из ГТУ².

Для определения исследований необходимо определить условную формулу, определить энтальпию. Согласно работе³ условная формула исходного газа Комсомольского месторождения примет вид:

$$C_{5,978517} B_{23,53828} N_{0,302083} O_{0,056426} \quad (1)$$

Энтальпия определяется при использовании⁴ и равна 4455,34 кДж/кг.

Для исследований была выбрана газотурбинная установка фирмы «General Electric» модели «PG1116FA», номинальной мощностью 77 МВт. Для расчета газотурбинного двигателя была создана математическая модель в программном комплексе АС ГРЭТ⁵, функциональная схема которой представлена на рисунке 1.

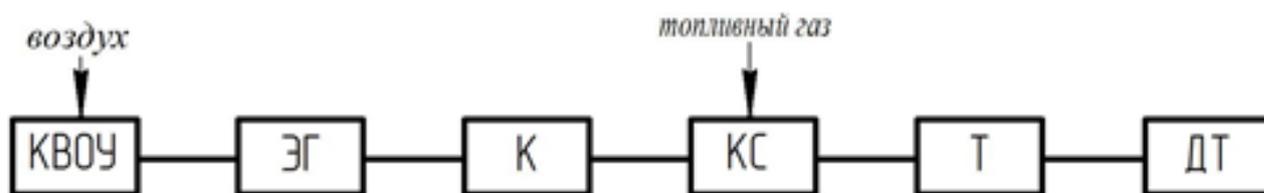


Рис. 1. Функциональная схема расчета газотурбинного двигателя
КВОУ – комплексно воздухоочистительное устройство, ЭГ – электрогенератор, КС – камера сгорания, Т – турбина, КУ – котел-утилизатор, ДТ – дымовая труба.

Исходные данные при исследовании:

- расход воздуха 200 кг/с;
- частота вращения двигателя 5230 об/мин;
- степень сжатия 15,8;
- температура на входе 288,15 0С;

² Менделеев, Д.И., Марьин, Г.Е., Ахметшин, А.Р.. Показатели режимных характеристик парогазового энергоблока ПГУ-110 МВт на частичных нагрузках. Вестник Казанского государственного энергетического университета: научно-технический журнал. - Казань: КГЭУ 2019. № 3(43). С.47-56.

³ Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. Том III. АН СССР. ВИНТИ / Под ред. акад. Глушко В.П. М.: 1973. –624 с.

⁴ Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справочник в 2 х томах // Под ред. акад. Глушко В.П. – М.: Изд. АН СССР, 1962. 344 с.

⁵ Осипов, Б.М., Титов, А.В. Автоматизированная система газодинамических расчетов энергетических турбомашин: Учеб. пособие / Б.М. Осипов, А.В. Титов – Казань: Казан. гос. энерг. Ун-т, 2012 277 с.

– давление 101,3 кПа.

При моделировании принято, что газовая турбина вырабатывает 77 МВт.

Проведенные исследования показывают, что изменения состава топливного влияют на характеристики ГТУ, результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние изменения состава топливного влияют на характеристики ГТУ

Компонент	Комсомольское Месторождение в 70-е	Комсомольское Месторождение в 80-е	Комсомольское Месторождение в 90-е
Температура на входе в двигатель, К	288,15	288,15	288,15
Давление на входе в двигатель, МПа	0,1013	0,1013	0,1013
КПД, %	35,73	35,15	34,8
Мощность, кВт	77000	77000	77000
Суммарный расход воздуха на входе в двигатель, кгс/с	210 кг/с	213,2	214,9
Суммарный часовой расход топлива, кг/ч	16687,8	16890,2	17701,1

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. При работе и пусках газотурбинных установок все параметры топлива должны удовлетворять требованиям по качеству.

2. Состав топливного газа влияет на энергетические характеристики газовой турбины.

3. Содержание метана в составе топливного газа оказывает решающее влияние на энергетические характеристики газовой турбины.

4. Изменение состава топливного газа приводит к увеличению суммарного часового расхода топлива, изменение по результатам исследований достигло 5,7% от первоначального.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ТЕСТОВЫХ НАГРУЗКАХ

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»

Крыгина Е.И. – магистрант ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В статье рассматривается как влияет контроль мощности двигателя на эффективность работы. Анализируются опытные данные при реализации плана эксперимента. Приводится утверждение, что теоретическая зависимость может быть использована в расчетах при рассмотрении процесса загрузки двигателя в диапазоне по частоте вращения, соответствующей регуляторной ветви скоростной характеристики двигателя при тестовых нагрузках.

Одной из ответственных операций по диагностированию двигателя является оценка технического состояния по эффективной мощности, т. к. данный показатель определяет в целом его состояние. Контроль мощности проводится периодически через определенную наработку, при этом используются различные методы, включая стендовые испытания, бестормозные методы определения мощности, и т. д. Используемые методы в основном основаны на создании нагрузки на коленчатом валу двигателя близкой к номинальной, что требует использования соответствующего по мощности оборудования. Определения эффективной мощности за счет создания тестовых (небольших по величине относительно мощности двигателя) нагрузок на двигатель с точки зрения эффективности не в полной мере может конкурировать с широко используемыми методами, тем не менее, способ может быть реализован, например, с использованием штатного диагностического прибора для проверки агрегатов гидравлической системы. В перспективе данный способ может использоваться для текущего контроля степени загрузки двигателя, т. к. в его основе лежит сопоставление фактических параметров работы двигателя на регуляторной ветви с параметрами данной ветви согласно технической документации, принятой как эталонной. Последнее может иметь перспективу, т. к. при выполнении тяговых

процессов в результате переменной нагрузки двигатель может переходить в режим перегрузки¹.

Для дизельных двигателей, оснащенных всережимным регулятором, скоростная характеристика имеет регуляторную ветвь, изменение мощности на которой имеет линейный характер в зависимости от снижения частоты вращений коленчатого вала в пределах диапазона от частоты вращения на холостом ходу до номинальной частоты вращения. Линейность изменения мощности на регуляторной ветви явилось основой для предположения, что определить мощность двигателя возможно не загружая двигатель нагрузкой, близкой к номинальной, а ограничится небольшой нагрузкой в пределах 5–15% от номинальной.

Особенностью внешней скоростной характеристики дизельного двигателя, оснащенного всережимным регулятором, наличие двух ветвей: регуляторной и корректорной. Наличие регуляторной ветви – результат работы регулятора, который с одной стороны ограничивает частоту вращения коленчатого вала путем снижения подачи топлива, а с другой – обеспечивает относительную устойчивость частоты вращения коленчатого вала также за счет изменения подачи топлива. регуляторная ветвь характеризуется практически прямой зависимостью используемой мощности двигателя от частоты вращения коленчатого вала.

По частоте вращения регуляторная ветвь распространяется по частоте вращения коленчатого вала в пределах $\Delta n = n_{xx} - n_n$, что характеризует неравномерность работы «разбег» регулятора.

Относительным показателем, характеризующим изменение частоты вращения в пределах регуляторной ветви является коэффициент неравномерности - δ , который определяется соответствующим образом [2]:

$$\delta = \frac{n_{xx} - n_n}{n_{cp}}, \text{ или } \delta = \frac{2 \cdot (n_{xx} - n_n)}{n_{xx} + n_n} \quad (1)$$

где n_{xx} – частота вращения коленчатого вала на холостом ходу, об/мин;

n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала, об/мин;

n_{cp} – средняя частота вращения коленчатого вала, об/мин (

$n_{cp} = (n_{xx} + n_n)/2$).

¹ Дорохов, А.П., Латыпов, Р.М., Мухамадиев, Э.Г., Подолько, П.М. Результаты тяговых испытаний грядообразователя фрезерного типа. // Тракторы и с.-х. машины. 2008. №2. С. 13-16.

При появлении стабильной нагрузки (работа компрессора, гидравлической системы, и т.д.) частота вращения коленчатого вала снижается, при этом всережимный регулятор увеличивает подачу топлива, и частота вращения стабилизируется на новом уровне, которому соответствует уже другой коэффициент неравномерности:

$$\delta_1 = \frac{2 \cdot (n_{xx1} - n_n)}{n_{xx1} + n_n} \quad (2)$$

Предположив, что уменьшение мощности по технической причине также можно представить, как внешнюю нагрузку с эквивалентной мощностью потребления, коэффициент неравномерности для исправного двигателя при отключенных внешних потребителях энергии можно считать эталонным значением. Данное эталонное значение можно сопоставить с текущим значением, в виде отношения текущего значения коэффициента неравномерности δ_1 к эталонному его значению δ что позволит оценить мощность двигателя относительно паспортного значения:

$$K_e = \frac{\delta_1}{\delta} = \frac{\frac{2 \cdot (n_{xx} - n_n)}{n_{xx} + n_n}}{\frac{2 \cdot (n_{xx1} - n_n)}{n_{xx1} + n_n}} = \frac{(n_{xx} - n_n) \cdot (n_{xx1} + n_n)}{(n_{xx1} - n_n) \cdot (n_{xx} + n_n)} \quad (3)$$

Наряду с коэффициентом неравномерности, работу регулятора характеризует угол α , образованный между прямой $|n_{xx} N_e|$ и осью n , который практически не изменяется при увеличении нагрузки в пределах регуляторной ветви.

При неизменном значении α и известной тестовой нагрузке на коленчатом валу, эффективную мощность двигателя можно представить в виде:

$$N_\phi = N_n + (n_\phi - n_n) \cdot \frac{N_e^n}{(n_{xx} - n_n)}, \quad (4)$$

где N_ϕ – фактическая мощность двигателя, кВт;

N_n – известная нагрузка на коленчатый вал, кВт;

n_ϕ – фактическая частота вращения коленчатого вала, об/мин;

n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя (согласно технической документации), об/мин;

N_e^H - номинальная эффективная мощность двигателя (согласно технической документации), кВт.

В качестве известной (тестовой) нагрузки предлагается использовать основную гидросистему трактора за счет создания определенного давления в системе. Мощность привода насоса гидравлической системы определяется по формуле [2]:

$$N_H = \frac{Q \cdot P}{60 \cdot \eta_n \cdot \eta_m \cdot \eta_r} \cdot \frac{n_\phi}{n_{xx}}, \quad (5)$$

где N_H – мощность привода насоса гидравлической системы трактора, кВт;

Q – производительность гидравлической системы, л/мин;

P – давление гидравлической системы, МПа;

η_n - коэффициент полезного действия насоса (0,8);

η_m - коэффициент полезного действия привода насоса (0,9);

η_r - коэффициент полезного действия гидравлической системы (0,85).

Давление в гидросистеме можно создать при использовании диагностического прибора для определения производительности насоса гидросистемы (в частности, как наиболее распространенным ДР-70 (ДР-90)).

Общее уравнение, описывающее зависимость мощности двигателя с учетом (4) и (5) от создаваемой нагрузки в гидросистеме представим в виде:

$$N_\phi = \frac{Q \cdot P \cdot \frac{n_\phi}{n_H}}{60 \cdot \eta_n \cdot \eta_m \cdot \eta_r} + (n_\phi - n_H) \cdot \frac{N_e^H}{(n_{xx} - n_H)}, \quad (6)$$

Учитывая линейность функции, полученное выражение при известной нагрузке, позволяет в рамках регуляторной ветви определить эффективную мощность двигателя. С целью проверки полученной зависимости расчетным путем необходимо проведение опытов для получения эмпирической зависимости вида:

$$N_\phi = f(Q, P, n_\phi), \quad (7)$$

Для проведения опытов основную сложность представляет величина фактической мощности двигателя, которая должна быть как минимум трехуровневая. Таким образом, проведение опытов сведется к определению производительности гидросистемы при разных величинах давления с

фиксацией частоты вращения и производительности гидросистемы. Три уровня мощности двигателя возможно обеспечить за счет отключения части цилиндров (уровень (+1) – работа двигателя на 4-х цилиндрах; уровень (0) – работа двигателя на трех цилиндрах; уровень (-1) – работа двигателя на 2 –х цилиндрах). Реализация эксперимента позволит получить эмпирическую зависимость обратную ранее представленной (7):

$$n_{\phi}' = \psi(Q, P, N_{\phi}). \quad (8)$$

Для сопоставления результатов опытов и теоретических расчетов используем преобразованное уравнение (6) в вид:

$$n_{\phi} = \frac{N_{\phi} + \frac{n_n \cdot N_e^H}{(n_{xx} - n_n)}}{\frac{Q \cdot P}{n_{xx} \cdot 60 \cdot \eta_n \cdot \eta_m \cdot \eta_r} + \frac{N_e^H}{(n_{xx} - n_n)}}, \quad (9)$$

Данная зависимость в графическом представлении на рисунке 1.

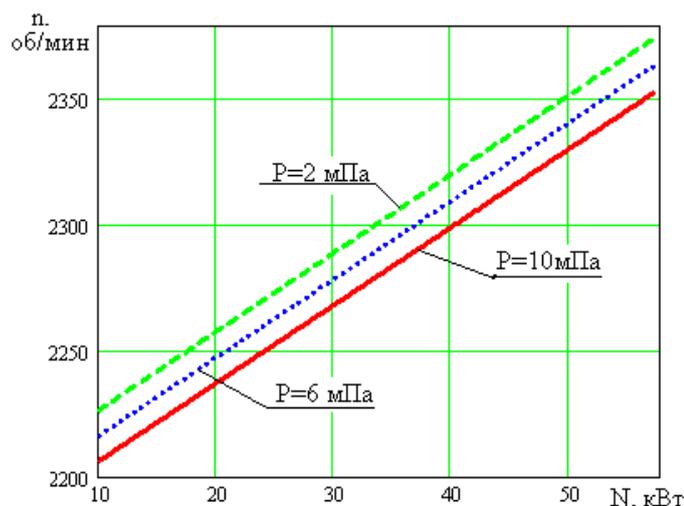


Рис. 1. Зависимость частоты вращения коленчатого вала от мощности двигателя и давления в гидросистеме при производительности насоса $Q=32$ л/мин.

Сопоставляя зависимость (9) с экспериментально полученной (8) можно оценить, на сколько фактические результаты соответствуют теоретическим и сделать вывод о целесообразности предлагаемого способа определения мощности двигателя. С целью определения эмпирических зависимостей реализован полный двухфакторного эксперимента с

трехуровневым варьированием их значений, интерполяционное уравнение которого имеет вид²:

$$y_p = \bar{y} + b_1 x_2 + b_2 x_3 + b_{12} \cdot x_1 x_2 + b_{11} \cdot (x_1^2 - \frac{2}{3}) + b_{22} \cdot (x_2^2 - \frac{2}{3}),$$

где x_1 – уровень мощности двигателя, которую в ходе эксперимента предполагается изменять за счет отключения части цилиндров;

x_2 – уровень давления в гидросистеме;

$b_{1,2,12,11,22}$ – коэффициенты регрессии.

Параметром отклика факторного эксперимента принимаем частоту вращения коленчатого вала (n), замеряемую цифровым тахометром и производительность насоса (Q). Таким образом, задачей эксперимента является получение следующих двух эмпирических зависимостей вида:

$$n_{\phi}' = f(N_{\phi}, P) \text{ и } Q = f(N_{\phi}, P,) \quad (10)$$

Варьирование значений факторов выполнялось: x_1 - мощность путем отключения части цилиндров двигателя; x_2 - давление за счет изменения сечения щели дросселя расходомера ДР-70, оснащенного манометром.

Для определения значений уровней фактора необходимо провести предварительные измерения эффективной мощности двигателя при работе на 4-х, 3-х и 2-х цилиндрах.

Опыты проводились с использованием двигателя Д-240 трактора МТЗ-80. Для определения диапазона изменения мощности выполнены ее замеры при отключении части цилиндров динамическим методом и методом Н.А. Ждановского.

Результаты проведения опытов представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Опытные данные при реализации плана эксперимента

² Финни, Д. Введение в теорию планирования экспериментов. Перевод с английского. М., «Наука», 1970. 287 с.

Номер опыта	Факторы		Повторность опыта (частота вращения коленчатого вала), об/мин			Среднее значение, об/мин	Повторность опыта (производительность гидросистемы), л/мин			Среднее значение, л/мин
	X1	X2	1	2	3		1	2	3	
1	-1	-1	2262	2263	2266	2264,0	45,7	47,7	50,7	48,0
2	0	-1	2321	2319	2322	2321,0	48,0	52,0	50,0	50,0
3	1	-1	2374	2376	2378	2376,3	49,3	51,3	53,3	51,3
4	-1	0	2241	2250	2249	2247,0	39,7	41,7	42,7	41,4
5	0	0	2301	2308	2305	2305,0	41,9	42,4	44,4	42,9
6	1	0	2359	2361	2363	2360,7	43,4	46,4	42,4	44,1
7	-1	1	2244	2236	2247	2242,0	29,6	29,4	32,4	30,5
8	0	1	2300	2293	2294	2296,0	29,5	32,5	31,5	31,2
9	1	1	2353	2352	2353	2352,4	33,4	31,9	29,9	31,7

Оценка опытных данных с целью выбраковки грубых ошибок производилась по критерию Стьюдента, с учетом значимости коэффициентов регрессии уравнения после раскодирования имеет вид:

$$n(N, P) = 2205,2 + 2,977 \cdot N - 2,159 \cdot P - 0,00526 \cdot N \cdot P, \quad (11)$$

$$Q(N, P) = 48,13 + 0,0631 \cdot N - 1,866 \cdot P. \quad (12)$$

Совмещая две функции (9) и (11) в пространстве видно, что характер изменения частоты вращения от параметров N и P для двух уравнений идентичен, но с определенными отклонениями (рисунок 2).

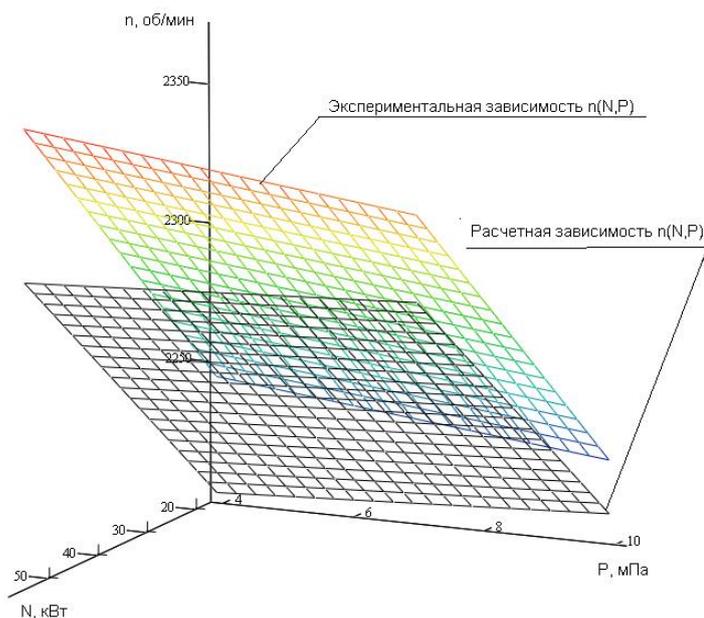


Рис. 2. Зависимость частоты вращения коленчатого вала от мощности двигателя и давления в гидросистеме (расчетная и экспериментальная зависимости)

Экспериментально полученная поверхность отклика имеет более высокие координаты, при этом с увеличением давления в гидросистеме (P) значения по частоте вращения сближаются. Очевидно, что выражение, полученное расчетным путем упрощенное и не учитывает ряд других факторов, однако отклонения расчетных значений относительно экспериментальных в процентном выражении ($D = n_{\text{расч.}} / n_{\text{эсп}} = (n_{\text{ф}} / n(N, P) \cdot 100)$) не превышает 5%. Что позволяет заключить об адекватном описании изменения параметров теоретической зависимостью с точностью достаточной для практических целей.

