Ростовский государственный
университет путей сообщения

филиал РГУПС в г. Воронеж

ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

ТРУДЫ 1-й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Воронеж, 10 июня 2021 г.)

Воронеж – 2021

УДК 625.1, 629.01, 629.7

Редакционная коллегия:

Платонов А.А. – к.т.н., доцент
Спиридонов Е.Г. – д.т.н., профессор
Тимофеев А.И. – к.э.н., доцент

Перспективы транспортной отрасли: Труды 1-й международной научно-практической конференции – Воронеж: Филиал РГУПС в г. Воронеж, 2021. – 227 с.

Статьи публикуются в редакции авторов (с корректировкой и правкой). Мнения и позиции авторов не обязательно совпадают с мнениями и позициями редакционной коллегии

© Филиал РГУПС в г. Воронеж
© Кафедра социально-гуманитарные,
естественно-научные и
общепрофессиональные дисциплины

СОДЕРЖАНИЕ

Улучшение эксплуатационных характеристик подшипников качения в нестационарном режиме работы
Богатырева Ж.И., Хонин И.В., Лукошкин А.В. **7**

Применение многоканальных реле времени в учете наработки систем очистки и осушки газов средств наземного обеспечения общего применения государственной авиации
Водопьянов Ю.И., Чалый А.В., Коркищенко А.В. **11**

Элементы охраны труда при работах на инфраструктурных объектах транспорта
Богданова Л.Н. **16**

Вопросы и возможности информационного поиска перспективных конструкций беспилотных летательных аппаратов
Дустмуродов А.Х. **24**

Преобразование реверсивного трения в шарнирных соединениях манипуляторов ремонтной железнодорожной техники
Ермаков М.Ю., Серебрянский А.И. **30**

Перспективы создания мобильной углекислотно-добывающей станции
Желтоухов И.В., Шатунов Я.О., Наумов К.К., Фирсов О.Д. **33**

Баллоны для хранения и транспортирования сжатых и сжиженных газов из металлокомпозитных материалов
Игнатьев В.Г., Капков А.В., Хусам Альдин Язан **37**

Конструкции цифровых интерфейсов напольного оборудования учебного стенда
Кожевников А.А. **40**

Проблема модулярного аналого-цифрового преобразования
Кожевников А.А. **44**

Методы определения рационального месторасположения распределительного центра снабжения запасными частями
Крымов А.В., Кравцов В.В., Мирошниченко Е.А. **48**

Научно-исследовательская работа – как форма научной работы преподавателя высшего учебного заведения
Лазарев С.В., Баклкнева С.А., Лазарева Н.С. **51**

CALS-технологии – как форма информационно-логистической поддержки средств наземного обслуживания общего применения
Лазарев С.В., Дегтярев А.Н., Бакленева С.А., Лазарева Н.С. **60**

Перспективы развития авиационных систем кондиционирования воздуха
Ланин С.П. **69**

Автоматизация контроля зарядно-разрядных процессов в аккумуляторных батареях
Лебедев А.В., Ле Чунг Зунг **75**

Применение статических преобразователей с промежуточным звеном повышенной частоты в наземных средствах электроснабжения
Лыхин Н.Е., Ле Чунг Зунг, Чан Хыу Ту **80**

Автоматизация узла охлаждения пароэжекторной холодильной машины
Маслов В.А, Овчинников А.С., Саид Али **85**

Технология использования цеолитов при осушке газов, применяемых в авиации
Матвиец Д.А., Луканин А.А., Хакимов А.М-У. **89**

Оценка адекватности математической модели учебного имитатора технической системы
Мищенко М.В., Чередов А.А., Сархан Хикмет **92**

Перспективы промышленного использования установок активации процессов с вращающимся электромагнитным полем
Мищенко М.В., Чередов А.А., Фелисиану Саламу **97**

Газификаторы криогенных жидкостей
Овчаров В.Г., Николашин В.В., Худойбердыев И.Ш. **102**

Вариативность технологических процессов удаления нежелательной растительности по территориям линейных инфраструктурных объектов
Платонов А.А. **106**

Измельчители и кусторезы – как технические средства удаления нежелательной поросли на линейных инфраструктурных объектах
Платонов А.А. **113**

Комплекс выводов и рекомендаций по результатам исследования информационного наполнения конкурсных заявок по удалению нежелательной растительности с территории инфраструктурных объектов
Платонов А.А. **121**

Навесные мульчеры – как средства механизации удаления нежелательной поросли в охранных зонах транспортных инфраструктур
Платонов А.А. **128**

Роль и предназначение тепловых насосов
Попов А.Н., Мокшин Д.А., Эргашев С.С. **135**

Анализ влияния различных параметров на свойства биокомпозитов для вагоностроения
Сафонов А.О., Бондарев А.Е. **139**

Обоснование выбора антифрикционного материала для узлов трения железнодорожного подвижного состава
Серебрянский А.И., Богатырева Ж.И., Ермаков М.Ю. **145**

Использование хладагентов и их смесей в специальных системах жизнеобеспечения
Скрипкин В.В., Маслов В.А., Бунин Р.П. **152**

Особенности обеспечения эксплуатационной надежности подвижного состава
Сливенко С.В. **158**

Верификация гидравлического сопротивления тарелок ректификационной колонны газодобывающей станции на азотном режиме
Слюсарев М.И., Пузыревич В.И., Хомич П.А. **166**

Анализ систем диагностирования и контроля работоспособности современных электроагрегатов
Смыр Р.Р., Зобов П.В., Тади Марк Ян Крис Роди **170**

Адекватное эффективное описание образов множества регулярных объектов электротехнического оборудования
Спиридонов Е.Г., Рясков Н.Н., Рыжков А.А. **174**

Подтверждение достоверности технических и функциональных характеристик заявленных изготовителями средств измерений
Спиридонов Е.Г., Золоторев Е.В., Лещенко М.Н. **178**

Построение управляющих автоматов при проектирование систем логического управления
Спиридонов Е.Г., Рясков Н.Н., Рыжков А.А. **183**

Решение задачи разработки новых программ контроля бортового электрооборудования
Спиридонов Е.Г., Золоторев Е.В., Турко Е.Е. **186**

Решение задачи установления отношений между изображениями, полученными в идеальных условиях и реальными изображениями
Спиридонов Е.Г., Рясков Н.Н., Черных М.А. **189**

Уровни подготовки и структура производства электротехнического оборудования
Спиридонов Е.Г., Лазарев С.В., Лоскутов М.Н. **194**

Эффективность процесса производства и качество подготовки исходных данных для проведения тестирования
Спиридонов Е.Г., Канишев А.С., Лоскутов М.Н. **199**

Языки алгоритмизации в системах логического управления для организации оценивания состояния объектов контроля
Спиридонов Е.Г., Золоторев Е.В., Лещенко М.Н. **205**

Анализ систем автоматизированного проектирования, применяемых при создании блочно-модульных средств
Хлупин М.Д., Виноградов Н.П. **211**

Контроллеры управления, применяемые в импульсных источниках электропитания
Ходунов И.В., Зобов П.В., Самукомби Нироде Мартиннеш **216**

Линия производства биодизельного топлива
Шевцов А.А., Ткач В.В., Сердюкова Н.А. **223**

УДК 621.81

Улучшение эксплуатационных характеристик подшипников качения в нестационарном режиме работы

Богатырева Ж.И., Хонин И.В., Лукошкин А.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: В статье рассматривается вопрос выявления наиболее частых причин выхода подшипников из строя, приводятся рекомендации по повышению эффективности их контроля и уменьшению количества отказов.