В целом можно утверждать, что выдвинутое предположение о возможности определения эффективной мощности при создании тестовой нагрузки, величина которой существенно ниже номинальной мощности двигателя подтверждается. Полученное уравнение регрессии при реализации плана эксперимента адекватно описывает опытные данные, характер изменения параметров совпадает с зависимостью, полученной при теоретических расчетах с точностью до 5%, что приемлемо для практических целей.

Кроме того, можно утверждать, что теоретическая зависимость может быть использована в расчетах при рассмотрении процесса загрузки двигателя в диапазоне по частоте вращения, соответствующей регуляторной ветви скоростной характеристики двигателя при тестовых нагрузках.

СОЗДАНИЕ MANET СЕТИ НА ОСНОВЕ РОЕВОГО СТРОЯ КВАДРОКОПТЕРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВРЕМЕННОГО РАДИОПОКРЫТИЯ

Пелюшенко А.О. – Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского

Аннотация

В статье рассматриваются методы создания MANET сети, методы организации дистанционного управления роем квадрокоптеров и методы проектирования и сборки дронов. Также приводятся и анализируются исследования возможности радио покрытия дроном участка местности в данном режиме «Ad-Hoc».

В работе служб МЧС и спасателей, которые устраняют последствия стихийного бедствия или техногенной катастрофы, критически важный фактор – надёжная связь. Но иногда катастрофы происходят в чрезвычайно удалённой местности, где работают только спутниковые телефоны. Как быстро организовать приемлемую связь, доступную как пострадавшим, так и спецгруппам в данной местности?

Цель работы – обеспечение временного радиопокрытия при организации различных спасательных работ службами МЧС или иных мероприятий с использованием роя квадрокоптеров организующих быстрое мобильное развертывание беспроводной MANET сети в определённой местности вне зависимости от рельефа местности и погодных условий для обеспечения координации выполнения определённых работ¹.

В работе рассматриваются:

- методы создания MANET сети;
- методы организации дистанционного управления роем квадрокоптеров
- методы проектирования и сборки дронов

Произведены исследования возможности радио покрытия дроном участка местности в режиме «Ad-Hoc». Данный режим представляет из себя ячеистую сеть, где ни одна из точек доступа не является центральной. Все узлы равноправны и каждый берет на себя задачи хоста либо маршрутизатора. Узлы

¹ Красовский А.Н., Прохоров В.В., Красовский Н.А., Сулова О.А. Квадрокоптеры: история, устройство, управление, перехват, примеры // Екатеринбург, 2016. 32 с.

Ad-Нос могут перемещаться, образуя так называемую мобильную сеть (Mobile Ad-hoc NETwork — MANET).

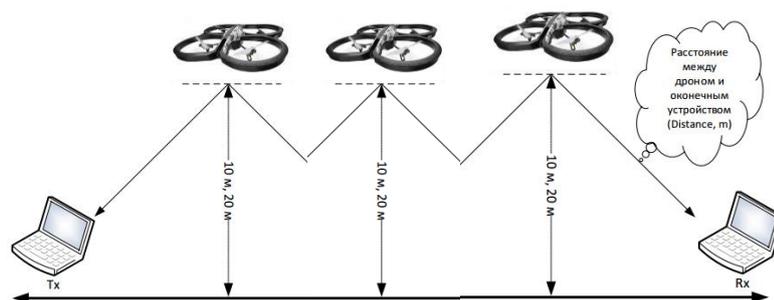


Рис. 1. Модель MANET сети

Время развертывания сети с использованием дронов составило 10 минут. При этом время работы одного квадрокоптера без подзарядки составляет 3,5 часа. Использование одного дрона обеспечило покрытие сети площади 6 км при использовании роя квадрокоптеров можно увеличить покрытие сети в 10 раз².

Для проверки производительности режимов Ad-нос инфраструктурного с точки зрения максимальной пропускной способности использовалась программа iPerf. С помощью данной программы запускались пакеты между оконечными точками доступа. Мерялась скорость в нескольких режимах работы и пакетах размером 512 и 1024 байт. Первые измерения были проведены в лабораторных условиях. Результат представлен в таблице Табл. 1

Таблица 1 – Результат тестирования скорости в режимах Ad-Нос и AP

Режим работы	Размер пакета (Байт)	Максимальная скорость передачи данных (Мбит/сек)
Ad-Нос	1024	7.5
	512	4.5
AP	1024	11
	512	10.5

² Тумуров Э.Г., Шелехов В.И. Требования к системе управления квадрокоптером // Системная информатика. 2015. № 5. С. 39-54.

Следующие измерения были проведены в полевых условиях а именно в лесополосе был запущен дрон с целью создать сеть покрытия между двумя устройствами.

На Рис. 2 представлена скорость в зависимости от расстояния, полученные в результате измерений Wi-Fi сети.

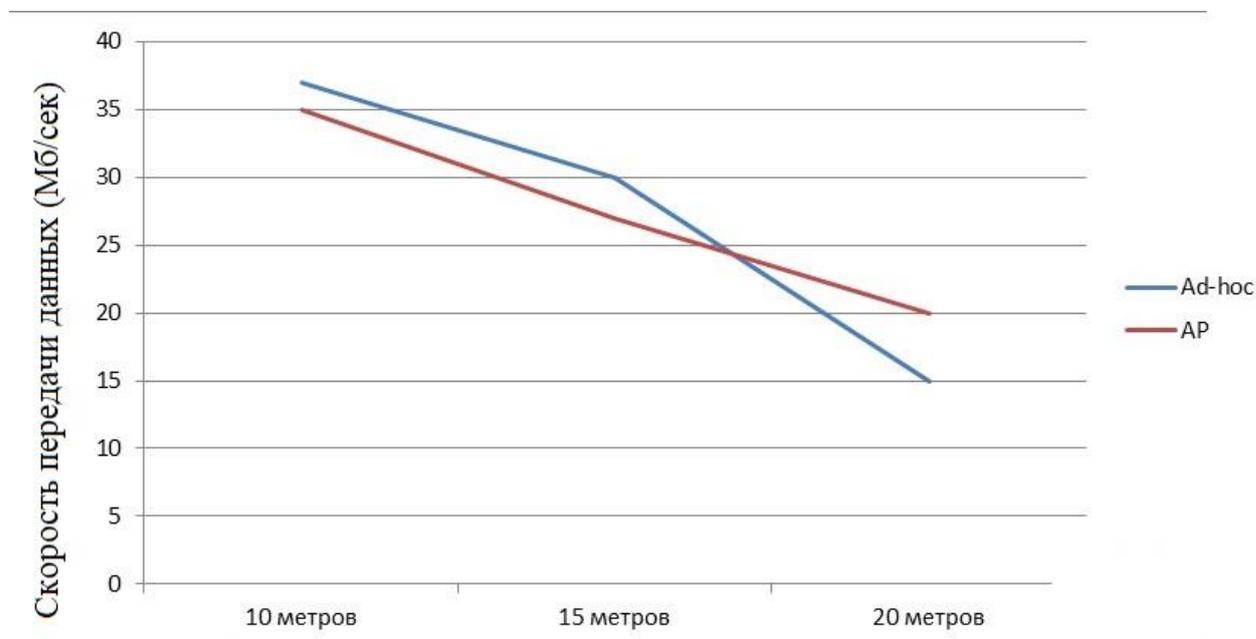


Рис. 2. Скорость передачи данных в зависимости от расстояния

При использовании роевого строя на квадрокоптер для установления связи между дронами установлена рупорная антенна, целью которой является уменьшить потребление энергии при организации MANET сети.

Роевое управление дронами осуществляется оператором при помощи специального программного обеспечения. На Рис. 3 представлена схема развертывания MANET сети в определенном квадрате.

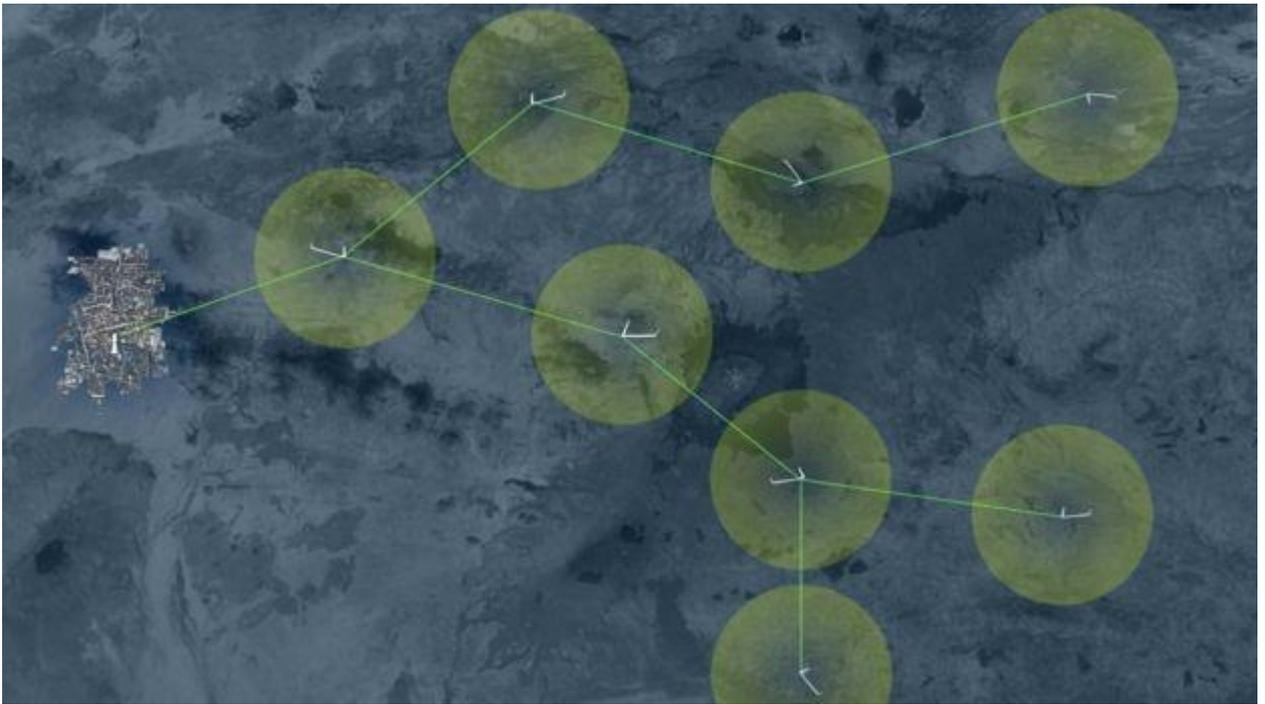


Рис. 3 Схема создания MANET сети

В ходе исследования опытным путём показана возможность создания мобильной быстро разворачивающейся MANET сети, обеспечивающей временную связь между абонентами в режиме «Ad-Hoc» при помощи роя квадрокоптеров. Что может быть полезно службам МЧС при организации различных спасательных и поисковых работ в районах с ограниченной связью.

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ОБРАТИМОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА БАЗЕ ТРАНСФОРМАТОРА С ВРАЩАЮЩИМСЯ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ДЛЯ ПОЛЯРНЫХ СТАНЦИЙ

Петухов С.В. – к.т.н., и.о. зав. кафедрой «Электроэнергетики и электротехники», ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»

Хвиюзов М.А. – к.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»

Соловьев Н.А. – магистрант, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»

Аннотация

В рамках данной статьи рассматривается возможность применения обратимого преобразователя (ОП) на базе трансформатора с вращающимся магнитным полем (ТВМП) в электрической сети автономной полярной станции. Приведены принципиальные схемы и возможности применения обратимых преобразователей на базе ТВМП в электрической сети автономной полярной станции.

На автономных полярных станциях, расположенных в Арктике или Антарктиде, в качестве основного источника электроснабжения используются дизель-генераторы. Однако автономность станций и экстремальные условия предполагают немалые риски отказа дизель-генераторов, в том числе и резервных. В рамках данной статьи рассматривается возможность применения обратимого преобразователя (ОП) на базе трансформатора с вращающимся магнитным полем (ТВМП) в электрической сети автономной полярной станции.

В виду того, что на полярной станции используется большое количество высокоточного оборудования, различных приборов и аппаратуры, которые предъявляют повышенные требования к качеству электрической энергии, требуется обеспечивать выходное напряжение источника питания с требуемыми параметрами по качеству электрической энергии. В аварийных режимах работы, таких как отказ дизель-генератора (в том числе и резервного), ОП на базе ТВМП в режиме автономного инвертера способен обеспечить требуемые параметры электрической энергии. Обратимые преобразователи (ОП) на базе ТВМП имеет лучшие характеристики среди аналогичных устройств. ОП на базе ТВМП может работать в двух режимах: в режиме выпрямителя и в режиме автономного инвертера. Это даёт преимущество, т. к. на одном корпусе реализованы сразу два устройства¹.

Принципиальная схема электрической сети современной полярной станции показана на рисунке 1.

¹ Музыка М.М. Совершенствование полупроводниковых преобразователей с трансформаторами с вращающимися магнитными полями в судовых электротехнических системах [Текст]: учеб. пособ. / Музыка М.М. Северодвинск, 2008 – 246 с.

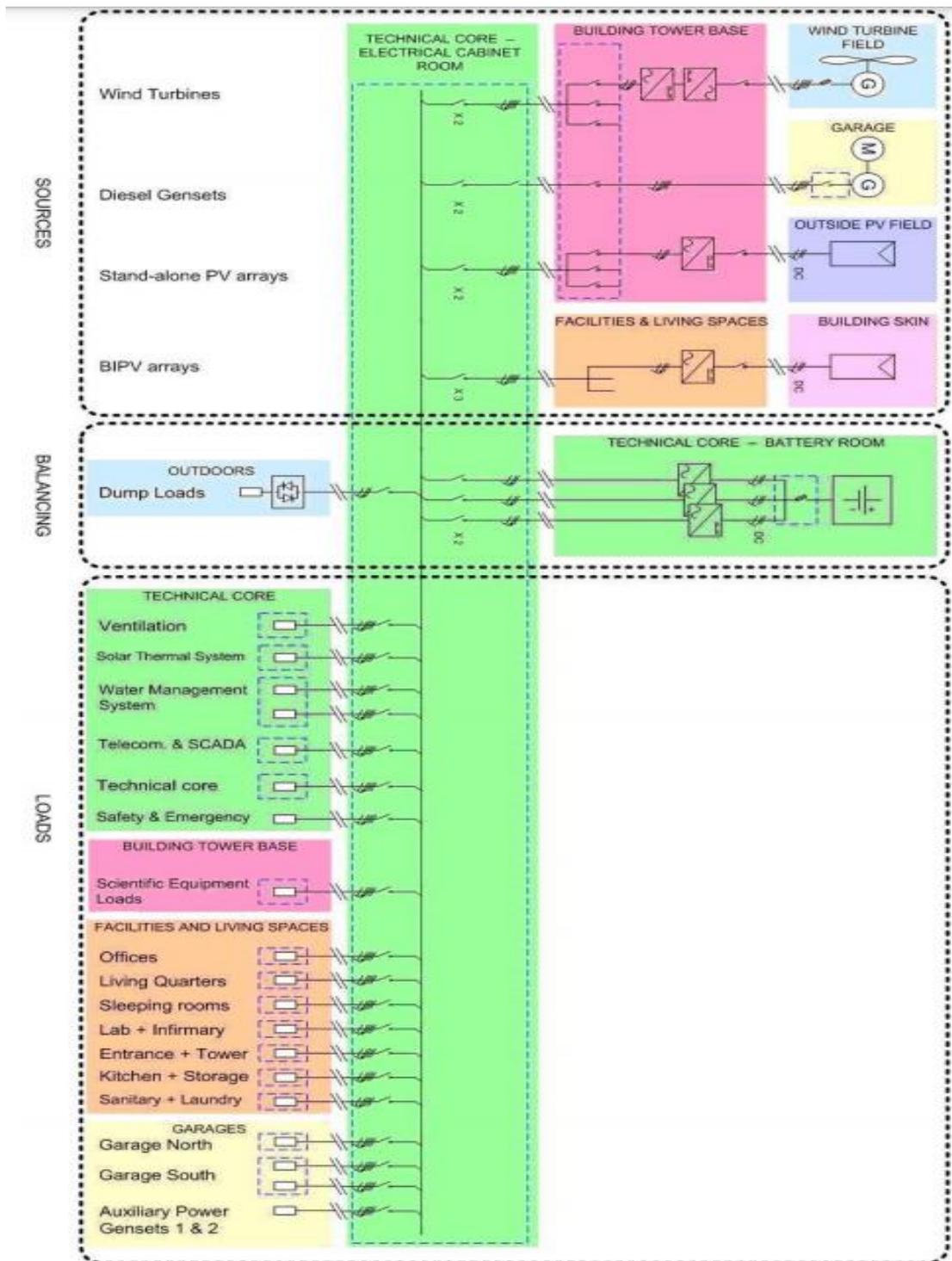


Рис. 1. Принципиальная схема электрической сети полярной станции
 На рисунке 1 видно, что в электрической сети полярной станции есть 3 гипотетических источника электроэнергии:

- 1) ветряной электрогенератор;
- 2) дизель-генератор;
- 3) солнечные батареи.

При отказе всех дизель-генераторов солнечные батареи не смогут обеспечить электроэнергией всю станцию, тем более спецпотребителей, при условии, что будет солнечная погода. Что касается ветряных электрогенераторов, то они также зависимы от погодных условий, как и солнечные батареи.

В электрической сети полярной станции ОП на базе ТВМП работает в связке дизель-генератор – ОП – аккумуляторная батарея. На рисунке 2 приведена функциональная схема обратимого преобразователя (ОП) на базе ТВМП.

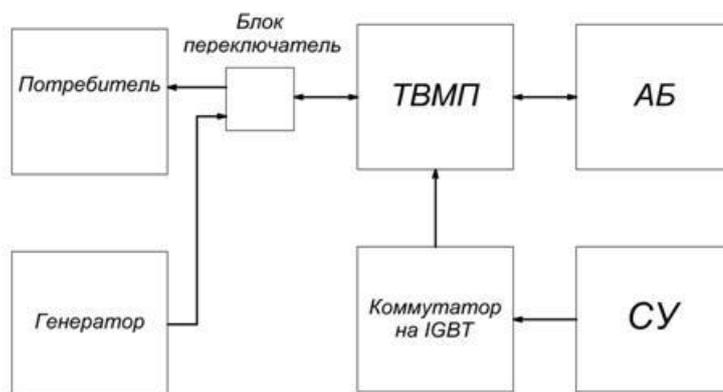


Рис. 2. Функциональная схема ОП на базе ТВМП

В обычном режиме работы при необходимости зарядить аккумуляторную батарею ОП на базе ТВМП работает в режиме выпрямителя.

При отказе дизель-генератора автоматика в блоке-переключателе меняет режим работы ОП на базе ТВМП на режим автономного инвертера. Постоянный ток из аккумуляторной батареи инвертируется в трёхфазный переменный ток необходимого напряжения и частоты. Это позволяет использовать время работы станции от аккумуляторной батареи до устранения неисправности основного источника электроэнергии – дизель-генератора.