Abstract: The article discusses the issue of identifying the most common causes of bearing failure, provides recommendations for improving the efficiency of their control and reducing the number of failures.

Ключевые слова: железная дорога, транспортное средство, подшипник, износ, отказы, смазка.

Keywords: railway, vehicle, bearing, wear, failure reasons, lubrication.

Железнодорожная промышленность предъявляет строгие требования к используемым деталям: надежность, энергоэффективность, работа в сложных условиях, малый вес, большой ресурс, длительная работа без технического обслуживания. При этом железнодорожные подшипники, применяемые в тяговых электродвигателях, трансмиссиях и колесных парах железнодорожного транспорта [4], имеют ряд особенностей: цилиндрические/конические тела качения (могут выдерживать более высокую нагрузку, чем шариковые); сырьем для них служит высококачественная закаленная сталь; надежность в работе при тяжелых эксплуатационных условиях (высокий момент сопротивления).

Каждая деталь подшипника должна бесперебойно функционировать и отработать свой ресурс. Вследствие того, что рабочие условия редко бывают идеальными, подшипники (в том числе - железнодорожные) редко реализуют свои потенциальные возможности с точки зрения ресурса [2, 3].

Надежность у таких подшипников имеет первоочередное значение. С учётом этого фактора Комиссия по вагонному хозяйству Совета СНГ, объединяющая железнодорожные администрации с «российской» шириной колеи (1520 мм), и Комиссия по безопасности движения в сентябре 2019 г. поддержали обязательную замену подшипников с 2021 года на всех вагонах РФ, проходящих капитальный ремонт с заменой колес, с роликовых на кассетные (рис. 1) [7].

Целью исследования являлось выявление проблем, приводящих к износу подшипников и, как следствие, всего узла, с предложением способа решения данных проблем.

Срок службы подшипников качения зависит от множества факторов, каждый из которых способен привести к преждевременному износу подшипника.

Обобщая данные литературных источников [5, 6], нами была построена диаграмма, представленная на рис. 2.

Рисунок 1 – Железнодорожные подшипники
а) роликовый; б) кассетный

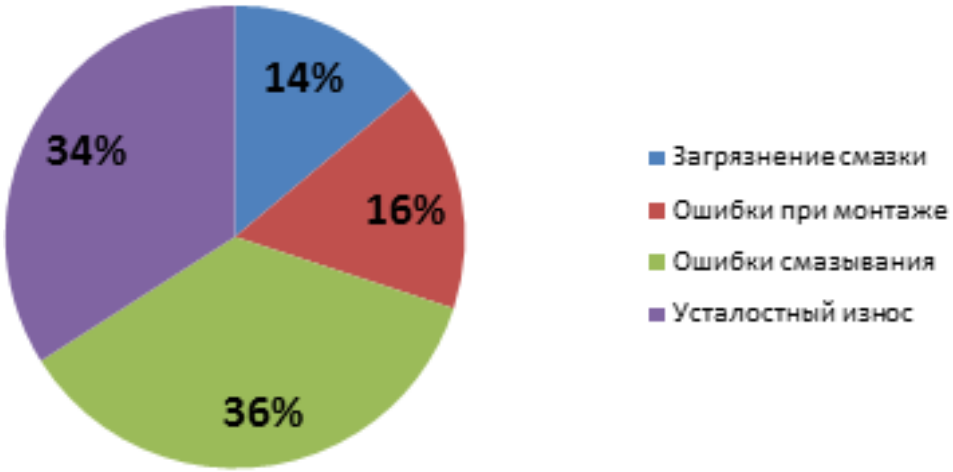


Рисунок 2 – Причины преждевременного выхода подшипников из строя

В ней наглядно показано, что наиболее частыми причинами выхода подшипников из строя являются причины, связанные со смазыванием подшипников - недостаточным или избыточным смазыванием, неверным подбором смазки, загрязнением смазки в процессе эксплуатации и т.д.

Основная цель смазки подшипников качения состоит в том, чтобы избежать контакта сталь-сталь, уменьшить трение между поверхностями контакта тел и дорожек качения [1].

Дополнительные функции смазки: отвод тепла от подшипника, удаление твердых частиц износа и загрязнений с поверхностей контакта качения, защита от коррозии, усиление эффекта уплотнений подшипника. Смазка имеет решающее значение для срока службы подшипников. В промышленном применении существует два основных типа смазочных материалов: пластичная смазка (до 90%) и масло. В отдельных случаях используется антифрикционное заполнение сухими, твердыми смазками. Выбор оптимальной смазки зависит от рабочей нагрузки, скорости и температуры.

Причинами неправильного смазывания подшипников могут быть:

1. Недостаточное или избыточное смазывание.

Количество используемой смазки будет зависеть от многих факторов, касающихся габаритных и геометрических параметров корпуса, ограничений по пространству, рабочей скорости подшипника и типа смазки. Как правило, под-

шипники качения и их корпуса должны заполняться от 30 до 60% их общей вместимости. Избыточное смазывание ведет к повышению рабочей температуры, размягчению смазки и возможному появлению локальной утечки. Недостаточное смазывание приводит к абразивному износу деталей, что ведет к выходу подшипника из строя. С течением времени смазка теряет свои свойства, поэтому необходимо контролировать ее количество и вовремя обновлять. Интервал повторного смазывания зависит от типа подшипника, габаритных параметров, рабочей скорости и температуры.

2. Неподходящая смазка – это смазка, которая не содержит нужных присадок, не имеет надлежащей вязкости или может быть не предназначена для использования в данных условиях применения или в диапазоне температур.

Чтобы образовывать достаточную смазочную пленку между поверхностями контакта качения, смазка должна сохранять определенную минимальную вязкость при рабочей температуре. Если вязкость слишком низкая, не образуется достаточная масляная пленка на поверхностях контакта тел и дорожек качения, из-за чего в подшипнике могут возникнуть повреждения. Напротив, когда вязкость слишком высокая, вязкостное сопротивление будет большим, и температура в подшипниковом узле будет повышаться из-за проскальзывания тел качения и трения.

Загрязнение от воды, химикатов и частиц особенно вредно для подшипников качения и составляет 14% преждевременных отказов. Твердые частицы в смазке могут образовывать микротрещины на дорожке качения, что приводит к возникновению локальных напряжений и сокращению срока службы подшипника. Сокращение срока службы, вызванное твердыми частицами в смазочной пленке, зависит от:

- типа, размера, твердости и количества частиц;
- толщины смазочной пленки;
- размера и типа подшипника.

Сгладить воздействие частиц позволяет использование эффективных противозадирных присадок. Проблем с загрязнением подшипников можно легко избежать, если бережно эксплуатировать и надлежащим образом проводить техническое обслуживание узла, систем уплотнения и смазки.

Чаще всего проблемы со смазыванием возникают из-за отсутствия планового контроля за состоянием и количеством смазки, увеличенного интервала повторного смазывания, или из-за неисправности системы смазывания.

Таким образом, наиболее распространенными причинами повреждения подшипников являются ошибки смазывания, монтажа, загрязнение смазки и усталостный износ. Также необходимо внимательно относиться к правильному выбору подшипника. Можно существенно продлить срок службы подшипников, контролируя рабочее состояние оборудования, измеряя температуру и вибрацию подшипникового узла. Своевременное техническое обслуживание и вибродиагностика позволяют значительно сократить количество отказов, а так же снизить расходы на простои и внеплановый ремонт.