Режимы работы оп на базе ТВМП

А. Режим выпрямителя

Как было сказано ранее, режим выпрямителя ОП на базе ТВМП используется для заряда аккумуляторной батареи. Также возможно использовать режим выпрямителя для снабжения электроэнергией аппаратуры, работающей на постоянном токе.

В качестве алгоритма управления системы управления используется ступенчато-хордовый алгоритм управления. Он обеспечивает ступени заряда аккумуляторной батареи для сохранения её свойств.

На рисунке 3 приведена схема ОП на базе ТВМП в режиме выпрямителя.

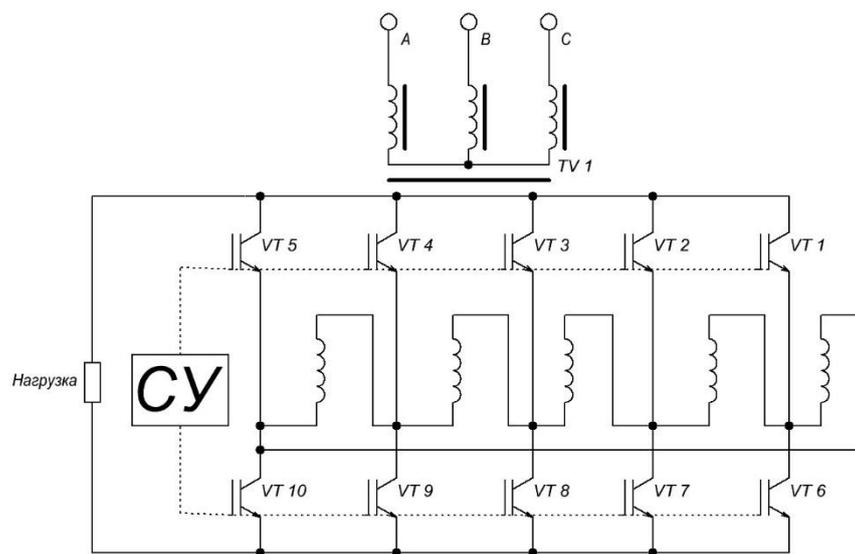


Рис. 3. Структурная схема управляемого выпрямителя на базе ТВМП

Математическая модель управляемого выпрямителя была выполнена в программе MatLAB-Simulink и представлена на рисунке ниже².

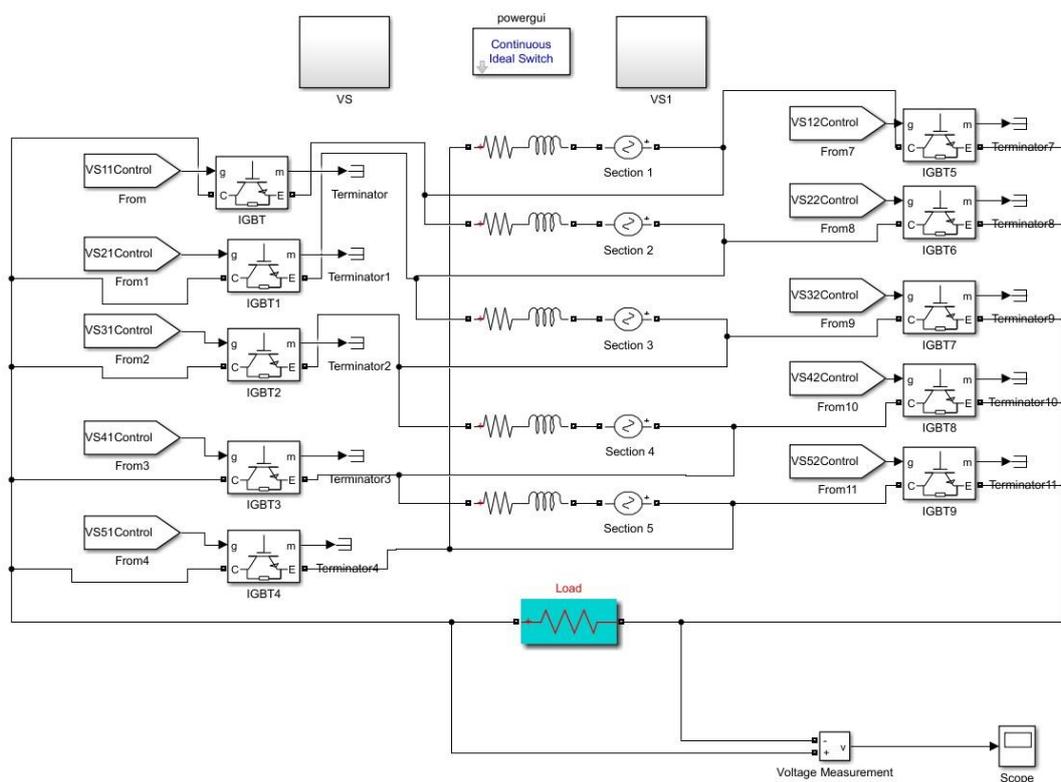


Рис. 4. Математическая модель управляемого однофазного выпрямителя на базе ТВМП

На временных диаграммах рисунка 5 представлены кривые выпрямленного тока I_d и напряжения U_d которые дают десять пульсаций за период питающего напряжения.

² Джэндубаев А.-З.Р. MatLab, simulink и simpowersystem в электроэнергетике : учеб. пособ. / Джэндубаев А.-З.Р., Алиев И.И. – Черкесск.

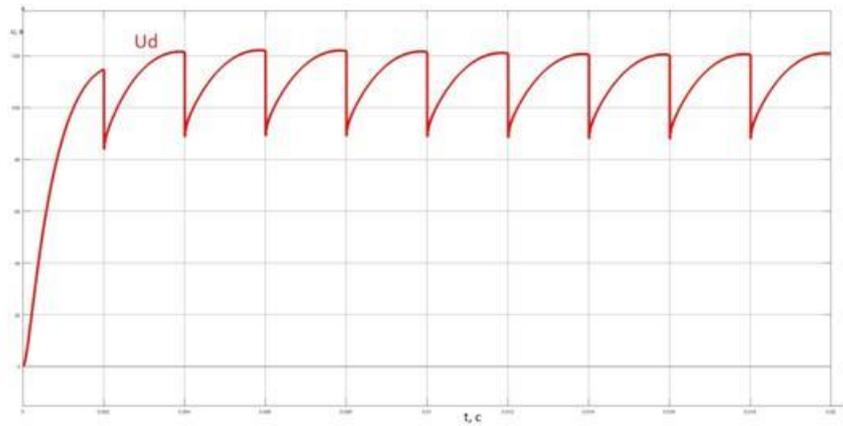


Рис. 5. Кривые тока I_d и напряжения U_d для управляемого выпрямителя на базе ТВМП

Оценку качества выпрямленного напряжения выполним с помощью подсчёта коэффициента пульсаций по напряжению.

Для этого воспользуемся формулой 1

$$K_{pU} = \frac{U_{d \text{ макс}} - U_{d \text{ мин}}}{2U_{d0}} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Для управляемого выпрямителя на базе ТВМП коэффициент пульсаций по напряжению будет следующим:

$$K_{pU} = \frac{U_{d \text{ макс}} - U_{d \text{ мин}}}{2U_{d0}} \cdot 100\% \quad (2)$$

$$K_{pU} = \frac{121 - 100}{2 \cdot 115} \cdot 100\%$$

$$K_{pU} = 10\%.$$

Коэффициент пульсаций по напряжению равен 10%.

Б. Режим автономного инвертора

Режим автономного инвертора, в этом режиме и предлагается использовать ОП на базе ТВМП в электрической сети полярной станции. Структурная схема приведена на рисунке 6.

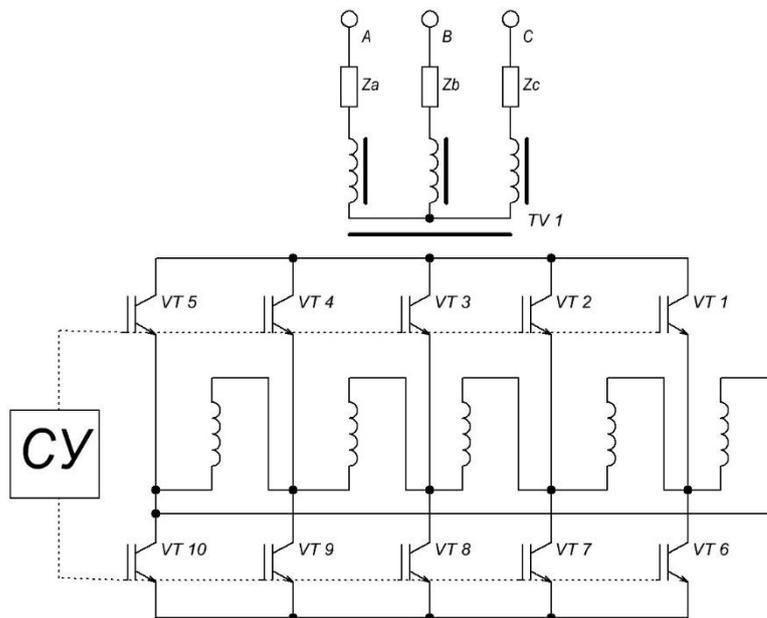


Рис. 6. Структурная схема автономного инвертора на базе ТВМП

Для более высокого качества выходного напряжения были применены фильтры низкой частоты.

Модель ОП на базе ТВМП в режиме автономного инвертера приведена на рисунке 7.

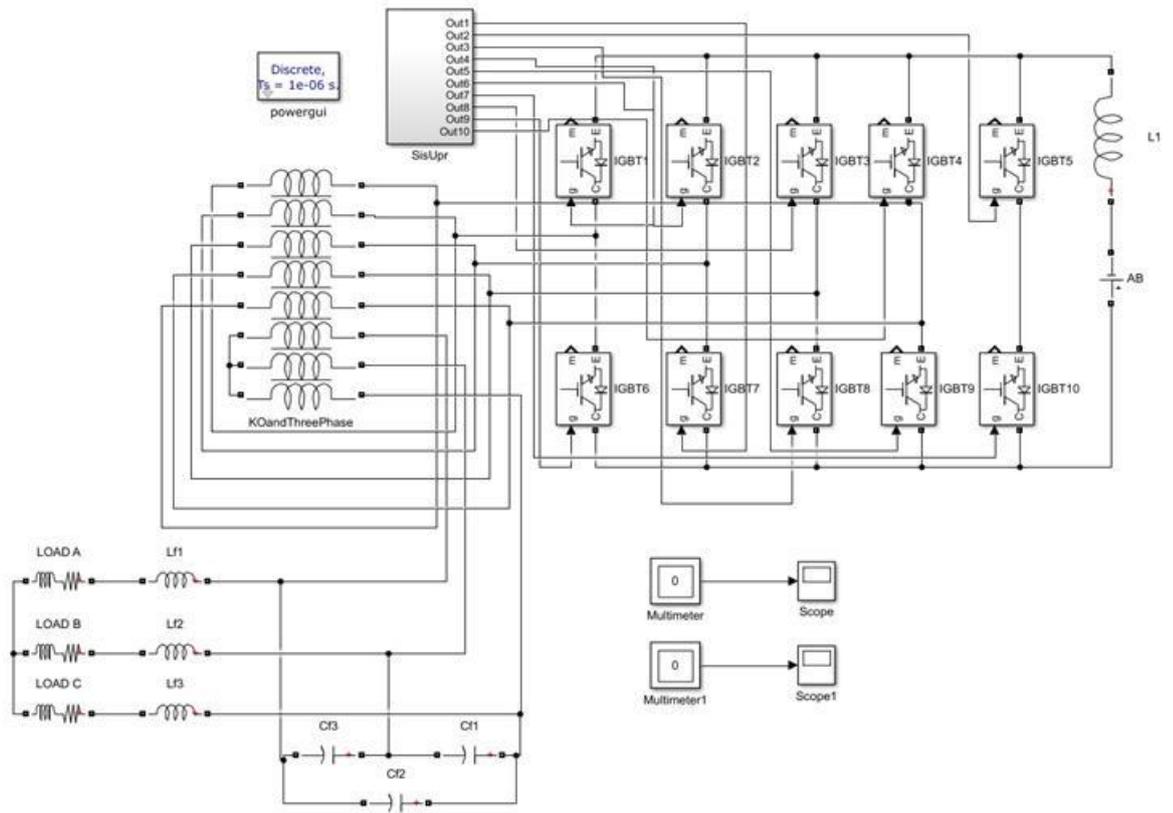


Рис. 7. Математическая модель автономного инвертора с фильтром низкой частоты

После моделирования в специализированном программном комплексе были получены графики выходного напряжения. Они представлены на рисунке 8.

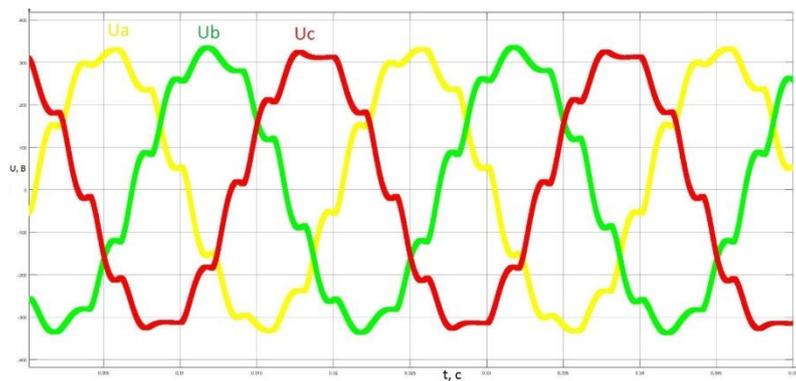


Рис. 8.. Кривые напряжения на выходе инвертора с фильтром низкой частоты

Чтобы узнать коэффициент нелинейных искажений, характерный для всех преобразовательных установок проведём анализ спектра инвертированного напряжения.

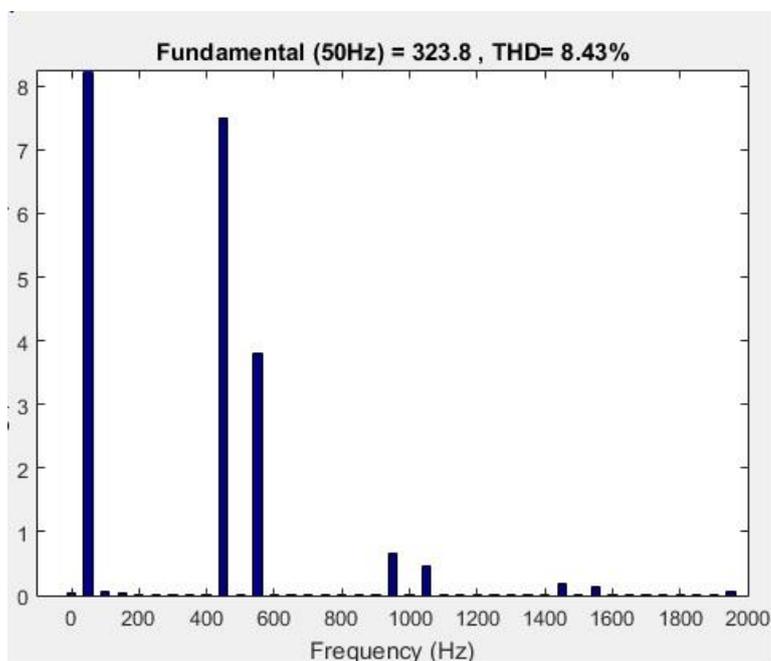


Рис. 9. Анализ спектра напряжения на выходе автономного инвертера с фильтром низкой частоты

Коэффициент нелинейных искажений составил 8%, что является удовлетворяющим показателем для высокоточного оборудования.

В представленной статье приведены принципиальные схемы и возможности применения обратимых преобразователей на базе ТВМП в электрической сети автономной полярной станции. Как показано на графиках, параметры выпрямленного и инвертированного напряжения отвечают стандартам качества электрической энергии для высокоточных потребителей с повышенными требованиями к параметрам электрической энергии.

Опыт применения ОП на базе ТВМП в области военного судостроения на подводных лодках доказал, что ТВМП на базе ОП может эксплуатироваться в экстремальных условиях.

МИНИМИЗАЦИЯ ИСКАЖЕНИЙ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СИНУС-ФИЛЬТРА В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

*М.Ю. Пустоветов – к.т.н., доцент, Технологический институт
(филиал) Донского государственного технического университета в г. Азове*

Аннотация

Автор предлагает к рассмотрению результаты компьютерного моделирования напряжений в различных звеньях системы электроснабжения автономного объекта, содержащей преобразователь частоты и синус-фильтр. Нагрузкой системы электроснабжения является диодный выпрямитель, к выходным клеммам которого присоединена значительная емкость. При этом напряжение на выходе синус-фильтра искажается. Использование Г-образного LC-фильтра на выходе выпрямителя сводит искажение напряжения к минимуму.

Одной из широко распространенных информационных технологий, используемых для анализа и синтеза технических систем, рассмотрения физических процессов в них, является компьютерное моделирование. Эта технология позволяет сократить время на разработку изделий, рассмотреть множество различных вариантов, распознать неудачные технические решения и выбрать приемлемые способы их исправления.

Известны используемые для питания автономных объектов системы электроснабжения (СЭ)¹, содержащие в своем составе следующие звенья: звено 1 - источник симметричного 3-фазного напряжения с частотой 50 Гц и действующим значением линейного напряжения 380 В; звено 2 - преобразователь частоты (ПЧ)², состоящий из входного диодного выпрямителя, звена постоянного напряжения (конденсатор 10700 мкФ)³ и

¹ Букреев, В.Г., Шандарова, Е.Б., Рулевский, В.М. Многомерная модель системы электропитания погружного технологического оборудования // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 4. С. 119–131; Рулевский, В.М., Букреев, В.Г., Шандарова, Е.Б. Синтез субоптимального регулятора напряжения в системе электропитания глубоководного аппарата // Электротехнические системы и комплексы. 2018. № 3 (40). С. 47–54.

² Пустоветов, М.Ю. Имитационное моделирование явлений во вспомогательном асинхронном электроприводе электроподвижного состава: монография. – Ростов н/Д: ФГБОУ ВПО РГУПС, 2015. 159 с.

³ Пустоветов, М.Ю. Сравнительный анализ влияния индуктивности Г-образного фильтра в звене постоянного напряжения преобразователей частоты различной мощности на потребляемый из сети ток // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2018. № 12. С. 8–14.

двухуровневого автономного инвертора напряжения (АИН) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ); звено 3 - синус-фильтр (СФ)⁴; звено 4 - трехфазный повышающий трансформатор (трансформаторная группа из трех тороидальных трансформаторов ОСМ Т 380/1900-12,0-400)⁵; звено 5 - кабель-трос; звено 6 - трехфазный понижающий трансформатор (трансформаторная группа из трех тороидальных трансформаторов ОСМ Т 1900/240-10,0-400)⁶; ПЧ, состоящий из входного диодного выпрямителя – звено 7, звена постоянного напряжения (конденсатор 9000 мкФ)⁷ – звено 8 и АИН – звено 9; звено 10 - широко регулируемый электропривод. При компьютерном моделировании с целью упрощения примем допущение, что конечная часть СЭ (звенья 9 и 10) заменена активным сопротивлением, от величины которого зависит нагрузка СЭ.

В установившемся режиме работы частота основной гармоники напряжения на выходе ПЧ (звена 2) $f_1 = 400 \dots 600$ Гц. Несущая частота ШИМ $f_{\text{ШИМ}} = 14$ кГц.