Для определения причин выхода из строя подшипников необходимо проводить:

• визуальный осмотр поврежденного подшипника и сопряжённых с узлом деталей;

• анализ смазывающего материала;

• анализ состояния (геометрии) корпуса и шеек вала;

• анализ возможных причин преждевременного отказа, нарушений технологического режима.

Библиографический список

1. Богатырева Ж.И. Методика определения износостойкости манжетных уплотнений валов автомобильного транспорта / Ж.И. Богатырева, А.И. Серебрянский, И.Ю. Верхогляд // Актуальные проблемы науки и образования на современном этапе. Сборник статей научно-практической конференции с международным участием 06-07 июня 2019 г. – Воронеж: Институт экономики и права, 2019. – С. 30-34.
2. Богатырева Ж.И. Методика определения эксплуатационных показателей в узлах трения манипуляторного технологического оборудования специальной авиационной техники / Ж.И. Богатырева, А.И. Серебрянский, А.С. Кубарев // Актуальные проблемы науки и образования на современном этапе. Сборник статей научно-практической конференции с международным участием 06-07 июня 2019 г. – Воронеж: Институт экономики и права, 2019. – С. 35-38.
3. Богатырева Ж.И. Улучшение эксплуатационных показателей цилиндрических пар трения за счет расчета параметров рабочей меры / Ж.И. Богатырева, А.И. Серебрянский, И.А. Вепрев // Актуальные проблемы науки и образования на современном этапе. Сборник статей научно-практической конференции с международным участием 06-07 июня 2019 г. – Воронеж: Институт экономики и права, 2019. – С.39-41.
4. Галиев И.И. Совершенствование системы ремонта локомотива и анализ статистических данных по отказам роликовых подшипников качения тяговых электрических двигателей / И.И. Галиев, В.В. Хренов // В сборнике: Повышение динамических качеств подвижного состава и поезда в условиях Сибирского региона. Межвузовский тематический сборник научных трудов. Омск, 1998. С. 6-11.
5. Звонарев С.Л. О возможных причинах отказов подшипников качения / С.Л. Звонарев, А.И. Зубко // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2012. № 3-3 (34). С. 16-22.
6. Сидоров В.А. Нарушение смазывания, как причина отказа подшипников качения / В.А. Сидоров // Вибрация машин: измерение, снижение, защита. 2011. № 3. С. 49-59.
7. Скорлыгина Н.С. Протест в России против замены буксовых роликовых железнодорожных подшипников на кассетные подшипники / Н.С. Скорлыгина // Коммерсантъ. – 2019. – №171. – С. 8

УДК 629.73

Применение многоканальных реле времени в учете наработки систем очистки и осушки газов средств наземного обеспечения общего применения государственной авиации

Водопьянов Ю.И., Чалый А.В., Коркищенко А.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. Универсальное цифровое двухканальное реле времени предназначено для коммутации с установленными периодами времени цепи различных токов в схемах регулирования и автоматизации. Использование включает в себя установка датчиков давления и двух- канального реле времени, позволит вести независимый электронный учет времени работы осушителя воздухозаправщика и регенерации баллона компрессорной станции, произвести сигнализацию о необходимости своевременного проведения регенерации баллона и замене осушителя.

Annotation. The universal digital two-channel time relay is designed for switching with set time periods of the circuit of various currents in control and automation circuits. The use includes the installation of pressure sensors and a two-channel time relay, which will allow you to keep an independent electronic record of the operating time of the dehumidifier of the air tanker and the regeneration of the cylinder of the compressor station, to signal the need for timely regeneration of the cylinder and replacement of the dehumidifier.

Ключевые слова: средства наземного обеспечения общего применения, универсальное цифровое двухканальное реле времени.

Keywords: general-purpose ground support equipment, universal digital two-channel time relay.

В существующих средствах наземного обеспечения общего применения (СНООП) нет устройств, позволяющие вести учет и контроль наработки систем очистки и осушки газов в постоянном режиме. Подобный учет ведется вручную в журналах учета работы специальных установок, что вызывает подчас ошибки, приводящие к нарушениям в эксплуатации и техническом обслуживании СНООП.

Решить проблему возможно применив отечественное цифровое двухканальное реле времени ЭРКОН-224 или подобное ему.

Реле времени двухканальное может применяться в:

– газовой, химической, нефтехимической промышленности;

– лабораторных исследованиях и пр.

Универсальное цифровое двухканальное реле времени коммутирует с установленными периодами времени цепи различных токов в схемах регулирования и автоматизации. Каждый канал реле времени может функционировать в соответствии с одной из заложенных временных диаграмм, что позволяет ис-

пользовать одно реле вместо нескольких. Параметры диаграмм задаются независимо для каждого канала и сохраняются.

Каналы реле имеют группу контактов на переключение, индикацию и пр.

Каналы могут работать как в независимом, так и зависимом режимах работы. В зависимом режиме работы один канал может управлять запуском временной диаграммы другого канала, что позволяет с помощью реле времени реализовывать различные временные диаграммы в выходных устройствах. В нашем случае - учет и контроль наработки систем очистки и осушки газов СНООП в постоянном режиме эксплуатации.

Функциональные возможности реле времени включают в себя:

– формирование временных интервалов и замыкание/размыкание выходных реле. Например, циклическая временная диаграмма №3, рис. 1, где цикл отчетности и коммутации начинается с паузы. Запуск временной – диаграммы СИГНАЛА УПРАВЛЕНИЯ. Во время исполнения программы изменение СИГНАЛА УПРАВЛЕНИЯ значения не имеет.

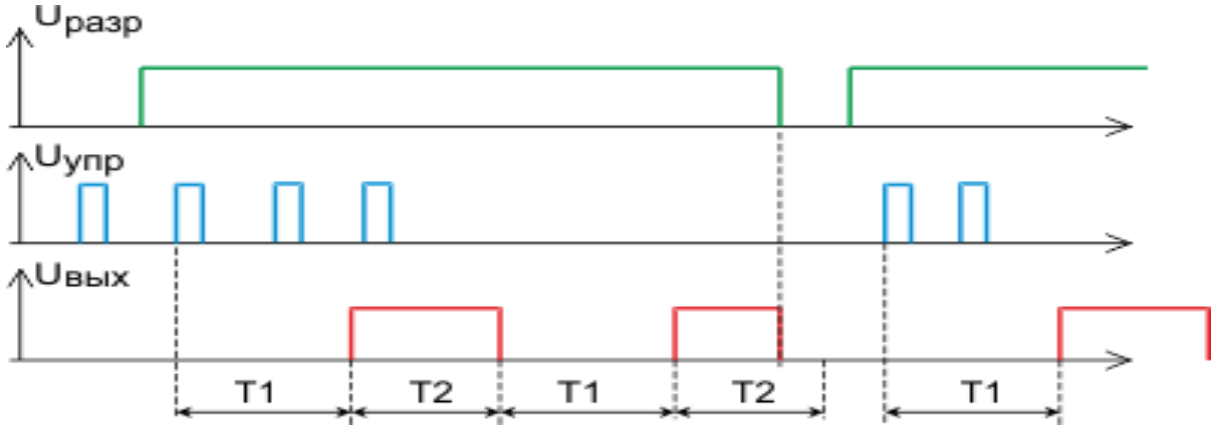


Рисунок 1 – Циклическая временная диаграмма №3

– установка параметров и их диапазонов;

– индикация работы выходных устройств с реле;

– индикация отсчета временных интервалов в режимах отсчёта работы;

– сохранение параметров реле при отключении напряжения питания;

– программный выбор циклов временной диаграммы (одной или нескольких) из возможных одиннадцати вариантов;

– два однотипных канала с возможностью зависимого и независимого режимов работы.