На Рисунках 1 – 6 показаны расчетные осциллограммы для некоторых установившихся режимов функционирования СЭ. На всех Рисунках индуктивность фазы СФ $L = 0,16$ мГн, активное сопротивление, последовательно соединенное с индуктивностью, составляет 11 мОм, соединение фаз емкости СФ выполнено по схеме треугольник, активное сопротивление, последовательно соединенное с емкостью, составляет 10 мОм. Нумерация графиков следующая: 1 – линейное напряжение на выходе ПЧ (выходе СФ); 2 – линейное напряжение на выходе СФ; 3 – линейное напряжение на обмотке низшего напряжения понижающего трансформатора (выход звена 6); 4 – постоянное напряжение на нагрузке диодного выпрямителя (выход звена 7), оно же – напряжение на конденсаторе (звено 8).

⁴ Пустоветов, М.Ю. Имитационное моделирование явлений во вспомогательном асинхронном электроприводе электроподвижного состава: монография. – Ростов н/Д: ФГБОУ ВПО РГУПС, 2015. 159 с.

⁵ Пустоветов, М.Ю. Передаточная функция трансформатора // «Страна живет, пока работают заводы»: Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции (9-10 декабря 2015 года). – Курск: Юго-Западный гос. ун-т., 2015. С. 296–299; Бошняга В.А., Суслов В.М. Моделирование трёхфазных трансформаторных устройств с трёхстержневым магнитопроводом для инженерных расчётов несимметричных режимов при различных схемах соединения обмоток // Проблемы региональной энергетики. 2013. №2 (22). С. 38–50; Евсеев А.Н. Расчет и оптимизация тороидальных трансформаторов и дросселей. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 308 с.

⁶ Там же

⁷ Пустоветов, М.Ю. Сравнительный анализ влияния индуктивности Г-образного фильтра в звене постоянного напряжения преобразователей частоты различной мощности на потребляемый из сети ток // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2018. № 12. С. 8–14.

Анализ Рисунков 1 – 6 показывает, что СФ эффективно удаляет из спектра напряжения высшие временные гармоники (ВВГ), обусловленные ШИМ. Тем не менее, синусоидальность напряжения на выходе СФ и далее на входе звена 7 выглядит весьма относительной.

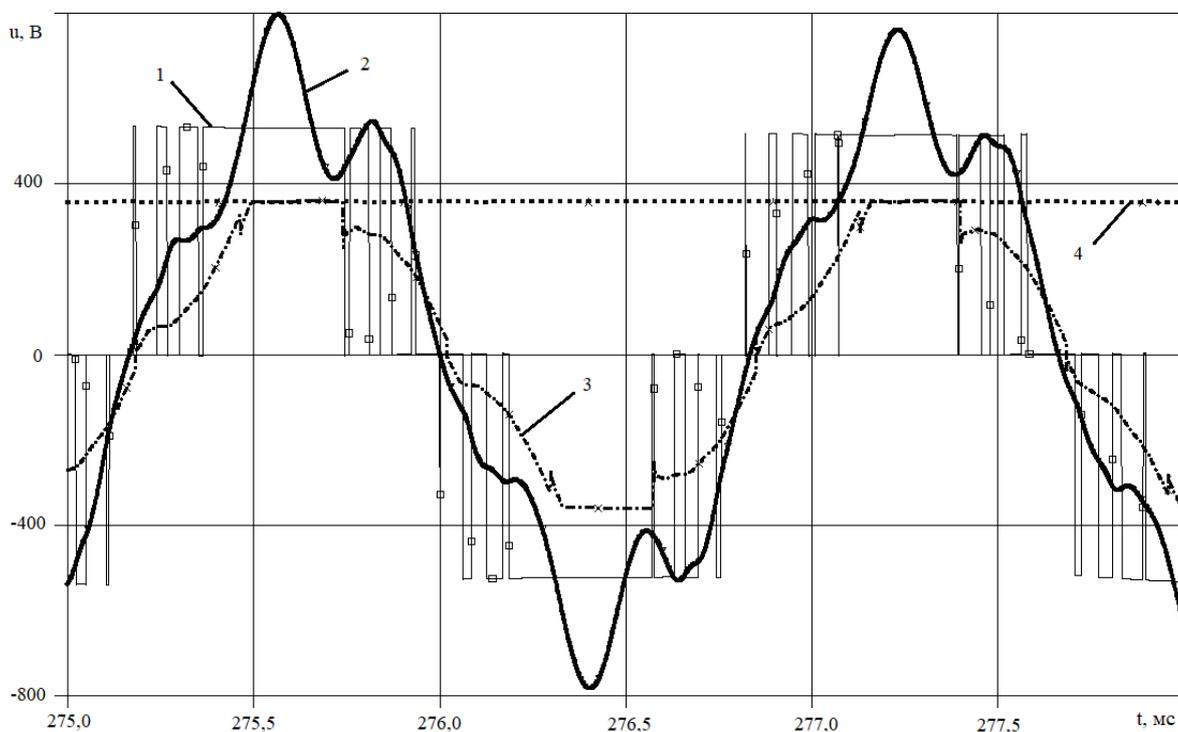


Рис. 1. Работа при перегрузке 47,2 кВт и $f_1 = 600$ Гц при полном напряжении на выходе ПЧ (выход звена 2). Емкость фазы СФ равна 13 мкФ

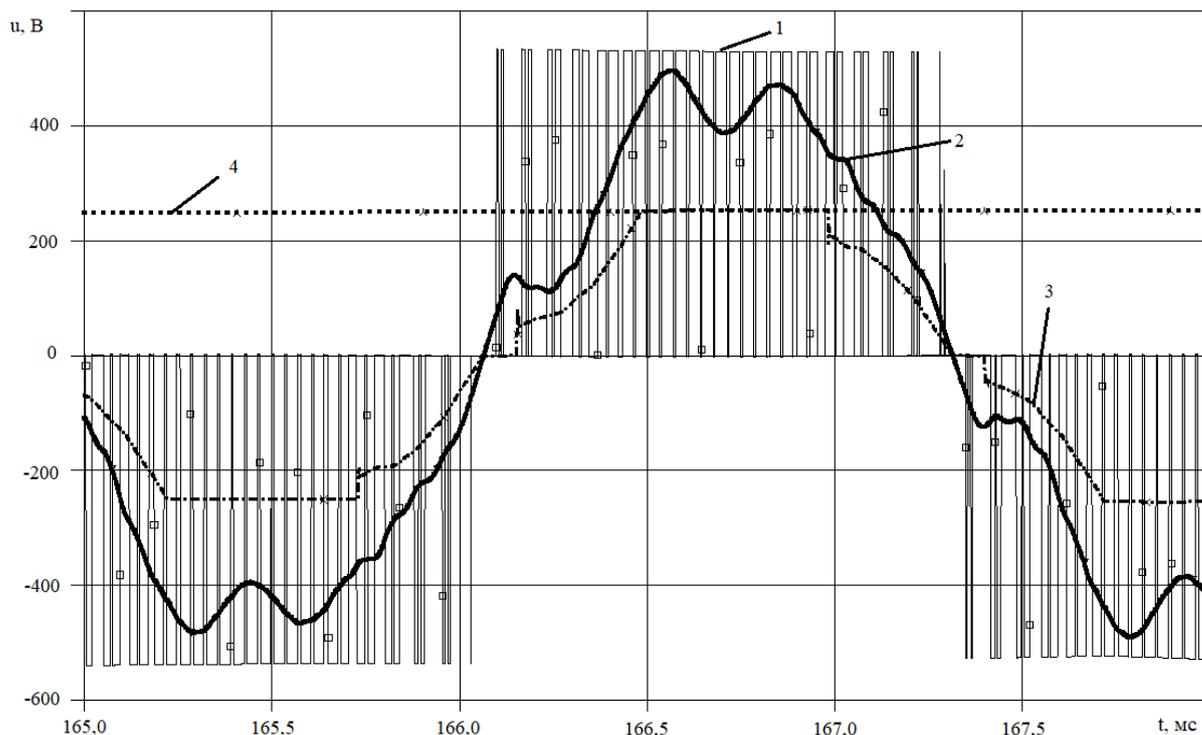


Рис. 2. Работа под нагрузкой при $f_1 = 400$ Гц при неполном напряжении на выходе ПЧ (выход звена 2). Емкость фазы СФ равна 13 мкФ

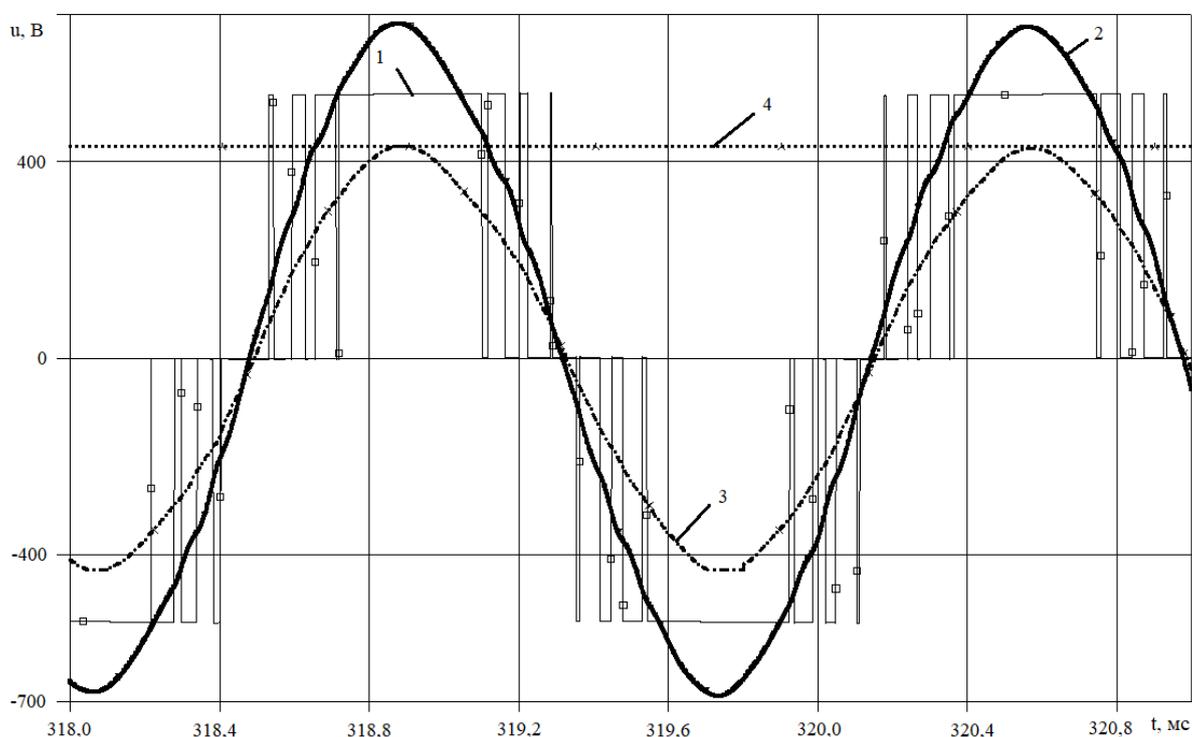


Рис. 3. Работа на холостом ходу и $f_1 = 600$ Гц при полном напряжении на выходе ПЧ (выход звена 2). Емкость фазы СФ равна 13 мкФ

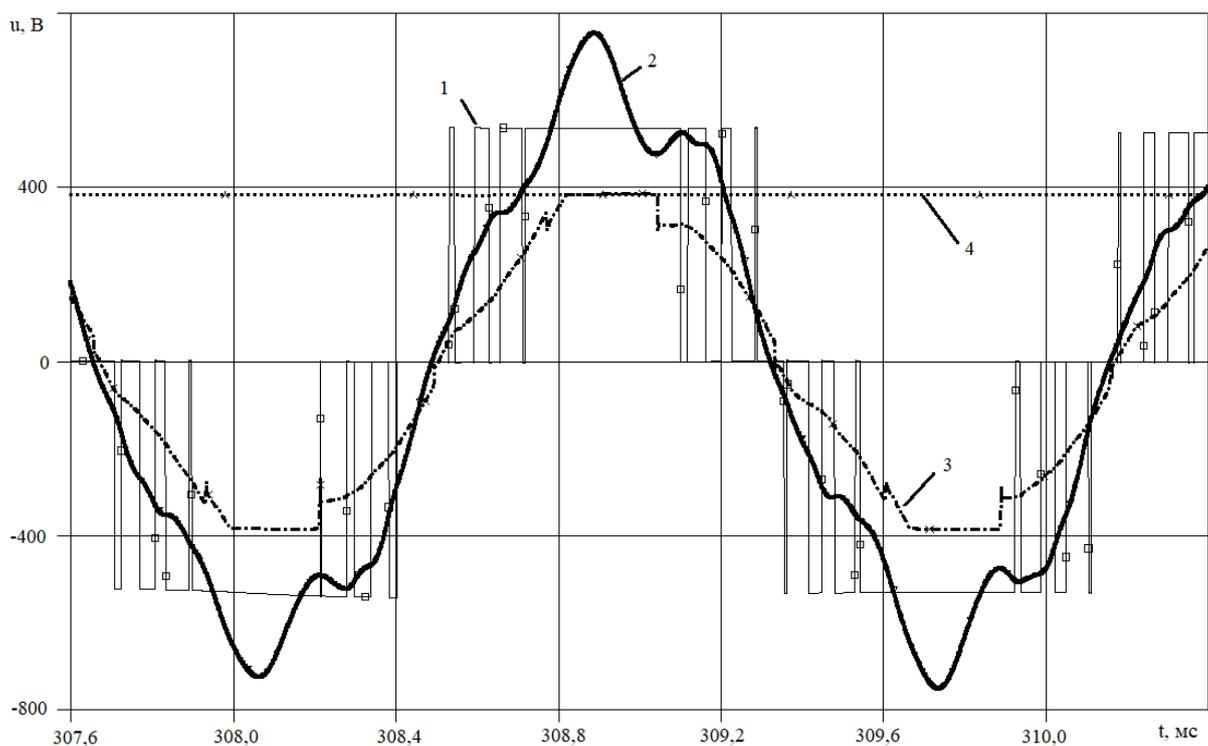


Рис. 4. Работа при нагрузке 30,6 кВт (близкая к номинальной) и $f_1 = 600$ Гц при полном напряжении на выходе ПЧ (выход звена 2). Емкость фазы СФ равна 13 мкФ

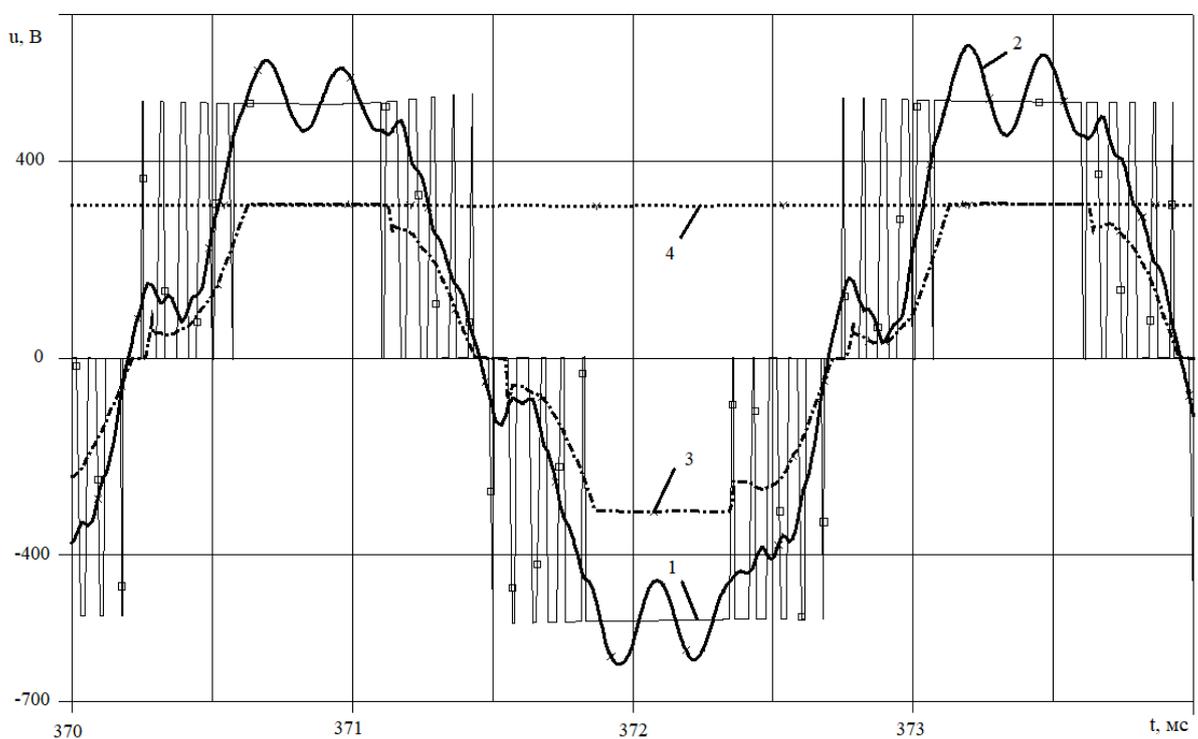


Рис. 5. Работа при перегрузке 38,6 кВт и $f_1 = 400$ Гц при полном напряжении на выходе ПЧ (выход звена 2). Емкость фазы СФ равна 8 мкФ