Функциональная блок-схема реле времени представлена на рис. 2.

Реле времени состоит из:

– источника питания БП, программируемого контроллера (Таймер 1 и 2);

– устройства управления и индикации;

– клавиатуры;

– выходных устройств, предназначенных для включения-выключения нагрузок.

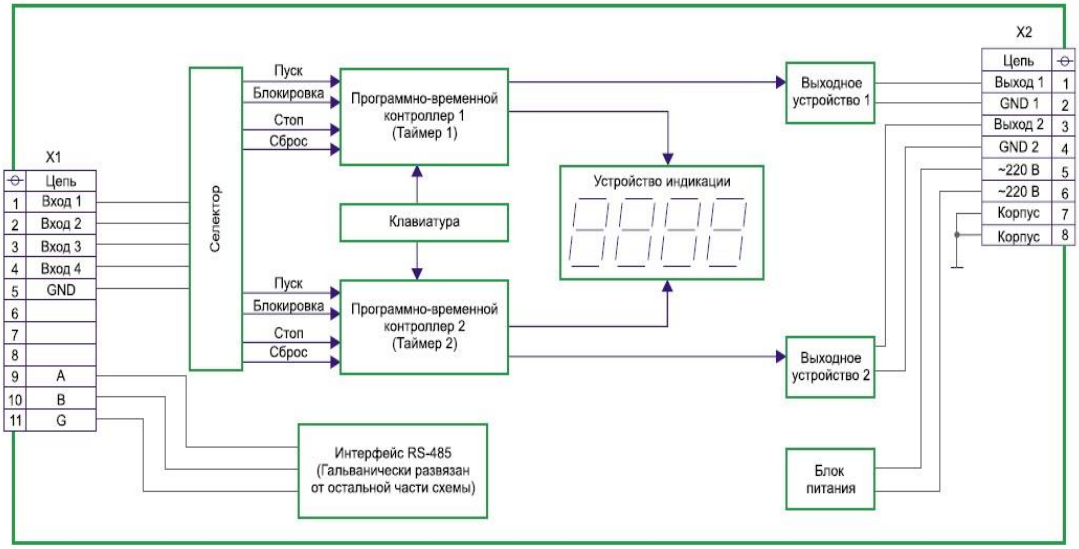


Рисунок 2 – Функциональная блок-схема реле времени

Преимуществами двухканальных реле времени являются:

– возможность полноценной замены нескольких автоматических коммутирующих устройств, благодаря многоканальному исполнению и одиннадцати циклических временных диаграмм;

– широкая сфера применения устройства;

– высокая надежность и простота в использовании.

По классификации ГОСТ реле времени относятся:

– по числу выходных цепей с независимыми установками выдержек времени – двухканальным реле;

– по регулировке установок времени и их величин – ступенчатая регулировка и шкала;

– по месту расположения регуляторов– регулирование параметров времени на наружной поверхности изделия;

По способу монтажа и присоединения коммутирующих проводов:

– с задним подключением проводов;

– по виду входной воздействующей величины – к управляемым, замыканием или размыканием входной цепи при предварительно поданном напряжении питания, рис. 3;

– по виду функциональной части реле – к реле с контактным выходом.

Представленные реле времени, предназначенные для работы в различных системах локальной автоматизации, легко встраиваются в различные системы управления, рис. 4, СНООП.

Применение изделия предложено в Военном учебно-научном центре военно-воздушных сил «Военно-Воздушная академии имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» при доработке СНООП, таких как унифицированная компрессорная станция УКС-400В-П4 и воздухозаправщикВЗ-20/350.

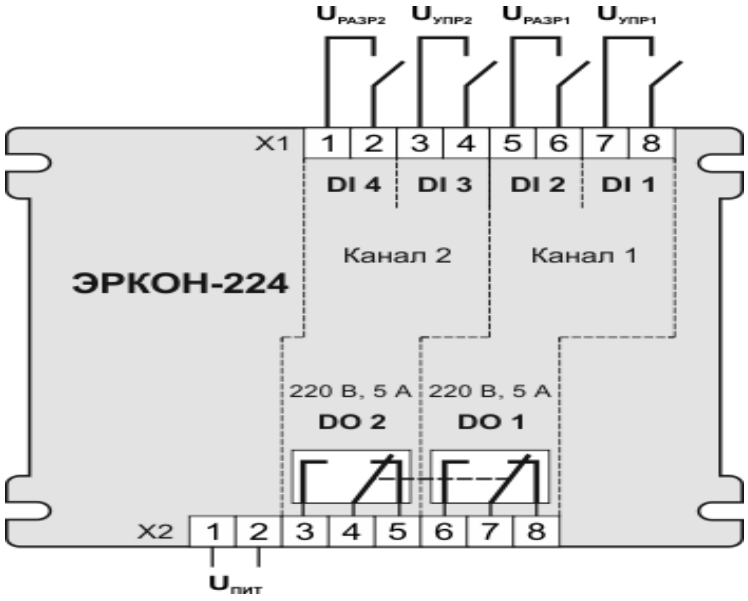


Рисунок 3 – Схема подключения нагрузок и исполнительных элементов реле.

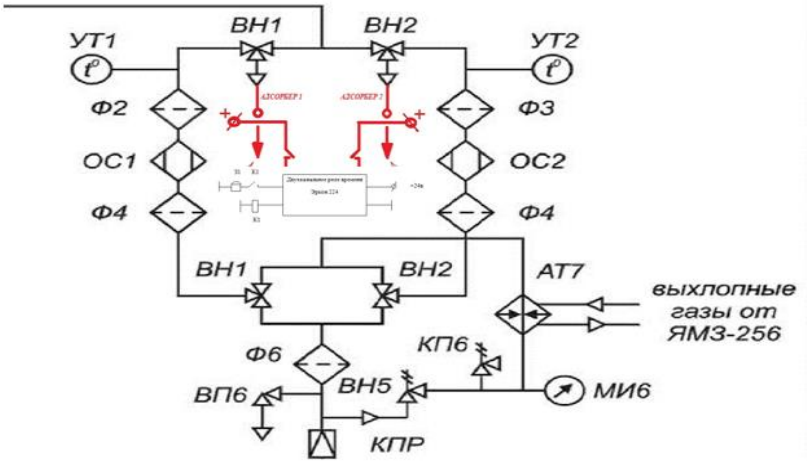


Рисунок 4 – Комбинированная схема подключения реле времени в блоке осушки УКС-400В-П4

Использование ЭРКОН-224 осуществлено доработкой воздушных трубопроводов линии зарядки ВЗ-20/350 и коммуникаций блока осушки УКС-400В-П4. Доработка включает в себя установка датчиков давления и двух- канального реле времени, рисунок 5,6, что позволит вести независимый электронный учет времени работы осушителя ВЗ-20/350 и регенерации баллона УКС-400В-П4, произвести сигнализацию о необходимости своевременного проведения регенерации баллона осушителя унифицированной компрессорной станции УКС-400В-П4 и замене осушителя воздухозаправщика ВЗ- 20/350. Данный контроль важен для поддержания кондиционных параметров газов при их добыче и зарядке воздушных судов, безаварийной эксплуатации.

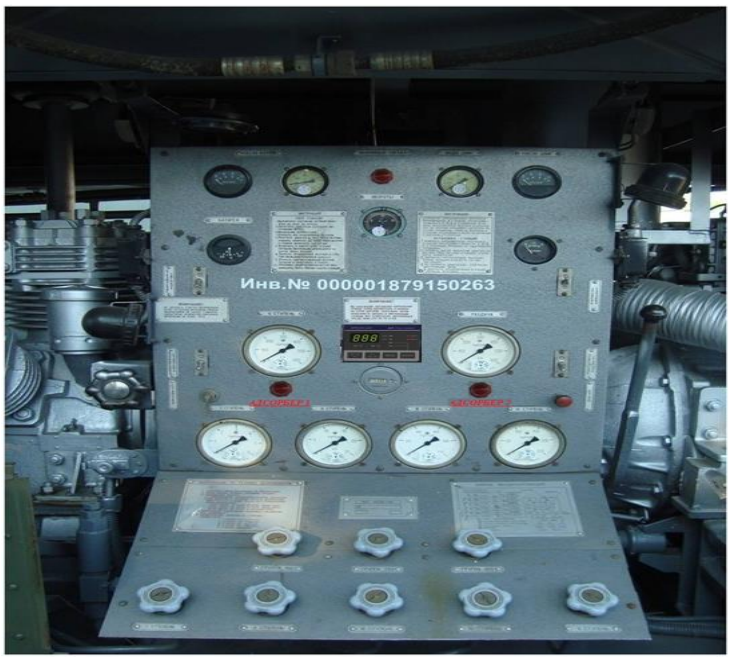


Рисунок 5 – Размещение реле времени на щите управления УКС-400В-П4

Рисунок 6 – Размещение реле времени на щите управления ВЗ-20/350

Библиографический список

1. Малафеев Р.С. Основы автоматики и системы автоматического управления / Р.С. Малафеев. – М: Академия, 2010. – 200 с.
2. Средства зарядки летательных аппаратов сжатыми газами. Часть II. Воздухозаправщики: Учебное пособие / Ю.И. Корольков, С.П. Ланин и др. – Воронеж: ВВАИУ, 1993. – 114 с.
3.Средства обеспечения газами. Узлы и агрегаты средств заправки газами: Учебно-методическое пособие / Е.Г. Спиридонов, В.А. Маслов, П.И. Папилин и др. – Воронеж: ВВАИУ, 2010. – 82 с.

УДК 629.73

Элементы охраны труда при работах на инфраструктурных объектах транспорта

Богданова Л.Н.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: При выполнении работ в полосе отвода железных дорог актуальной продолжает оставаться проблема защиты работников от несанкционированного на них воздействия машин, механизмов и оборудования. В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности предупреждения возникновения несчастных случаев на объектах транспорта путем применения системы индивидуального предупреждения работников.

Abstract: When performing work in the right-of-way of railways, the problem of protecting workers from unauthorized impact of machines, mechanisms and equipment continues to be relevant. The article discusses the issues of increasing the efficiency of preventing accidents at transport facilities by using an individual warning system for workers.

Ключевые слова: инфраструктура, объект, техническое средство, безопасность, предупреждение.

Keywords: infrastructure, object, technical means, safety, warning.

При выполнении работ на целом ряде инфраструктурных объектов (таких, как трассы ВЛ, охранные зоны нефтепроводов и газопроводов, а также автомобильных и железных дорог; рис. 1) одной из актуальных продолжает оставаться проблема защиты работников от непреднамеренного воздействия работающих (в том числе, задействованных в выполняемых на вышеуказанных объектах тех или иных технологических процессах) машин и оборудования [2].

В целом, существующие и вновь принимаемые меры безопасности на объектах транспорта (в том числе, железнодорожного) основаны на предыдущих знаниях и опыте [1, 3]. В частности, одним из традиционных методов защиты работников в части охраны их труда является физическая изоляция работников от опасной машины/механизма. Так, для рабочих мест рядом или в полосе отвода железной дороги надежно предотвращает возможные риски возникновения несчастных случаев применение таких твердых преград, как заборы, предотвращающие даже непреднамеренный вход сотрудника из рабочей группы в опасную зону (рис. 2, а). При этом если одним из основополагающих критериев защиты работников является ещё и критерий допустимого уровня звукового давления, исходящего от работающих машин, а также окружающий шум (например, соседняя автомагистраль или проезжающие поезда), то такие традиционные меры могут быть эффективны и в этом случае (рис. 2, б).

Рисунок 1 – Работы в охранных зонах объектов транспорта

а) б)

Рисунок 2 – Ограждения вдоль железных дорог

Ввиду выполняемого работниками их основного технологического процесса и нежелательности их отвлечения от осуществляемых функций одним из способов (кроме вышерассмотренного) предупреждения людей о возможной грозящей им опасности (например, передвижение рельсовых или безрельсовых транспортных средств в зоне выполнения работ) является подача предупреждающего сигнала. Однако особенностями психологического восприятия работниками такого сигнала является следующее: чтобы безопасно воспринимать предупреждающий сигнал как таковой, сотрудники, «отвлечённые» на свою основную деятельность, воспринимают предупредительный сигнал фактически только «случайно» [9]. При этом планирование звукового предупреждения должно включать учёт акустических законов (снижение уровня звукового давления с увеличением расстояния до источника шума).

Тем не менее, подача такого предупреждающего сигнала является жизненно необходимой мерой предупреждения возникновения несчастных случаев на объектах транспорта (в том числе, железнодорожного).

Особой проблемой с обеспечением подбора и реализации услуг безопасности в зоне тех или иных транспортных объектов являются так называемые «блуждающие» и временно ограниченные рабочие места. К таким рабочим местам и соответствующим технологическим процессам без сомнения относятся работы по удалению нежелательной растительности в зоне и на периферии площади транспортного объекта [5, 6]. Здесь, в отличие например от постоянной строительной площадки, рабочее место сотрудника непрерывно смещается в пространстве относительно стабильно неподвижного того или иного элемента объекта транспорта (в частности – рельсошпальной решётки). При этом предупреждение означает максимально возможное ответную реакцию перемещающегося по территории работника, а существующие и распространённые в настоящее время способы подачи предупреждающего сигнала через системы радиопередачи обладают давно известными техническими, практическими и экономическими ограничениями. При этом следует отметить, что перемещения работника (например – самоходного мульчера или трактора с мульчирующей навеской при удалении нежелательной растительности [7]; рис. 3) обычно так велики, что сборка / разборка твердого барьера (забора), не связанного с безопасностью по отношению к реальной деятельности, занимает слишком много времени, материальных и денежных средств, а также требует привлечения дополнительной рабочей силы.

Рисунок 3 - Примеры нестационарных рабочих мест
вдоль полосы отвода железных дорог

С учётом вышеизложенного, специально для работников с мало определённым в пространстве рабочим местом было разработано иное техническое решение, не связанное с ограничением их перемещения, но обладающее качественно иными предупреждающими характеристиками.

Проводимые в последние годы исследования и предлагаемые разработки нередко представляют собой системы, в которых используются комплекс зву-

ковых предупреждающих сигналов, световых визуальных напоминаний и целевых голосовых объявлений, при этом целевым назначением этих систем является индивидуальное предупреждение отдельных лиц [4, 8].