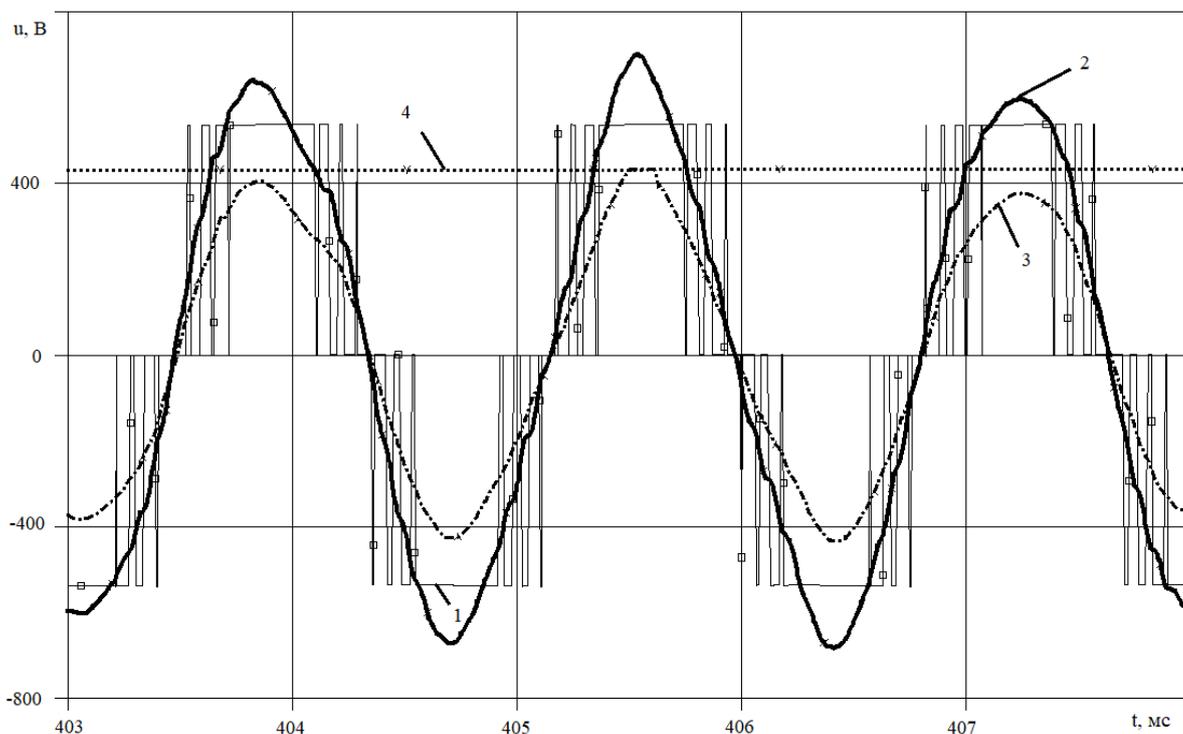
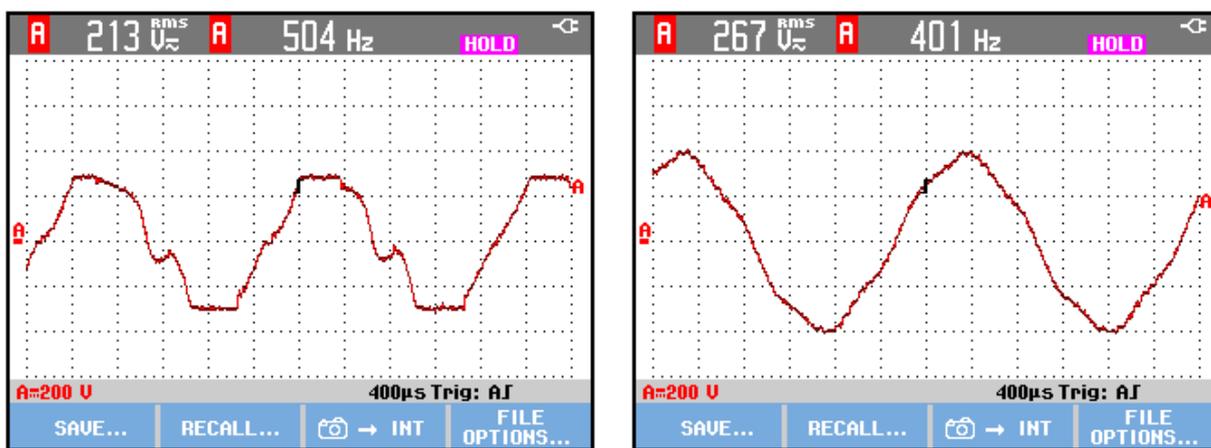


Рис. 6. Работа на холостом ходу и $f_1 = 600$ Гц при полном напряжении на выходе ПЧ (выход звена 2). Емкость фазы СФ равна 8 мкФ

Форма напряжений (графики 2 и 3) близка к синусоидальной лишь в режиме холостого хода. С увеличением нагрузки форма графика 2 все более отклоняется от синусоиды. Как показывает гармонический анализ, это происходит за счет увеличения 5-й и 7-й ВВГ в спектре напряжения. Одновременно специфически деформируется график 3: у него появляется плоская (срезанная) вершина. Причем, абсолютная величина амплитуды графика 3 (плоская вершина) совпадает с участками графика 4.

То есть, если выходной выпрямитель СЭ нагружен непосредственно на емкость, СФ способен обеспечить близкую к синусоиде форму выходного напряжения лишь в режиме холостого хода. Этот вывод подтверждается представленными на Рисунке 7 опытными осциллограммами напряжений СЭ, любезно предоставленными ООО «МГ-Сервис» (г. Москва).



а)

б)

Рис. 7. Опытные осциллограммы напряжений СЭ при нагрузке 10 кВт и параметрах СФ: $L = 0,09937$ мГн, емкость фазы 12 мкФ.

а) линейное напряжение на обмотке низшего напряжения понижающего трансформатора (выход звена б) при $f_1 = 504$ Гц; б) линейное напряжение на выходе СФ при $f_1 = 401$ Гц

На Рисунке 8 показаны расчетные осциллограммы установившегося режима работы СЭ при нагрузке близкой к номинальной (27,75 кВт) при использовании СФ типа *Schaffner FN5020-75-35* (Германия). Согласно измерениям, проведенным специалистами ООО «МГ-Сервис», индуктивность фазы СФ $L = 0,195$ мГн, активное сопротивление, последовательно соединенное с индуктивностью, составляет 8,62 мОм, соединение фаз емкости СФ выполнено по схеме треугольник, активное сопротивление, последовательно соединенное с емкостью, составляет 10 мОм. Нумерация графиков такая же, как на Рисунках 1 – 6. Рисунку 8 соответствует ситуация, когда звено постоянного напряжения (звено 8) содержит Г-образный LC-фильтр с индуктивностью 0,44 мГн⁴.

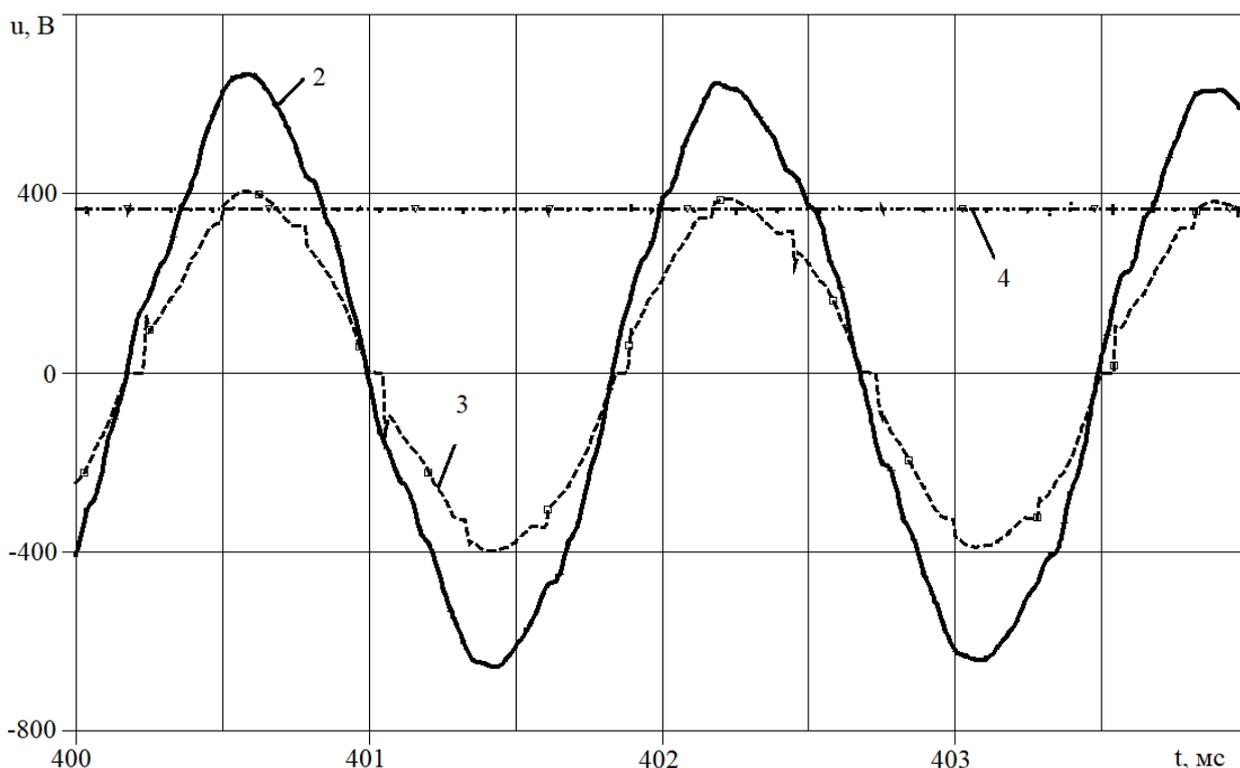


Рис. 8. Работа СЭ с СФ типа *Schaffner FN5020-75-35* при нагрузке 27,75 кВт (близкая к номинальной) и $f_1 = 600$ Гц при полном напряжении на выходе ПЧ (выход звена 2)

Отметим, что в случае отсутствия в звене 8 индуктивности, расчетные осциллограммы при использовании СФ типа *Schaffner FN5020-75-35* весьма близки к изображенным на Рисунке 4.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1) при работе СЭ, содержащей в своем составе ПЧ и СФ, на диодный выпрямитель, нагруженный на емкость, параллельно которой подключена нагрузка, добиться синусоидальной формы напряжения на выходе СФ возможно только на холостом ходу. Под нагрузкой форма напряжения на выходе СФ заметно искажена;

2) простым способом минимизировать искажение напряжения на выходе СФ является включение между выходом выпрямителя и емкостью индуктивности (использование Г-образного LC-фильтра);

3) дополнительным положительным эффектом от использования Г-образного LC -фильтра является снижение амплитуды напряжения на конденсаторах $C\Phi$ ⁸.

⁸ Пустоветов, М.Ю., Войнаш, С.А. Конденсаторы фильтров электромагнитной совместимости // «Актуальные проблемы развития судоходства и транспорта в азиатско-тихоокеанском регионе»: Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Владивосток, 2019. С. 68–71.

ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ РЕЖИМА РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ

Соловьев И.И. – к.т.н., доцент, кафедры «Электроснабжения и электротехники», ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Мотовилов А.И. – аспирант, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Андреев Р.А. – аспирант, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Андреева Н.А. – аспирант, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Аннотация

Важнейшей задачей оперативно-диспетчерского управления энергосистемой является исключение рисков возникновения каскадных аварий, приводящих к нарушению нормального режима работы энергообъектов с веерным отключением потребителей на длительное время. Рассмотрен вопрос расширения допустимой области режимов работы энергосистемы во время производства оперативных переключений для обеспечения требований к её устойчивости и электроснабжения потребителей.

При выполнении переключений в электроэнергетической системе (ЭЭС) уровень риска возникновения отказов оборудования резко возрастает. Диспетчер энергосистемы до начала изменения схемы электросети должен проконтролировать соответствие заранее определенных режимных указаний фактическим условиям работы ЭЭС. Причиной их возможного несоответствия является постоянно меняющийся режим работы ЭЭС. Необходимо проанализировать:

- взаимосвязь между параметрами электроэнергетического режима;
- условия обеспечения надежности работы ЭЭС;
- возможные аварийные ситуации;
- мероприятия по ликвидации аварии.

В условиях дефицита времени допустимы приближенные оценки показателей надежности работы ЭЭС. При неверном анализе фактического режима энергосистемы и в случае возникновения возмущений в сети параметры режима могут выйти за пределы допустимых значений. При этом в

крупных ЭЭС со сложной структурой аварии могут иметь каскадное развитие. Причинами аварий такого типа являются:

- возмущения, более тяжелые, чем нормативные в данных схемно-режимных условиях,
- неправильная настройка релейной защиты и противоаварийной автоматики
- отказ релейной защиты и противоаварийной автоматики,
- ошибочные действия оперативного персонала¹.

Для предупреждения развития каскадных аварий диспетчер отдает команды по фактическому изменению режима работы ЭЭС для введения его в допустимую область. Область допустимых режимов определяется составом сечения и значениями максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности, допустимым током в элементах сети и уровнями напряжения в узлах нагрузки. Эти параметры представляют собой функцию от разных влияющих параметров:

- температуры окружающего воздуха;
- потребления влияющего энергорайона;
- схемы сети;
- генерация влияющих станций;
- состава генерирующего оборудования влияющих станций и т.п.².

Определение допустимой области режимов работы ЭЭС в процессе переключений, из-за дефицита информации о нагрузках и ее неточности, является сложной и трудоемкой задачей.

Актуальность оперативного определения состава сечений, мониторинга уровня надежности и оценка устойчивости энергосистемы с учетом постоянно изменяющегося профиля нагрузки соответствует Доктрине энергетической безопасности Российской Федерации³.

¹ Воропай Н.И., Курбацкий В.Г., Томин Н.В., Пнасецкий Д.А., Сидоров Д.Н., Жуков А.В., Ефимов Д.Н., Осак А.Б., Спиричев В.А., Домышев А.В. Комплекс интеллектуальных средств для предотвращения крупных аварий в электроэнергетических системах – Новосибирск: Изд-во Наука, 2016. С. 332

² Н.А. Манов, М.В. Хохлов, Ю.Я. Чукреев, Г.П. Шумилова, М.И. Успенский, М.Ю. Чукреев, Д.В. Полуботко, Н.Э. Готман, Т.Б. Старцева. Методы и модели исследования надежности электроэнергетических систем. – Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2010. С. 292.

³ В. В. Бушуев, Н. И. Воропай, С. М. Сендеров, В. В. Саенко О доктрине энергетической безопасности России. Экономика Региона №2 2012. КиберЛенинка: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-doktrine-energeticheskoy-bezopasnosti-rossii> (Дата обращения: 24.01.2020)

При возникновении возмущений в энергосистеме её устойчивость обеспечивается действиями диспетчерского персонала и системами противоаварийного управления с эшелонированным принципом построения. На время переключений диспетчер должен выполнить подготовку режима работы энергосистемы для исключения срабатывания устройств противоаварийной автоматики и/или превышения максимально допустимых перетоков в контролируемых сечениях при возможных отказах элементов электросети, меняющих своё эксплуатационное состояние. Подготовку режима на время отключения ЛЭП⁴, оборудования необходимо проводить в соответствии с требованиями положения по управлению режимами⁵. Основными недостатками данного подхода является избыточным ограничениям перетоков в контролируемых сечениях и/или по отдельным элемента электросети, что приводит к перерасходу топлива на электростанциях. Связано это с отличием текущей схемно-режимной ситуации от расчетной.

При анализе распределения потоков мощности для текущего режима работы ЭЭС диспетчеры используют оперативно-информационный комплекс. Для анализа по алгоритму на рисунке 1 предшествующих и прогнозируемых режимов работы сети - применяют программы расчета установившихся режимов с функцией оценивания состояния.

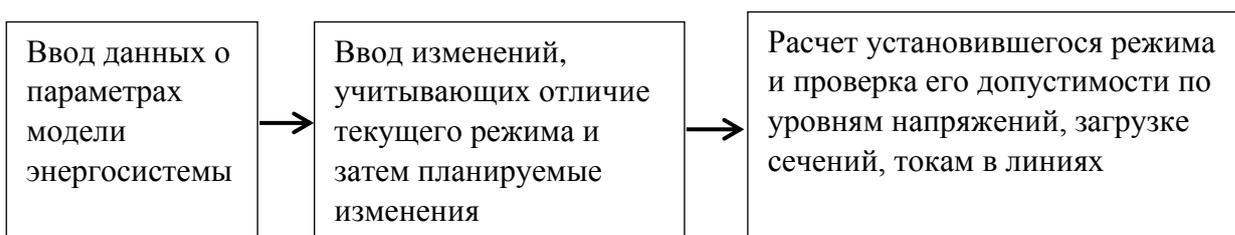


Рис. 1. Алгоритм действий по анализу прогнозируемого режима работы энергосистемы

⁴ Требования к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок "Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистемы объектов электроэнергетики" Утверждены приказом Минэнерго России от 12.07.2018 г. №548

⁵ ГОСТ Р 55608–2013 Национальный стандарт Российской Федерации. Оперативно-диспетчерское управление. Переключения в электроустановках. Утв. и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 сентября 2013 г. № 996-ст

Другие подходы основываются на анализе структуры топологии сети с использованием теории графов.

Источником информации о параметрах предшествующих или текущего режима, как правило, служит база данных реального времени телеизмерений и телесигнализации. При автоматическом формировании оперативной схемы энергосистемы возможно несоответствие топологии полученной оперативной схемы фактическому состоянию сети. Причинами несоответствий являются сбои телеметрии, некорректная ручная фиксация состояния оборудования в оперативно-измерительном комплексе. Поэтому после расчетов необходимо провести анализ топологии и потокораспределения в сети и принять решение по корректировке электроэнергетического режима.

Предлагается увеличить допустимую область режимов на время переключений, используя выпускаемые резервы, которые определяются с учетом коэффициента влияния, а также сетевых ограничений. При изменении топологии схемы электрической сети отказ элементов участвующих в производстве оперативных переключений не должен приводить к аварии.

На рисунке 2 показана характеристика для визуального контроля области допустимых режимов при производстве оперативных переключений на объекте ЭЭС.

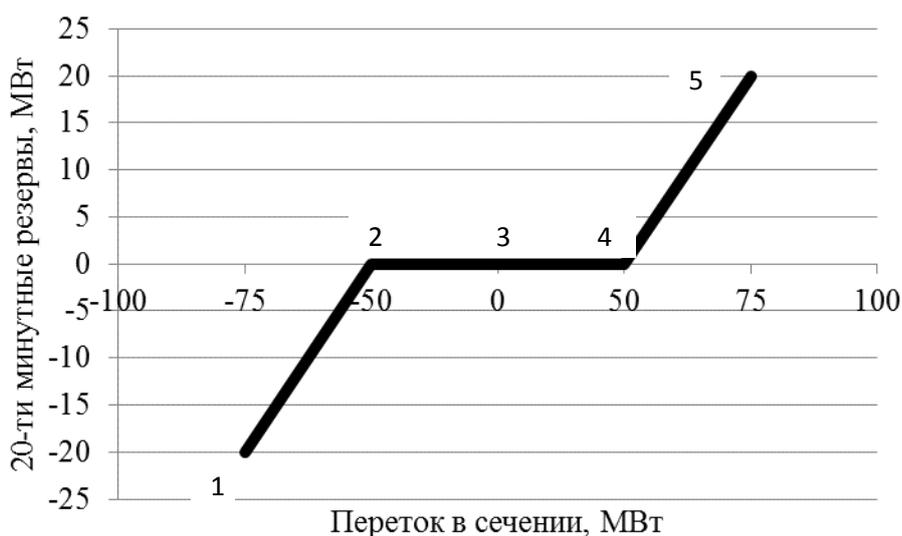


Рис. 2. Допустимая область для самого тяжелого возмущения

Участок 1-2-3 характерен для отрицательного направления перетока по контролируемому сечению, 3-4-5 для положительного.

Участок 2-3-4 соответствует области допустимых перетоков ремонтной схемы, при которой действий по мобилизации резервов не требуется

При перетоке соответствующему участку 1-2 или 4-5 резервов достаточно для приведения режима в допустимую область. Таким образом, на время производств оперативных переключений область допустимых режимов увеличится в 1,5 раз.

Поддержание оптимального режима работы энергосистемы является одной из основных задач диспетчера при выполнении оперативных переключений в процессе управления энергосистемой. Оценка и контроль текущего и прогнозируемых режимов ЭЭС в реальном времени позволят актуализировать объем выпускаемых резервов. Обеспечение необходимым объемом достоверной телеметрической информацией о параметрах режима работы энергосистемы в реальном времени достигается путем цифровизации энергообъектов. Увеличение объема выпускаемых резервов расширит диапазон регулирования перетоков в контролируемых сечениях, что позволит предотвратить возможные каскадные аварии при производстве оперативных переключений, и не снижая уровня надежности энергосистемы повысить её энергоэффективность.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ НЕКОТОРЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ЦЕНТРИФУГ СИСТЕМ СМАЗКИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Стефановский А.Б. – к.т.н., доцент, Таврический государственный агротехнологический университет имени Д. Моторного

Аннотация

Предложены статистические зависимости между номинальными параметрами полнопоточных центрифуг и показателями автотракторных двигателей, в системах смазки которых эти центрифуги установлены. Эти зависимости позволяют определить суммарный расход масла через центрифугу и давление масла на входе в неё, а также перепад давлений масла в центрифуге.