При разработке и реализации таких систем в целом ряде случаев учитывают следующие моменты:

- система предупреждения должна соответствовать высокому уровню безопасности из-за повышенной опасности, исходящей от движущихся рельсовых транспортных средств;

- для обеспечения необходимого наблюдения за работниками, подлежащими предупреждению, система предупреждения должна постоянно основываться на двунаправленной радиосвязи. Согласно текущему уровню знаний, это единственный способ гарантировать технически безопасный мониторинг системы;

- кабельные соединения на индивидуальном генераторе предупреждающих сигналов не должны ограничивать свободу передвижения людей;

- должны присутствовать минимум два сенсорных канала для аудио/видео связи;

- система должна выдерживать образующуюся естественную влагу в органах слуха работника;

- средства защиты органов слуха должны соответствовать требованиям по слышимости сигналов на трассе с электротехническими установками;

- необходимо убедиться, что все люди, работающие на рабочем месте, могут быть предупреждены системой предупреждения.

- общая система предупреждения должна позволять отдельным людям временно выходить из данной системы;

- информация о состоянии отдельных радиоприемников должна быть доступна в центре управления системой предупреждения.

Как отмечается в [9] подобная система персонального оповещения была протестирована на различных этапах её разработки на соответствующих работах в полосе отвода немецких железных дорог. Следует отметить, что работники подтвердили, что с этой разработкой предупреждающий сигнал об опасности всегда был слышен, в том числе с постоянной громкостью. Органы по стандартизации, а также пользователи однозначно расценили использование системы как повышение персональной безопасности работников железных дорог (рис. 4).

Система индивидуального предупреждения для работ по удалению нежелательной растительности была доработана на основе результатов первого испытания, а также требований охраны труда и техники безопасности для безопасного использования и подверглась различным другим испытаниям. При этом совместно с представителями немецких железных дорог были составлены соответствующие технические спецификации системы, эксплуатационные спецификации, а также разработаны условия эксплуатации, которые должны скоординировано соблюдаться при использовании данной системы.

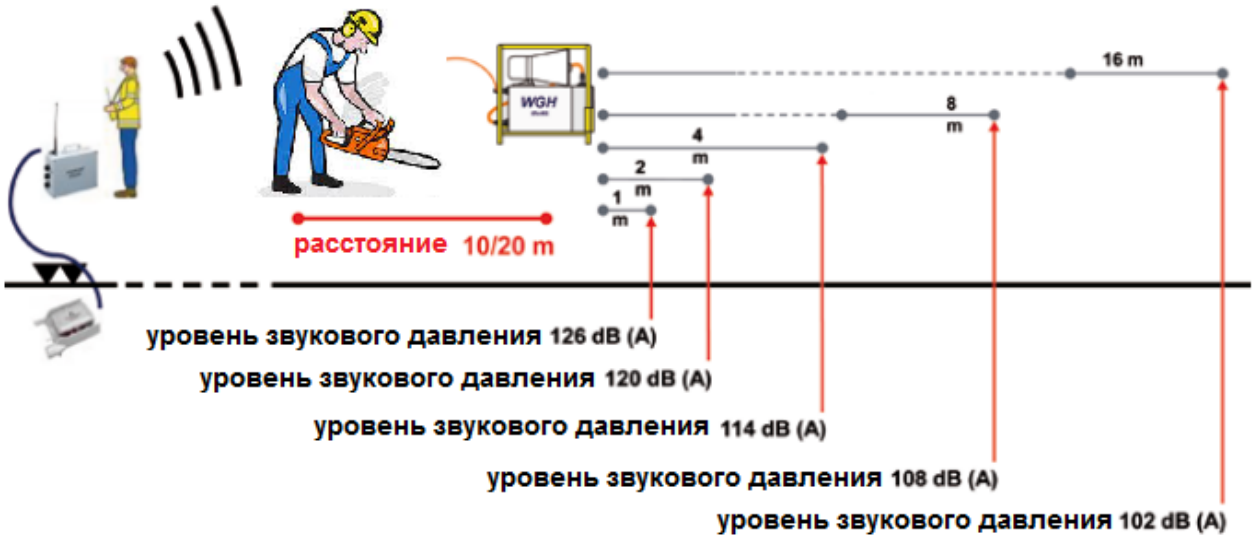


Рисунок 4 – Снижение уровня звукового давления при работе в зоне железной дороги

С момента первых испытаний были получены следующие их результаты от работников железных дорог:

- использование системы индивидуального предупреждения не приводило к дезориентации работников относительно выполняемых ими работ;

- предупреждающий сигнал подавался в персональном сигнальном устройстве с уровнем звукового давления 90 дБ внутри средств защиты органов слуха, что ниже болевого порога срабатывания, и поэтому был безвредным. Таким образом, с точки зрения технической безопасности труда никаких дополнительных мер не требовалось, а другими уровнями шума можно было пренебречь.

- всегда можно было безопасно воспринимать предупреждающие сигналы.

Результатом всех этапов разработки, исследований и испытаний явилась Система индивидуального предупреждения для работ по удалению нежелательной растительности, которая состоит в целом из следующих компонентов:

1. Радиоприемник

В зависимости от типа использования «Индивидуальный приемник» может быть помещен в сумку для прикрепления к ремню безопасности, например, при использовании кусторeза, поскольку оператор кусторeза всегда носит его, или при использовании бензопилы на специальном приспособлении для её переноски. Ремень для переноски не мешает и не беспокоит сотрудников и, таким образом, способствует их повышению безопасности их работы (рис. 5).

Особое внимание было уделено тому, чтобы прокладка кабеля к средствам защиты органов слуха от радиоприемника не ограничивала в максимально возможной степени возможности работника выполнять его профессиональные обязанности.

2. Генератор предупреждающих сигналов.

Звуковой предупреждающий сигнал генерируется средствами защиты органов слуха и является частью средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Рисунок 5 – Индивидуальный приемник при работах бензопилой во время испытаний

Это означает, что работник не обременен каким-либо дополнительным устройством на его шлеме и комбинацией средств защиты слуха.

Интегрированный контроль переноски гарантирует, что оператор центра управления, который также может выполнять функцию наблюдения за безопасностью, будет немедленно проинформирован, например, о непреднамеренном или несанкционированном приближении работника к опасной зоне. В тоже время работник может запросить перерыв в работе у оператора центра управления, нажав кнопку управления на наушниках.

3. Центральный штаб

Штаб радиогруппы оснащен двумя резервными громкоговорителями и двумя оптическими передатчиками сигналов и получает всю информацию об отдельных передатчиках предупреждений, интегрированных в радиогруппу, посредством оптических и акустических сигналов. При необходимости штаб организует желаемые для работника на линии перерывы в работе, информирует его о качестве и статусе заряда приемника, а также предоставляет визуальную и акустическую информацию о предстоящих перемещениях.

4. Модуль обнаружения движения транспортных средств

Для обнаружения движения транспортных средств (в том числе, поездов) используются стационарные или мобильные передатчики традиционной мобильной системы радиопредупреждения. Движение обнаруживается либо с помощью детектора поезда, который устанавливается на пути и сигнал от которого передается через передатчик, либо передатчик переносится охранником и запускается вручную (рис. 6).

Тестирование системы индивидуального предупреждения для работ по удалению нежелательной растительности (рис. 7) выявило следующее:

- персонал, занимающийся соответствующими работами, оценил удобство ношения приемника в среднем от «хорошо» до «очень хорошо»;

- сотрудники при выполнении работ ощутили себя в большей безопасности, чем раньше;

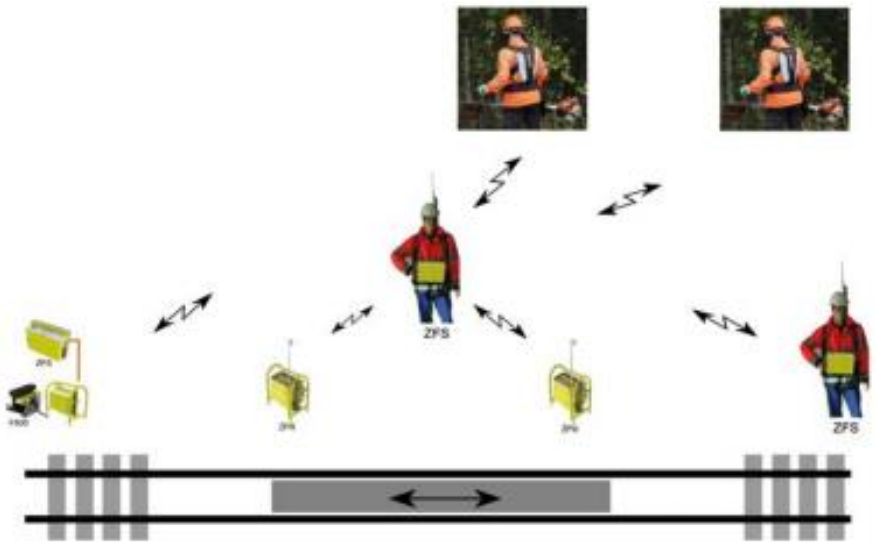


Рисунок 6 – Система со стационарной и мобильной точками предупреждения

- центральный блок системы иногда воспринимался как слишком тяжелый, хотя его вес соответствовал заявленной спецификации;
- визуальные оповещения воспринималась иногда как слишком яркие, но оптика должна быть хорошо различима даже при ярком солнечном свете;
- необходимы были усовершенствования прокладки кабелей и средств защиты органов слуха;
- уровень звукового давления предупреждающего сигнала составлял 90 дБ и воспринимался всегда надежно;
- дополнительный вывод голоса в средствах защиты органов слуха, который не имел отношения к безопасности, иногда воспринимался как слишком тихий, так как во время тестов работа с выводом сигнала не всегда прекращалась, и рабочий шум, таким образом, перекрывал вывод голоса.

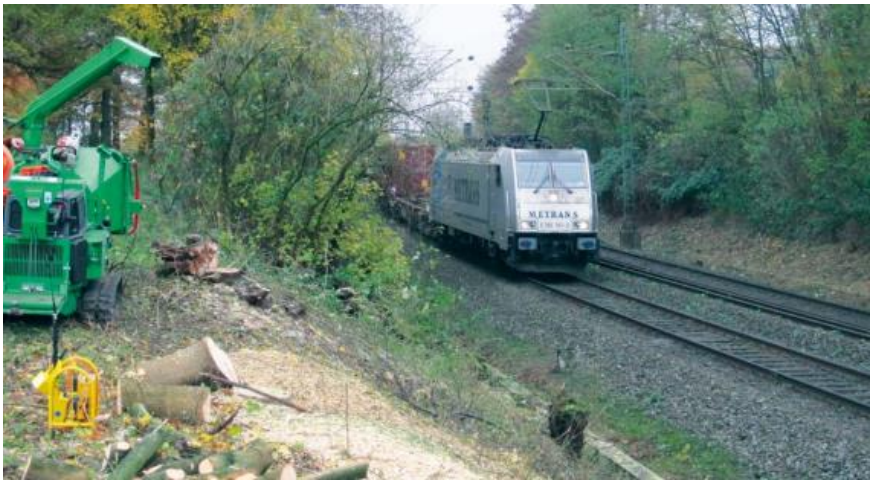


Рисунок 7 – Испытания системы звукового предупреждения работников

С учетом вышеизложенного, можно сделать следующий вывод.

Системы звукового предупреждения работников по удалению нежелательной растительности предыдущего поколения в последние годы нуждались в улучшении, поскольку нельзя было полностью гарантировать, что предупре-

ждающие сигналы могут быть безопасно и своевременно восприняты предназначенным лицам. В качестве недостатков таких систем следует подчеркнуть постоянную работу генератора акустических коллективных предупреждающих сигналов.

Благодаря новой системе индивидуального предупреждения для работ по удалению нежелательной растительности предупреждающий сигнал подается оптимально и с постоянной громкостью непосредственно на ухо предупреждаемого человека, при этом восприятие передаваемого сигнала значительно улучшилось. Кроме того, система вносит свой вклад в защиту окружающей среды и снижение шума на рабочих местах, так как обычно нет необходимости в коллективных передатчиках акустических предупреждающих сигналов.

Библиографический список

1. Власов П.К. Вопросы охраны труда в производственном процессе железных дорог / П.К. Власов // Наука и образование транспорту. 2013. № 1. С. 257-258.
2. Волкова С.А. Предупреждение рисков и обеспечение безопасности на железных дорогах / С.А. Волкова // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2012. № 5. С. 55-58.
3. Козлова С.И. Состояние условий и охраны труда в структурных подразделениях Восточно-Сибирской железной дороги / С.И. Козлова, Т.И. Будько, Г.А. Забуга // Научный альманах. 2019. № 8-1 (58). С. 142-145.
4. Комлева Е.А. Внедрение современных средств индивидуальной защиты в ОАО «Российские железные дороги» / Е.А. Комлева, В.П. Ананьев: депонированная рукопись ВИНИТИ № 539-В2007 21.05.2007
5. Минаков Д.Е. Современные требования к текущему содержанию земельных участков полосы отвода и охранных зон транспортной инфраструктуры / Д.Е. Минаков, А.А. Платонов, Е.Ю. Минаков // В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 230-236
6. Платонов А.А. О существующих технологических решениях и средствах удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог / А.А. Платонов // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. 2018. № 49. С. 48-53
7. Платонов А.А. Особенности формирования капитальных вложений для создания систем машин удаления нежелательной растительности / А.А. Платонов, О.В. Терновская // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 3 (39). С. 164-174.
8. Сактаганова Г.С. Инновационные подходы в области управления охраной труда на железнодорожном транспорте / Г.С. Сактаганова, С.Т. Омарова // В сборнике: Человеческий капитал как фактор инновационного развития общества. Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2018. С. 105-108.
9. Satow S. Neue Warnsystemkomponente für die Vegetationspflege // BahnPraxis B. 2016. no. 2. pp. 7-12.

УДК 661.935

Вопросы и возможности информационного поиска перспективных конструкций беспилотных летательных аппаратов

Дустмуродов А.Х.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: При осуществлении изобретательской и рационализаторской деятельности немаловажным является этап поиска перспективных изобретений по различным базам данных. В статье рассматривается вопрос русифицированного поиска изобретений через Европейское патентное ведомство, приведены сведения о тенденциях изобретательской деятельности в сфере, связанной с беспилотными летательными аппаратами.

Abstract: In the implementation of inventive and rationalization activities, the stage of searching for promising inventions in various databases is important. The article discusses the issue of the Russified search for inventions through the European Patent Office, provides information on the trends in inventive activity in the field of unmanned aerial vehicles.

Ключевые слова: инфраструктурные объекты, изобретения, поиск, информация, беспилотный аппарат.

Keywords: infrastructure objects, inventions, search, information, unmanned vehicle.