В работе ¹ приведены статистическая зависимость вместимости ротора $V_{рот}$ центробежного маслоочистителя (центрифуги) от его диаметра и усреднённые значения отношения суммарного объёмного расхода масла $Q_{цм}$ к $V_{рот}$ для совокупности отечественных и зарубежных тракторных дизелей. Если известен этот расход, то можно найти $V_{рот}$, разделив $Q_{цм}$ на среднее отношение $Q_{цм}/V_{рот}$, а с помощью вышеуказанной зависимости – найти диаметр ротора. При этом значения $Q_{цм}/V_{рот}$ не зависят от избыточного давления масла на входе в центрифугу $\Delta p_{вх}$.

Анализ параметров центрифуг отечественных автотракторных двигателей, приведенных в работах ² и упомянутых в работе ³, позволил получить ряд других зависимостей, пригодных для использования в учебном и поисковом проектировании систем смазки этих двигателей.

Объектом исследования являются параметры центрифуг отечественных автотракторных двигателей. Метод исследования – анализ этих параметров в их взаимосвязи с показателями двигателей.

¹ Болтянский О.В., Стефановский О.Б., Милаева И.И. Оцінка місткості ротора відцентрового масло очишувача тракторного дизеля за величиною об'ємної витрати моторного масла // Матер. міжнар. наук.-практ. форуму «Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції». Ч.1. - Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 201-203.

² Тракторные дизели : Справочник / Под общ. ред. Б.А. Взорова. – М.: Машиностроение, 1981. 536 с.; Гугин А.М. Быстроходные поршневые двигатели. – Л.: Машиностроение, 1967. 260 с.; Конструкция и расчет автотракторных двигателей / Под ред. Ю.А. Степанова. – 2-е изд, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1964. 552 с.

³ Стефановский А.Б. О критической скорости масла на входе в элемент системы смазки двигателя // Современные транспортные технологии: задачи, проблемы, решения : Сб. трудов III Всеросс. (с междунар. участием) научно-практ. конф. научных, научно-педагогич. работников, асп. и студентов / ОУ ВО "Южно-Уральский ин-т управления и экономики". - Челябинск: Полиграф-Мастер, 2019. - С.66-73.

Результаты и их обсуждение. Зависимость перепада давления масла Δp , поступающего в корпус центрифуги и покидающего её, линейно зависит от давления масла $\Delta p_{вх}$ (рис. 1):

$$\Delta p = a_0 + a_1 \Delta p_{вх}, \quad (1)$$

где a_0 и a_1 – коэффициенты.

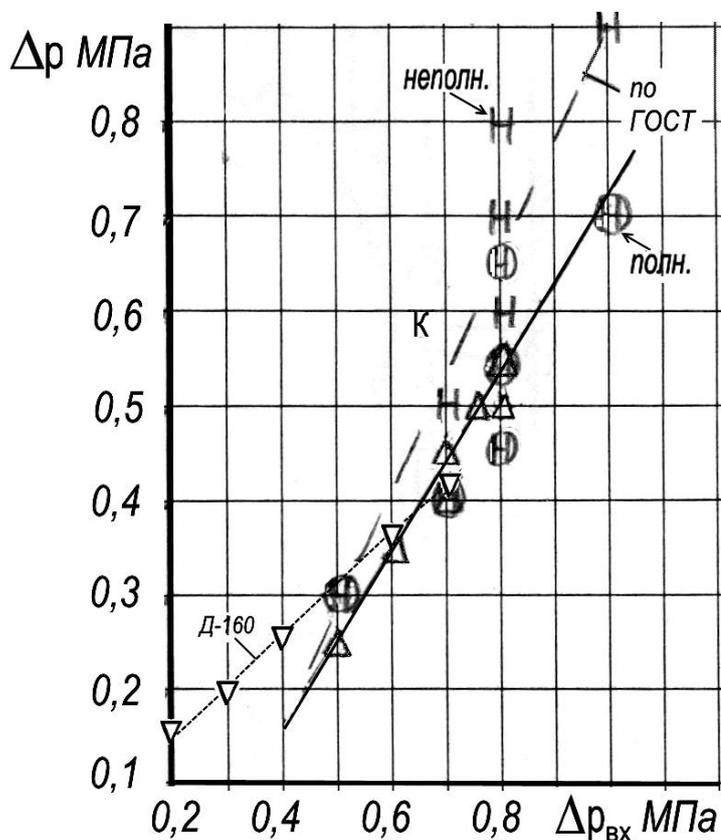


Рис. 1. Зависимости между перепадом давления масла в центрифугах тракторных дизелей и давлением масла на входе в них (точка К соответствует неполнопоточной центрифуге дизеля КамАЗ-740).

Так, для совокупности полнопоточных центрифуг тракторных дизелей, работающих на номинальном режиме (точки Δ), а также обведённых кругами точек H , соответствующих требованиям стандарта для таких центрифуг, значения $a_0 = -0,21$ и $a_1 = 0,92$ (сплошная линия). В то же время, повышенное значение коэффициента a_1 характерно для штриховой линии, проходящей через поле точек H , соответствующих требованиям этого же стандарта для неполнопоточных центрифуг тракторных дизелей. Пониженное же (до $a_1 = 0,53$) значение соответствует линии, расположенной слева и характеризующей

работу центрифуги дизеля Д-160 на разных режимах по данным Л.Л. Завьялова⁴.

Поскольку давление масла на входе в центрифугу довольно близко по величине к давлению масла после масляного насоса, которое можно измерить, то с помощью зависимости (1) легко определить перепад давления масла Δp в центрифуге.

Статистические зависимости от логарифма рабочего объёма двигателя iV_h (л) получены для отношения расхода масла $Q_{цм}$ (л/мин) к номинальной мощности двигателя $N_{ен}$ (кВт) в виде полиномов 2-й и 1-й степени (рис. 2):

$$Q_{цм}/N_{ен} = b_0 + b_1 \ln(iV_h) + b_2 \ln^2(iV_h), \quad (2)$$

где b_0, b_1, b_2 – коэффициенты; для карбюраторных двигателей $b_0 = -0,95$; $b_1 = -0,55$; $b_2 = 0$; для тракторных дизелей с одинарными центрифугами $b_0 = 0,635$; $b_1 = -0,926$; $b_2 = 0,153$.

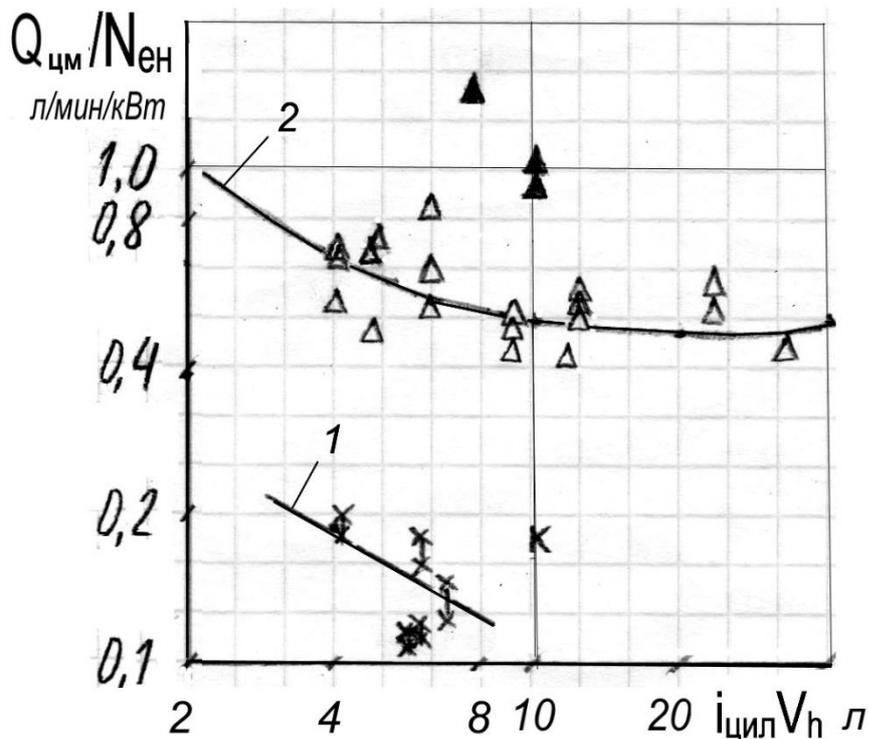


Рис. 2. Статистические зависимости отношения расхода масла через полнопоточную центрифугу к номинальной мощности двигателя от рабочего объёма двигателя: 1 - автомобильные карбюраторные, 2 – тракторные дизели.

Как правило, увеличение iV_h ведёт к снижению отношения $Q_{цм}/N_{ен}$, но в интервале iV_h примерно от 7 до 30 л данное отношение стабильно у тракторных дизелей. Дизели с парами центрифуг (А-41, А-01М) и дизель КамАЗ-740 не

⁴ Завьялов, Л.Л. Исследование по созданию полнопоточных центрифуг для двигателей мощных промышленных тракторов : Автореф. дис... канд.техн.наук. Челябинск, 1970. 16 с.

подчиняются зависимости (2). Показатели её точности (без учёта точек, наиболее удалённых от линий 1 и 2): для линии 1 относительное среднеквадратичное отклонение (ОСКО) 0,16 и предел относительной погрешности 0,25; для линии 2 соответственно, 0,17 и 0,38.

Наиболее общий характер, как правило, имеют зависимости между безразмерными переменными, существенными для изучаемой проблемы. Для исследованных полнопоточных центрифуг отечественных тракторных дизелей такая зависимость получена между переменными $\Delta p_{\text{вх}} Q_{\text{цм}} / N_{\text{ен}}$ и $iV_h / V_{\text{рот}}$:

$$\Delta p_{\text{вх}} Q_{\text{цм}} / N_{\text{ен}} = 0,67 (iV_h / V_{\text{рот}})^{-0,24}. \quad (3)$$

Показатели её точности: ОСКО 0,18; максимальная относительная погрешность 0,4.

Если известны показатели двигателя ($N_{\text{ен}}$ и iV_h) и полнопоточной центрифуги ($Q_{\text{цм}}$ и $V_{\text{рот}}$), то с помощью зависимости (3) можно определить давление масла на входе в центрифугу $\Delta p_{\text{вх}}$. Показатели точности такой оценки этого давления для центрифуг отечественных тракторных дизелей: ОСКО 0,08; максимальная относительная погрешность 0,18.

Для полнопоточных центрифуг систем смазки автотракторных двигателей найдены статистические зависимости между переменными, включающими номинальные параметры как центрифуги, так и двигателя. Эти зависимости позволяют определить суммарный расход масла через центрифугу и давление масла на входе в неё, а также перепад давлений масла в центрифуге.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГРАДАЦИИ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Татаринцев В.А. – к.т.н, доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Аннотация

В статье исследованы закономерности изменения прочностных свойств стали ответственного элемента грузового вагона подвижного состава железных дорог – корпуса автосцепки в процессе эксплуатационного нагружения. Экспериментальным путем определена наработка детали, при которой наблюдаются признаки процесса деградации материала, проявляющиеся в изменении значений механических характеристик металла. Предложен способ устранения эффекта деградации стали.

Исследованиями, проведенными на натуральных литых деталях грузовых вагонов – автосцепках из сталей 20Л и 20ГЛ, установлено, что в процессе эксплуатационного нагружения происходит утрата (деградация) их прочностных свойств в областях концентраторов напряжений, в частности, в зоне перехода головной части в хвостовую часть корпуса автосцепки¹. Деградация прочностных свойств стали сопровождается: 1) исчезновением площадки текучести на диаграммах растяжения образцов, вырезанных из этой зоны, 2) повышением предела текучести, 3) увеличением твердости, 4) смещением критической температуры хрупкости в область высоких температур, 5) снижением характеристик сопротивления разрушению, что приводит к уменьшению величины разрушающей силы для автосцепок с трещинами². Деградация прочностных свойств существенно проявляется в автосцепках, проработавших в типичных условиях³ эксплуатации не менее 13–14 лет (продолжительность эксплуатации определялась по клейму даты изготовления).

Для установления причин потери (деградации) исходных прочностных свойств стали из переходной зоны автосцепок (рисунок 1), бывших в

¹ Кодылев, А.В. Мониторинг надежности автосцепки // Мир транспорта. – 2010. Т. 8. № 1 (29). С. 138–142; Ковригина, И.В., Горюнов, М.А. Оценка показателей надежности автосцепного устройства вагона // Организация безопасности на транспорте. Межвузовский сборник научно-методических трудов. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта, 2015. С. 148–154.

² 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. Т. 12. № 1. С. 42–45.

³ Условия эксплуатации автосцепок грузовых магистральных вагонов общего назначения.

эксплуатации 3, 7, 13, 16, 20, 25 лет, вырезали пятикратные образцы диаметром 6 мм, которые испытывали на растяжение. Исходные свойства стали оценивали на образцах, вырезанных из направляющей стенки большого зуба автосцепки (рисунок 1, вид Б), где, как установлено⁴, механические свойства не изменяются вследствие низких значений эксплуатационных напряжений. Зависимость предела текучести стали от времени эксплуатации деталей показана на рис. 2 (штриховая линия).

Твердость измеряли методом Бринелля⁵ на сошлифованных площадках головок разрывных образцов. На рисунке 2 показано изменение твердости в зависимости от продолжительности эксплуатации автосцепок. Измерение твердости непосредственно на деталях, находящихся в эксплуатации, проводили в вагоноремонтном депо методом Польди и переносным твердомером динамического действия ТЭМП-2. Схема измерения твердости показана на рисунке 1 (вид Г). Измерения проводили в исследуемой зоне (переходной области автосцепки) и зонах, характеризующих исходные свойства (направляющей стенке и верхней части головы). Перед измерением литейную корку зачищали на глубину 1–2 мм. Зависимость твердости стали от времени эксплуатации показана на рисунке 2 (сплошная линия).

⁴ Матюни, В.М. Оперативная диагностика механических свойств конструкционных материалов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 216 с.; 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. Т. 12. № 1. С. 42–45.

⁵ Диаметр шарика 5 мм, нагрузка 7,5 кН, выдержка под нагрузкой 10 с.

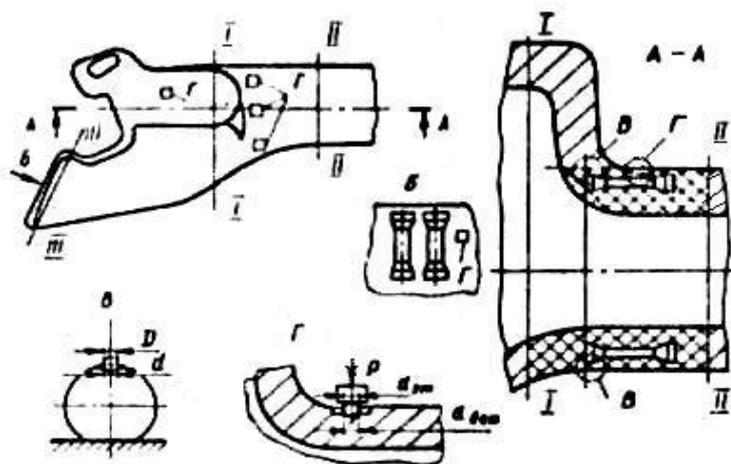


Рис. 1. Схема разрезки автосцепки и измерения твердости (между сечениями I-I и II-II – зона перехода головы в хвостовик): I-I, II-II, III-III – сечения, по которым проводили разрезку; Б – направляющая стенка большого зуба автосцепки; В – схема измерения твердости на образцах; Г – на деталях

Полученные результаты показывают, что значения относительной твердости на образцах и деталях при равной наработке мало различаются и характер изменения предела текучести и твердости металла переходной зоны в зависимости от длительности эксплуатаций одинаков. Это позволяет проводить оценку степени деградации прочностных свойств стали по значениям твердости, измеренной непосредственно на автосцепке в процессе ее эксплуатации (рисунок 1, схема Г). Если отношение $HB/HB^{исх} > 1,15$, что соответствует примерно $\Delta HB 20$, то можно считать, что в переходной зоне автосцепки произошла деградация прочностных свойств. Анализ результатов исследования показал, что подверженную деградации зону в автосцепке можно выявить двумя способами: по продолжительности ее работы (деталь подвержена деградации, если работает в типичных условиях эксплуатации более 13–14 лет) и по величине относительной твердости (если условия работы детали отличаются от типичных и деградация прочностных свойств материала может начинаться либо раньше, либо позже этого срока в 13–14 лет).

В работе⁶ было высказано предположение о том, что как при статическом деформировании (наклепе), так и при циклическом нагружении в структуре металла происходят идентичные изменения. В связи с этим

⁶ Костенко, Н.А., Цветков, В.Д., Татаринцев, В.А., Бишутин, Г.А. Экспериментальное исследование особенностей разрушения натуральных литых деталей вагонов с трещинами // Проблемы прочности. 1980. № 1. С. 40–42.

исследовали возможность применения термической обработки, используемой при снятии наклепа, для устранения деградации прочностных свойств литой стали под воздействием эксплуатационного нагружения.

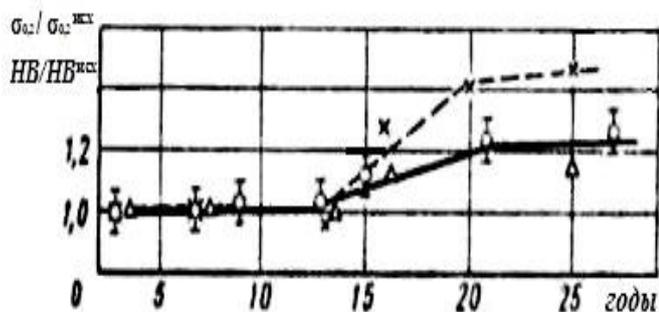


Рис. 2. Изменение механических характеристик шали в зависимости от продолжительности эксплуатации автосцепки: \times — $\sigma_{0,2} / \sigma_{0,2}^{исх}$; \circ , Δ — $HV / HV^{исх}$; \circ — значения твердости, полученные на деталях; Δ — то же на образцах

Выбор вида термической обработки проводили на заготовках разрывных образцов, вырезанных из автосцепки, проработавшей более 15 лет. Нормализацию заготовок проводили от 900–920 °С с выдержкой 25–30 мин, отжиг — при 650–680 °С с выдержкой 45–60 мин и охлаждением на воздухе. Результаты исследования приведены в таблице. Видно, что положительные результаты получены для обоих видов термической обработки, однако после отжига величины $\sigma_{0,2}$ и σ_b оказались несколько ниже исходных, поэтому для снятия деградации прочностных свойств рекомендуется применять нормализацию.

Таблица 1 – Характеристики прочности литой стали

Место вырезки образцов	Термическая обработка	$\sigma_{0,2}$	σ_B	$\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_{0,2}^{исх}}$	$\frac{\sigma_B}{\sigma_B^{исх}}$
		МПа			
Верхняя полка	Без термической обработки	320	450	1,20	0,98
	Отжиг	260	450	0,97	0,96
	Нормализация	290	460	1,07	0,99
Нижняя полка	Без термической обработки	290	460	1,04	0,99
	Отжиг	280	450	1,04	0,97
	Нормализация	280	460	1,04	1,00
Левая стенка	Без термической обработки	290	450	1,09	0,96
	Отжиг	260	440	0,97	0,94
	Нормализация	280	470	1,03	1,01
Правая стенка	Без термической обработки	300	445	1,14	0,96
	Отжиг	270	450	0,99	0,97
	Нормализация	280	470	1,05	1,02
Направляющая стенка большого зуба (исходные)	Без термической обработки	270	460	–	–
	Отжиг	270	450	1,01	0,98
	Нормализация	290	470	1,06	1,01

Примечание. Левая стенка – со стороны большого зуба автосцепки, правая – со стороны ее малого зуба. Обозначения: $\sigma_{0,2}^{исх}$ и $\sigma_B^{исх}$ – предел прочности образцов без термической обработки, вырезанных из направляющей стенки большого зуба (исходные).

В предыдущих работах исследовали влияние термической обработки на стандартные механические характеристики стали, а данных по исследованию ее влияния на трещиностойкость в литературе нет. В связи с этим исследовали влияние нормализации на повышение трещиностойкости натуральных деталей – автосцепок. Испытывали автосцепки после эксплуатации различной продолжительности, имеющие видимые трещины в переходной зоне. Часть деталей, проработавших более 13–14 лет, подвергали нормализации. Испытания проводили на специальном стенде, имеющем холодильную камеру. Автосцепки, охлажденные ниже второй критической температуры хрупкости, подвергали растяжению до разрушения. При этом записывали диаграммы «нагрузка – смещение» и фиксировали разрушающую силу, ее эксцентриситет, температуру. Диапазон температур соответствовал

эксплуатационному (до -50 °С). После разрыва уточняли размеры полуэллиптической трещины.

Анализ результатов исследования показал, что автосцепки, проработавшие менее 13–14 лет, разрушались при температуре от минус 50 до минус 40 °С квазихрупко, а проработавшие больше этого срока разрушались при этих температурах хрупко. Причем разрушающая автосцепку сила в первом случае в 2–2,5 раза выше, чем во втором (при сравнимых величинах длин трещин). Автосцепки, подвергнутые нормализации после продолжительной эксплуатации (более 13–14 лет), разрушались квазихрупко, аналогично автосцепкам, в которых деградации прочностных свойств еще не наблюдали (до 13–14 лет). Уровень разрушающих нагрузок (2–2,6 МН) этих автосцепок также совпадает.

Автосцепки, бывшие в эксплуатации более 15 лет, но не подвергнутые термической обработке, разрушались хрупко, величина их разрушающей силы 0,9–1,4 МН при прочих равных условиях. Таким образом, трещиностойкость термически обработанных деталей выше, чем деталей без термической обработки. По-видимому, термическая обработка окажется менее эффективной для деталей, в которых процесс накопления повреждений принял необратимый характер. Наступление этой стадии характеризуется линией начала образования микротрещин (линия Френча) на обобщенной диаграмме усталости детали: он начинается примерно к 20 годам эксплуатации.

Для устранения эффекта деградации прочностных свойств материала автосцепок, длительное время находившихся в эксплуатации, и повышения их трещиностойкости рекомендуется применять нормализацию, которую можно осуществить в условиях вагоноремонтных заводов и депо. В настоящей работе оценивали влияние термической обработки на трещиностойкость автосцепок, поэтому испытания проводили на деталях с трещинами, однако рекомендации по снятию деградации прочностных свойств даются для целых деталей, так как после 12-13 лет эксплуатации она наблюдается в автосцепках и с трещинами, и без трещин.

Детали же с обнаруженными трещинами нужно сначала ремонтировать, а затем подвергать термической обработке. Термообработка детали с пропущенной эксплуатационной трещиной позитивно повлияет на ее сопротивление разрушению из-за повышения трещиностойкости стали.

Полученные результаты необходимо учитывать при прогнозировании прочностной надежности элементов подвижного состава с учетом их диагностики и ремонтного цикла⁷. Выполненные исследования подтверждают возможность реновации утраченных в результате эксплуатационных воздействий прочностных свойств материала детали⁸, а для повышения сопротивления усталостному разрушению деталей, у которых приблизился срок начала деградиационных процессов в металле можно применять термоулучшение корпуса автосцепки в соответствии с ГОСТ 22703–2012.

⁷ Татаринцев, В.А. Прогнозирование прочностной надежности элементов подвижного состава с учетом их диагностики и ремонтного цикла // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2018. № 9. С. 35–40.

⁸ 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.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕНОАЛЮМИНИЯ В КАЧЕСТВЕ ДЕМПФЕРНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Тихонова Е.Д. – Московский физико-технический институт, ФФКЭ,
кафедра микро- и наноэлектроники*

Аннотация

В статье рассмотрен подход увеличения надежности демпферной системы защиты трансформаторов с использованием пенометаллов, в частности пеноалюминия. Данный подход основан на защитных свойствах пеноалюминия, который сминается при взрыве и позволяет тем самым сохранять стенки трансформатора невредимыми, поскольку энергия взрыва затрачивается на его смятие. Таким образом, во время взрывов или пожаров повышается защита объектов.

В настоящее время проблема защиты высоковольтного маслонаполненного оборудования, а также трансформаторов от взрывов и пожаров является одной из значимых задач в электроэнергетике. Дело в том, что такие пожары являются критическими вследствие большого количества масла, находящегося в контакте с элементами при высоком (сотни киловольт) напряжении¹. В связи со снижением надежности и безопасности высоковольтного маслонаполненного оборудования (ВМЭО), включая трансформаторы, возникает необходимость введения новых предложений по разработке взрывобезопасного оборудования.

Последней тенденцией в данной области является использование пенометаллов в качестве демпферных систем. Одним из перспективных материалов является пеноалюминий из-за его устойчивых характеристик². Итак, в данной работе для защиты трансформатора от взрыва рассматривается демпферная система защиты трансформаторов, основанная не на увеличении объема полости трансформатора, а на защитных свойствах пеноалюминия, который при взрыве сминается, и энергия взрыва затрачивается на смятие пеноалюминия, сохраняя невредимыми стенки трансформатора.

Существует несколько методов введения демпфирующего воздушного объема внутри маслонаполненного трансформатора. Одним из перспективных

¹ Мироненко, Я.В. Пожарная безопасность на объектах энергетической отрасли // Алгоритм безопасности. 2017. № 4. С. 72-75.

² Бутарович, Д.О., Смирнов, А.А., Рябов, Д.М. Пеноалюминий как энергопоглощающий материал и его основные свойства // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2011. № 7. С. 53-58.

считается пористый метод³, в котором применяют упругую пористую среду в виде поролона, пенополиуретана и т. п. Условимся называть такую среду демпфером. Как правило, объем пор составляет 70–90% от объема демпфера.

Основная идея данного метода заключается в том, чтобы на 20–40% площади равномерно и технологически удобно разместить вертикальные стенки масляных емкостей. Важно обратить внимание на масляный бак трансформатора демпферного слоя, который представлен в виде пакетов толщиной от 1,5 до 3,5 см. Пористый материал типа поролона или пенополиуретана будет применен для демпферного слоя (рис. 1).

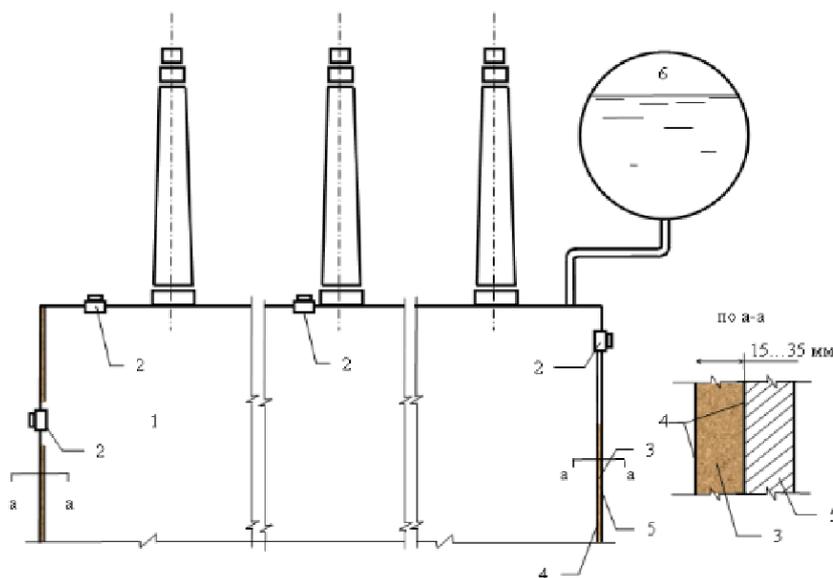


Рис. 1. Принципиальная схема демпферной системы защиты масляных трансформаторов от взрыва и пожара: 1 – бак трансформатора; 2 – датчик давления (сигнал для отключения напряжения); 3 – демпферная подушка (упругий пористый материал); 4 – маслостойкая пленка (2 слоя); 5 – стенка бака; 6 – расширитель

Демпфирующий материал размещается в пакеты соответствующих размеров, состоящих из двух слоев маслостойкой пленки. Роль второго слоя велика: если один слой обеспечивает нормально допустимую изоляцию, например, в течение одного года, то второй слой этот срок повышает минимум в 3–4 раза.

Данная система защиты работает по следующему принципу. Когда гидродинамическая волна падает на демпферный слой, пиковое давление на

³ Фортов, В.Е., Сон, Э.Е., Исакаев, М.Х., Карпухин, А.В., Леонов, А.А., Спектор, Н.О., Юсупов Д.И. Способ защиты маслонаполненного трансформатора от взрыва и маслонаполненный трансформатор с защитой от взрыва // патент РФ № 2516307 // URL: patent-2334332.pdf

стену бака начинает понижаться в сотни раз. Нагружение стенки в это время осуществляется не резко, а плавно. Прогиб происходит в статическом режиме, чтобы предотвратить вибрацию стенок масляного бака. Таким образом, разгрузка происходит также и на участках стенки, не занятых демпферным слоем.

Оценим величину снижения (коэффициент гашения) пикового давления в гидродинамической волне, падающей на демпферный слой. Пусть на демпферный слой толщиной b падает гидравлическая волна с крутым фронтом (рис. 2). Перепад давления в ней $\Delta p = p_f - p_0$ (1),

где p_f – это пиковое давление, а p_0 – это исходное гидростатическое давление масла.

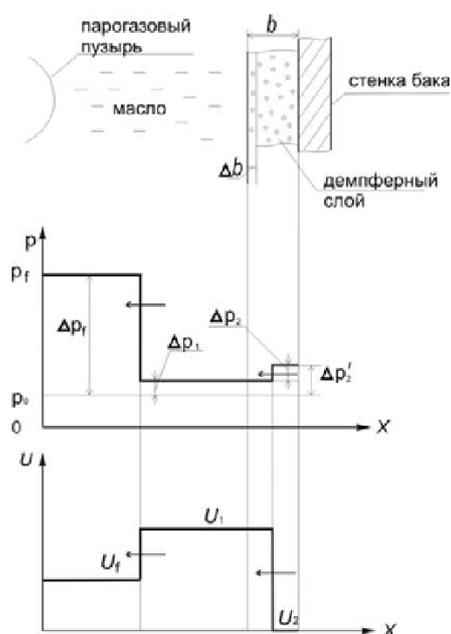


Рис. 2. Физическая модель гашения гидравлической волны

Скорость течения масла за фронтом волны будет $U_f = \frac{\Delta p_f}{\rho_m \times a_m}$ (2),

где ρ_m – плотность масла, a_m – скорость звука в масле.

При падении волны на демпферный слой, упругость которой на два порядка меньше, чем масла, образуется волна разрежения, распространяющаяся в обратном направлении (в масляную среду). При этом давление в ней снижается с p_f , до p_1 , а скорость течения увеличивается с U_f до U_1 .

Для определения параметров волны в масле и демпферном слое используем теорию распада произвольного разрыва⁴. Увеличение скорости с U_f до U_1 обуславливает формирование слабой ударной волны (волны сжатия) с давлением $\Delta p_1 = p_1 - p_0$, определяемой по формуле $\Delta p_1 = U_1 \times p_d \times a_d$ (3),

где индекс d относится к демпферу.

Волна разрежения, образующаяся в масляной среде при взаимодействии волны сжатия с демпферным слоем, определяется по формуле:

$$U_1 - U_f = \frac{\Delta p_f - \Delta p_1}{p_m \times a_m} \quad (4).$$

Анализ полученных зависимостей показал, что результаты кардинально зависят от соотношения $\frac{p_m \times a_m}{p_d \times a_d}$. Для пористой среды типа пенополиуретана эта величина лежит в пределах 190–270. Время пробега волны сжатия по демпферному слою толщиной d составляет доли миллисекунд.

Полученные результаты показывают нам перспективы внедрения пенометаллов, в частности пеноалюминия, в качестве демпферных систем защиты ВМЭО. Их основные преимущества следующие:

- надежная защита от взрыва и пожара объекта при коротком замыкании;
- малая стоимость;
- отсутствие вибрации масляного бака при коротком замыкании;
- возможность обеспечить максимальные нагрузки в масляном баке, не превышающие избыточное давление;
- заметное снижение толщины стенок масляного бака в связи со снижением нагрузок и обеспечением квазистатичности режима нагружения стенок, что приведет к снижению стоимости ВМЭО.

Таким образом, становится понятна причина повышенного интереса к данным материалам.

4 Булат, П.В., Волков, К.Н., Сильников, М.С., Чернышев, М.В. Анализ разностных схем основанных на точном и приближенном решении задачи Римана // Научно-технический вестник информационных технологий механики и оптики. 2015. Том 15. No 1. С. 139–148

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНТИЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ НАГРУЗОК

Тху Й.М. – аспирант, кафедра «Промышленная электроника», ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Климаш В.С. – д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Аннотация

В статье рассматриваются уравнения, описывающие физические процессы для класса вентильных преобразователей. Расчётами в среде MatLab показана динамика процессов пуска промышленной RL-нагрузки через выпрямитель с дросселем. Эти процессы сравнивались с включением RL-нагрузки электрическими аппаратами. Показана целесообразность применения выпрямителя электрического тока для включения промышленных нагрузок переменного тока.

Тиристорные выпрямители, инверторы, ведомые сетью, и регуляторы переменного напряжения находят широкое применение в промышленности и на электрифицированном транспорте. Имеют много общего как в силовой схеме, так и в системе управления. У них единая математическая структура и процессы коммутации. Вместе с тем выпрямительно-инверторные агрегаты и тиристорные регуляторы переменного напряжения как в теоретическом, так и в практическом плане рассматриваются отдельно. О них пишут в разных книгах как о совершенно разных устройствах. Целью данной работы является объединить их в один класс по признаку единства уравнений, описывающих электромагнитные процессы, и на математической модели и экспериментальной установке показать это единство. На основе принципа «от математики к производству» в работе сделан вывод о выпуске преобразователей с унифицированной комплектацией, которые будут удобны при эксплуатации и ремонте, подготовке обслуживающего персонала. В последнее время наблюдается переход от тиристорных к транзисторным схемам в модульном исполнении. На примере тиристорных выпрямителей и регуляторов переменного напряжения можно сделать вывод о единстве

математических структур и для транзисторных преобразователей, ведомых сетью¹.

При исследовании вентильных преобразователей, ведомых сетью, будем учитывать параметры нагрузок в цепях переменного и постоянного тока. Трёхфазным мостовым схемами свойственны двухфазная и трёхфазная проводимость, когда в работе находятся соответственно два и три вентиля.

Уравнения для трёхфазных тиристорных схем при двухфазной проводимости (в межкоммутационный интервал)

$$\frac{dI_1}{dt} = \frac{U_1 - U_2 - 2 \cdot (R_{vs} + R_a + K_n R_n + K_d R_d) \cdot I_1}{2 \cdot (L_a + K_n L_n) + K_d L_d} \quad (1)$$

где U_1, U_2 – фазные напряжения для входа и выхода; I_1 – ток для входа; R_a, L_a – активные и индуктивные рассеяния трансформатора; R_d, L_d – активные и индуктивные нагрузки постоянного тока; R_n, L_n – активные и индуктивные нагрузки переменного тока; R_{vs} – активный открытый тиристор, K_d, K_n – коммутационный выпрямитель и регулятор переменного напряжения

Уравнения при трехфазной проводимости (моменты коммутации)

$$\frac{dI_2}{dt} = \frac{U_1 - U_2 - 2 \cdot (2R_{VS} + R_a + 2K_n R_n + K_d R_d) + (R_{VS} + R_a + K_n R_n) \frac{L_a + K_n L_n + K_d L_d}{L_a + K_n L_n}}{3(L_a + K_n L_n) + 2K_d L_d}$$

$$\frac{dI_3}{dt} = \frac{I_3(2R_{VS} + R_a + 2K_n R_n + K_d R_d) - ((R_{VS} + R_a + K_n R_n) \frac{L_a + K_n L_n + K_d L_d}{L_a + K_n L_n})}{3(L_a + K_n L_n) + 2K_d L_d} - \frac{(U_2 - U_3) \frac{L_a + K_n L_n + K_d L_d}{L_a + K_n L_n}}{3(L_a + K_n L_n) + 2K_d L_d}$$

¹ Стрелков В.Ф. Электротехнические комплексы радиолокационных станций. Автореферат дис. ... доктора технических наук / Нижегород. гос. техн. ун-т им Р.Е. Алексеева. Нижний Новгород, 2016. 23 с.

$$\frac{dI_3}{dt}$$

$$= \frac{U_2 - U_3 - I_3(R_{VS} + R_a + K_n R_n) + I_2(R_{VS} + R_a + K_n R_n) + \frac{dI_2}{dt}(L_a + K_n L_n)}{L_a + K_n L_n},$$

где I_2, I_3 – токи в двух коммутируемых фазах (спадающий и нарастающий соответственно).

Переход от уравнения (1) к системе уравнений (2) осуществляется в соответствии с диаграммой переключения тиристора управляющими импульсами, а обратный процесс обусловлен естественным процессом прохождения тока. Уравнения (1) и (2) описывают физические процессы трех устройств:

а) Когда $K_n = 0$ и $K_d = 1$, нагрузка включена только в цепь постоянного тока;

б) Когда $K_n = 1$ и $K_d = 0$, нагрузка включена в цепь переменного тока;

в) Когда $K_n = 1$ и $K_d = 1$, нагрузка включена в цепь переменного тока, а пусковой реостат или дроссель насыщения в цепь постоянного тока.

Обобщенная модель для исследования как трехфазного выпрямителя, так и трехфазного регулятора переменного напряжения представлена на Рис 1.

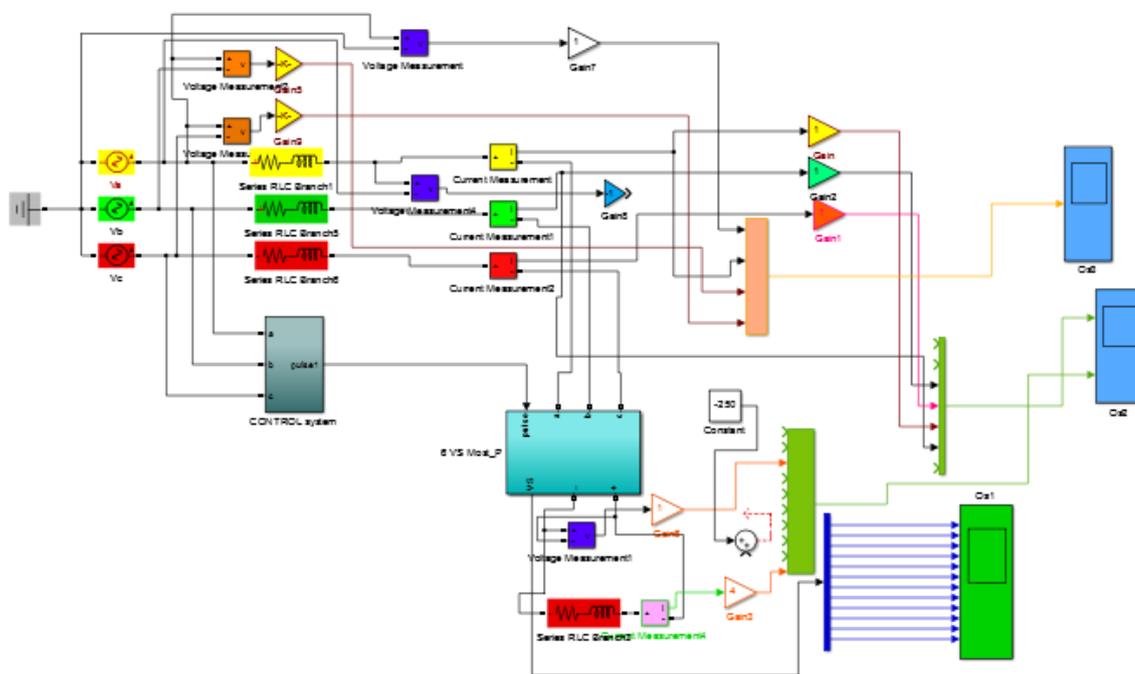


Рис.1. Обобщенная модель преобразователей ведомых сетью в среде MatLab

Результаты исследований трехфазного мостового выпрямителя и трехфазного регулятора переменного напряжения приведены на рисунке 2 и 3.

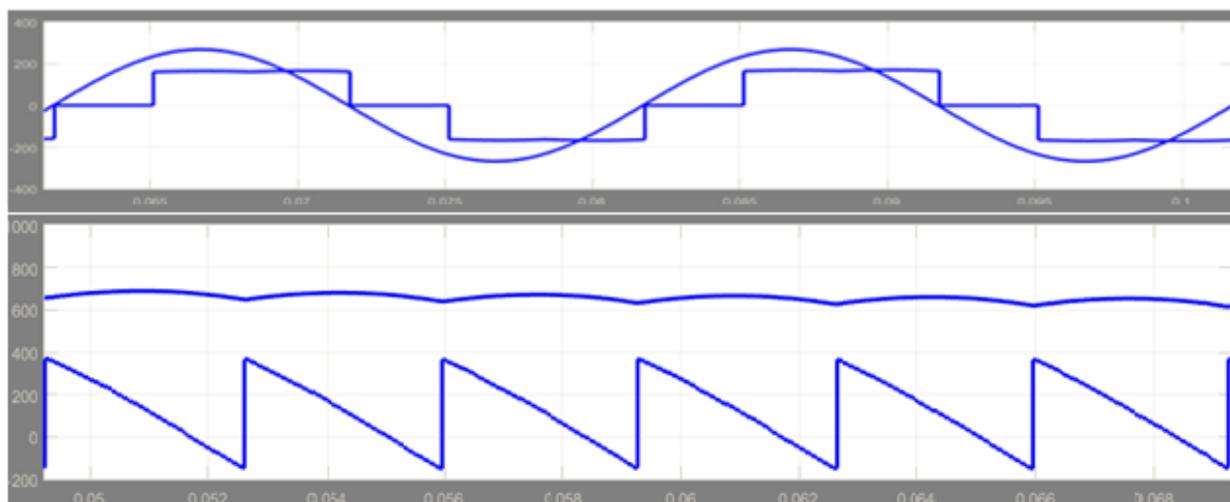


Рис. 2. Осциллограммы трехфазных выпрямителя для входа и выхода напряжения и тока

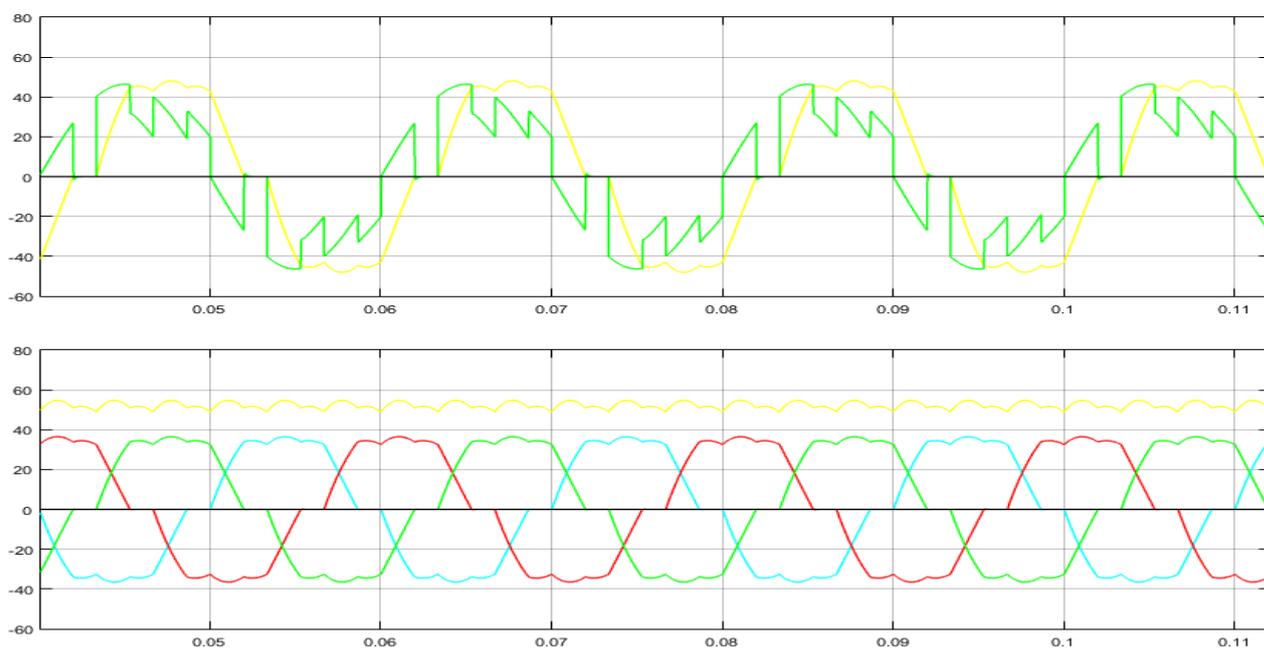


Рис. 3. Осциллограмма трехфазного регулятора переменного напряжения и тока при RL– нагрузке

Исследования электронного переключателя напряжения и тока приведены на рисунках 4 и 5.

На рисунке.4 приведены при пуске трёхфазной нагрузки электрическим аппаратом для пусковых токов (рисунок 4, сверху) и гибридным

переключателем на основе выпрямителя и шунтирующего контактора (рисунок 4, снизу). Видно, что трёхфазная нагрузка при помощи гибридного аппарата производит безударное включение с плавным нарастанием токов, а при включении электрических аппаратов приводит к увеличению токов и динамическим ударам по электрической части оборудования.

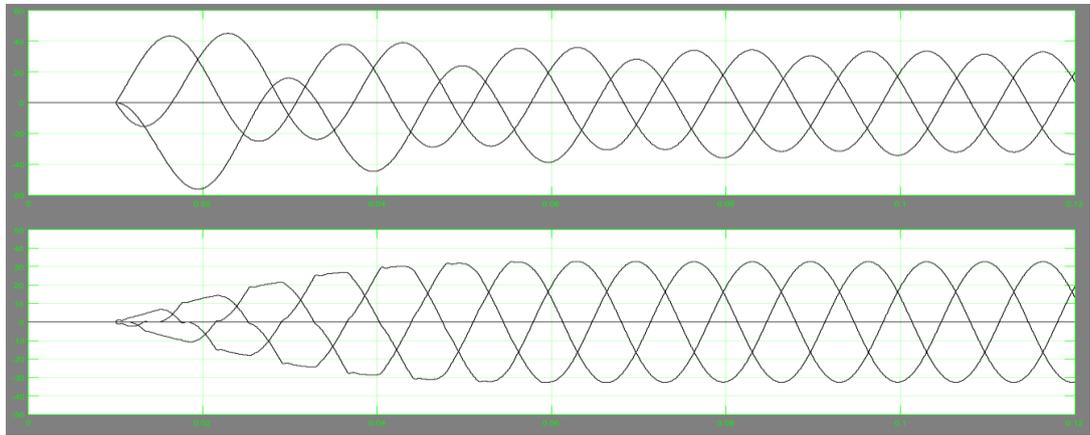


Рис. 4. Осциллограммы пусковых токов RL –нагрузки при включении электрическим аппаратом (сверху) и гибридным электронным переключателем аппаратом (снизу)

Исследование электронного переключателя показано на рисунке 5. Включение электронным пускателем осуществляется с высоким быстродействием без превышения токами их установившихся значений.

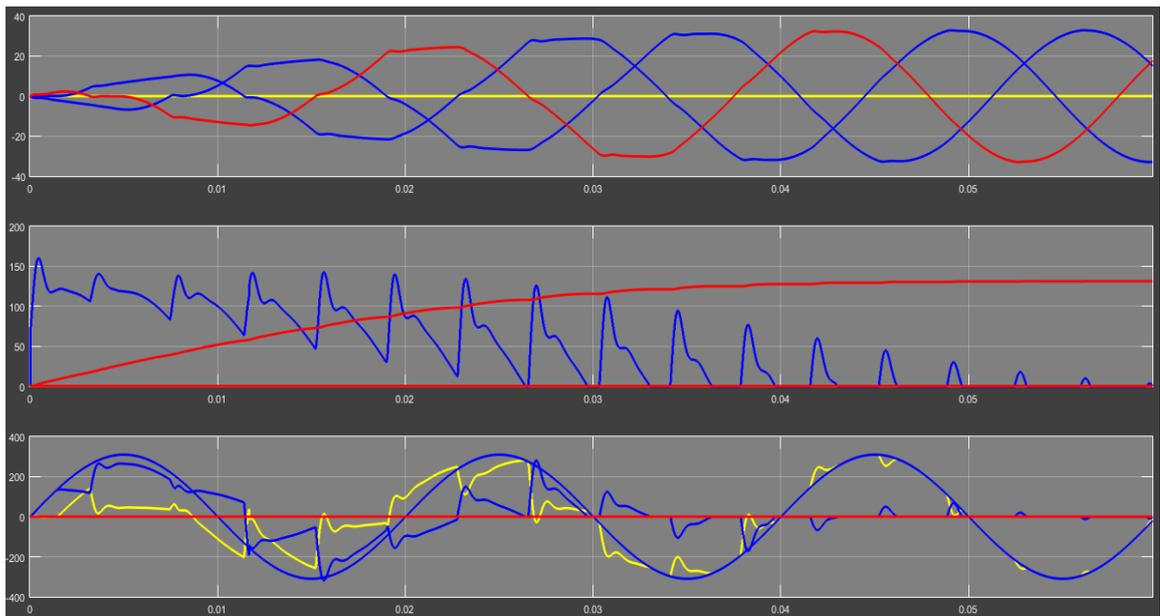


Рис. 5. Осциллограммы токов трёхфазной нагрузки (сверху), напряжений в цепи переменного тока (в середине) и напряжений в цепи постоянного тока (снизу)

Осциллограммы, полученные при математическом и физическом моделировании, адекватно отображают физические процессы в выпрямителях и регуляторах переменного напряжения при исследовании электронного переключателя.²

Обобщенная модель предназначена для исследования не только трехфазных мостовых преобразователей, но и других устройств силовой электроники. На ее основе весьма просто выполняется построение моделей нулевых трехфазных и мостовых однофазных преобразователей. На основе этой схемы возможно управление всеми преобразователями, ведомыми сетью.

² Новиков Г.В. Частотное управление асинхронными электродвигателями. Монография. - М: МГТУ им. Баумана. 2016. - 500 с.

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Худяков И.Н. – аспирант кафедры Э,ЭиЭ ВШЭНиГ «САФУ имени М.В. Ломоносова»

Аннотация

В статье рассмотрены проблемы и методы диагностики состояния силовых трансформаторов. Данная тема актуальна, т. к. значительное количество находящегося в эксплуатации оборудования выработало свой ресурс, но при этом сохраняет работоспособность.

Силовые трансформаторы (СТ) являются основным оборудованием трансформаторных подстанций и электростанций. От их работы зависит надежность и качество электроснабжения. Они могут быть выполнены в различных конструктивных вариантах в зависимости от требуемых показателей работы и условий эксплуатации. Контроль состояния СТ регулярно осуществляется оперативным персоналом, также специальной службой предприятия проводится диагностика в соответствии с нормативами.

Повреждения в силовых трансформаторах или отклонения от нормального режима работы могут возникнуть из-за недоработок конструкции, скрытых дефектов, нарушений правил транспортировки, монтажа, эксплуатации, некачественного ремонта, увлажнения или недостатка масла¹.

Задачами диагностики технического состояния силовых трансформаторов являются выявление дефектов и повреждений, определение исправности оборудования, оценка вероятности продления срока службы без капитального ремонта оборудования, либо объема ремонтных работ, определение остаточного срока эксплуатации и рекомендации по его продлению. Своевременное обнаружение возникающего дефекта позволяет предупреждать его развитие и сохранять работоспособное состояние трансформатора.

На сегодняшний день применяемые методы диагностики состояния силовых трансформаторов не позволяют достоверно обнаруживать дефекты и

¹ Элчиева, М.С. Общие вопросы диагностики силовых трансформаторов. – Оша. – Известия ОшТУ, 2018. №2. С. 19–22.

повреждения на начальных стадиях, поскольку они не реагируют на изменения либо допускают ошибки в оценке состояния изоляции силовых трансформаторов; абсорбционные методы оценки выдают ошибочные данные, т. к. сильное влияние оказывают температура, влажность, погрешность используемой аппаратуры; известные методы диагностики изоляции не могут определить ее состояние в полном объеме силового трансформатора, а только по отдельным частям; погрешность результатов из-за разложения твердой изоляции и масла очень велика; температурные режимы, влажность, изменения напряженности электрического поля на отключенном трансформаторе и на трансформаторе в режиме эксплуатации сильно различаются, тем самым влияя на конечные результаты; метод тепловизионного контроля дает только лишь средние значения температур отдельных элементов и т. д.

Однако появляются новые методы и постоянно совершенствуются уже известные.

Тепловизионный метод предполагает наличие тепловизора и компьютерной техники для обработки данных. Сложность метода заключается в выделении оборудованием тепла в процессе нормальной работы, однако он позволяет обнаруживать витковые замыкания в обмотках, скрытые обрывы, температуру контактных групп, системы охлаждения, шин заземления. В области тепловых расчетов применяется одномерный температурный контроль, решение уравнения теплообмена аналитическим методом, методы тепловых схем, структурирование термограмм. Особое внимание уделяется методам конечных элементов для расчета тепловых полей².

Для обнаружения дефектов неоднородности элементов СТ применяют различные методы неразрушающего контроля и метод проникающих веществ, которые позволяют обнаруживать внутренние трещины, непровары, расслоения, раковины, различные включения. Основным требованием данной группы методов является чистота обработки обследуемых поверхностей³.

² Хисматуллин, А.С. Эффективное охлаждение масляных трансформаторов Современные тенденции развития науки и технологий. – Белгород: Из-во «Индивидуальный предприниматель Ткачева Екатерина Петровна». 2015. № 1–2. С. 135–136.

³ Баширов, М.Г. Электротехнологические установки и электротехнические системы нефтегазового комплекса. Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». – М.: Институт управления образованием Российской академии образования. 2015. № 12. С. 113.

Метод измерения проводимости масла и влажности изоляции СТ, подразумевающий совершенствование абсорбционных методов с расчетом tg угла диэлектрических потерь, предложила швейцарская фирма АВВ. Он основан на подаче зондирующего сигнала на ввод обмотки и регистрации откликов с на сигнал с других обмоток⁴.

Для контроля состояния обмоток СТ на помощь к измерению сопротивления КЗ пришел метод импульсов низкого напряжения, основанный на подаче зондирующего импульса прямоугольного типа и фиксации осциллограмм обмоток. Далее проводится сопоставление полученных изображений с нормальными данными.

Для диагностики состояния обмоток и магнитопроводов СТ применяется метод анализа частотного отклика, позволяющий с помощью математических формул сравнить изначальные диагностические данные оборудование с текущими. Сравнение одновременных симметричных фаз обмоток – один из лучших способов при отсутствии данных о предыдущих характеристиках. Чувствительность отклика обусловлена тем, что частоты колебаний остро реагируют на изменение положений емкостных и индуктивных элементов оборудования.

Вибрационный метод подразумевает контроль мощности определенных компонент вибрации. Современные направления развития вибродиагностики – уменьшение количества точек за счет применения систем мониторинга постоянного действия либо увеличение периода между сбором данных путем применения мобильных систем анализа источников вибраций. Применение вибродиагностики на современном уровне позволяет кроме фиксации механических вибрации анализировать спектры колебаний, формы волн, углы фаз и т. д.

Для выявления негерметичности корпусов СТ и системы охлаждения также применяют метод течеискания, предполагающий использование жидкостей и газов для проникновения в дефектные области и определения размеров дефекта и степени герметичности. Работа силовых трансформаторов при сниженном уровне масле недопустима, поскольку ухудшается

⁴ Салиева, Л.М. Хроматографический метод оценки технического состояния силовых и масляных трансформаторов. Экологические системы и приборы. – М.: Научтехлитиздат. 2015. № 12. С. 35–41.

охлаждение, масло начинает ускоренно стареть, газовое реле может сработать и отключить СТ⁵.

Контроль состояния вводов и высоковольтной изоляции производится методом акустической локации частичных разрядов (ЧР) в условиях эксплуатации. Информация с датчиков, размещенных на объекте, посредством компьютерной программы позволяет обнаруживать место, вид, степень опасности дефектов и повреждений. ЧР регистрируются по трем каналам: акустическому, электромагнитному и электромагнитному, что позволяет с достаточно высокой точностью находить дефекты⁶.

Хроматографический анализ растворенных в масле газов (ХАРГ) позволяет определять концентрацию содержащихся газов, которые выделяются как в процессе нормального старения оборудования, так и при возникновении повреждений бумажной изоляции, замыкании на корпус, воздействии электрической дуги и другие. Эффективность и важность метода доказана возможностью обнаруживать большое количество проблем⁷.

Решением проблем диагностики состояния СТ может стать разработка комплексной автоматизированной системы диагностики для оперативного и своевременного обнаружения дефектов и повреждений на самой ранней стадии и установки их причин, оценки ресурса оборудования и необходимости ремонтных работ. Она должна помогать планировать сроки и объемы обслуживания оборудования по фактическому состоянию. Данная система должна соответствовать таким требованиям как универсальность и простота в использовании, минимальная погрешность и максимальная чувствительность измерений, однозначность результатов и возможность проведения диагностики в режиме эксплуатации. Своевременность и корректность диагностики технического состояния СТ позволит продлить их срок службы.

⁵ Баширов, М.Г. Электротехнологические установки и электротехнические системы нефтегазового комплекса. Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». – М.: Институт управления образованием Российской академии образования. 2015. № 12. С. 113.

⁶ Там же.

⁷ Прахов, И.В. Методы оценки технического состояния высоковольтного трансформатора. Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий. – Салават. – УДК 621.311 – 2016. С. 59–62.

**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