В настоящее время в мире уделяется всё большее внимания вопросам развития беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), сфера применения которых также становится всё более и более широкой. В частности, в гражданской сфере к перспективным областям применения БПЛА относится доставка грузов (масса которых регулируется грузоподъёмностью соответствующего летательного аппарата, а также возможностями по приёму данного груза в конечной точке его доставки; рис. 1, а), перевозка людей (фактически – это мини-аэротакси с аналогичными проблемами при взлёте и посадке летательного аппарата; рис. 1, б). Следует упомянуть также и применение БПЛА для мониторинга за состоянием ряда инфраструктурных объектов (например, загруженности дорожной сети; рис. 1, в). Выделим также расширяющееся применение БПЛА в военных целях (например, БЛА «Орлан-10» – многофункциональный беспилотный комплекс, предназначен для ведения и наблюдения за объектами в труднодоступной местности [3]; рис. 1, г).

Не отстаёт в этой сфере и железнодорожный транспорт. Так, в соответствии с [1] ещё в 2018 г. специалистами ведущего научно-исследовательского института РЖД в лице АО «НИИАС» было объявлено об успешном проведении испытаний авиадронов на железной дороге (рис. 2). В рамках испытания оценивались возможности БПЛА при мониторинге обстановки в рамках ликвидации транспортных происшествий на путях.

а) б)

в) г)

Рисунок 1 – Сферы применения БПЛА

Рисунок 2 – Испытания БПЛА для мониторинга железных дорог

Кроме этого, авиадроны могут быть использованы на железной дороге и в более широком диапазоне. К примеру, с их помощью можно контролировать состояние полос отвода железных дорог [6, 7], а также общей целостности пути и состояния системы электроснабжения. С помощью БПЛА можно осуществлять отслеживание строительных работ и реконструкции объектов железнодорожного транспорта, мониторинг сетей тепло и водоснабжения. Перспективна и идея применения беспилотников для организации технологической радиосвязи на местах аварий, что обеспечивается различными существующими в настоящее время способами взлёта и посадки БПЛА (рис. 3).

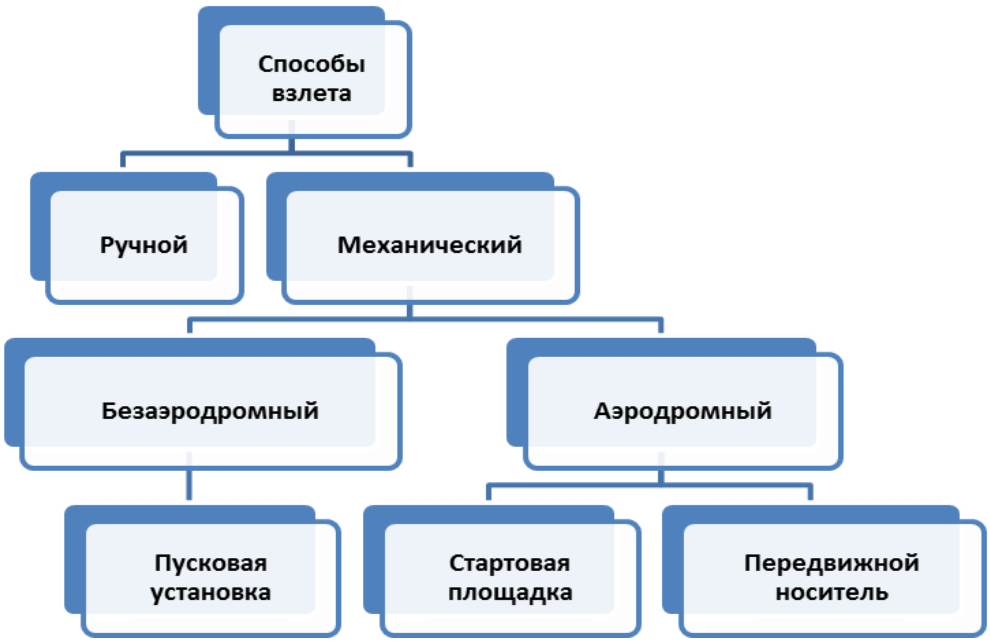


Рисунок 3 – Некоторые способы взлёта БПЛА

Расширяющаяся в последние годы сфера применения беспилотных летательных аппаратов в первую очередь активизирует деятельность изобретателей и рационализаторов перспективной техники [4], при этом указанная деятельность, зачастую осуществляемая в нашей стране на добровольных и не оплачиваемых началах, тем не менее в определённых условиях двигает вперёд технический прогресс, в том числе – по развитию и совершенствованию рассматриваемых летательных аппаратов. Однако при этом общеизвестным является тот факт, что для подготовки качественного и перспективного (в том числе – для коммерческого применения) изобретения (в том числе – БПЛА) необходимо изучить так называемый «опыт предшественников». Ещё несколько лет назад фактически единственным общедоступным источником информации о зарегистрированных в России изобретениях и полезных моделях был сайт Федерального института промышленной собственности, где на бесплатной основе была (а также существует и поныне) организована возможность поиска интересующей пользователя информации, при этом при необходимости поиска информации о зарубежных изобретениях отечественные пользователи находились в затруднительном положении.

Однако с некоторых пор на вышеозначенном сайте ФИПС появилась возможность русифицированного поиска изобретений через Европейское патентное ведомство, предоставляющего в целом свободный доступ к более чем 50 миллионам патентных документов со всего мира [2] с возможностью поиска от 1836 г. С учётом этого, целью данного исследования являлось выявление возможностей, а также объёма зарубежных перспективных изобретений, связанных с беспилотными летательными аппаратами.

Для реализации цели исследования нами была использована форма, представленная на платформе Espacenet (рис. 4, 5).

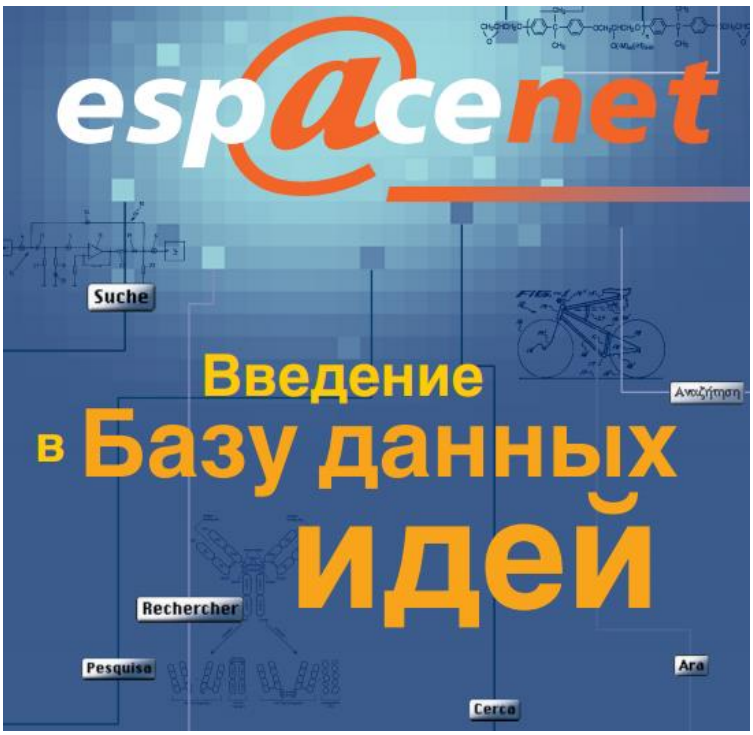


Рисунок 4 – Титульный лист брошюры «Введение в базу данных идей»

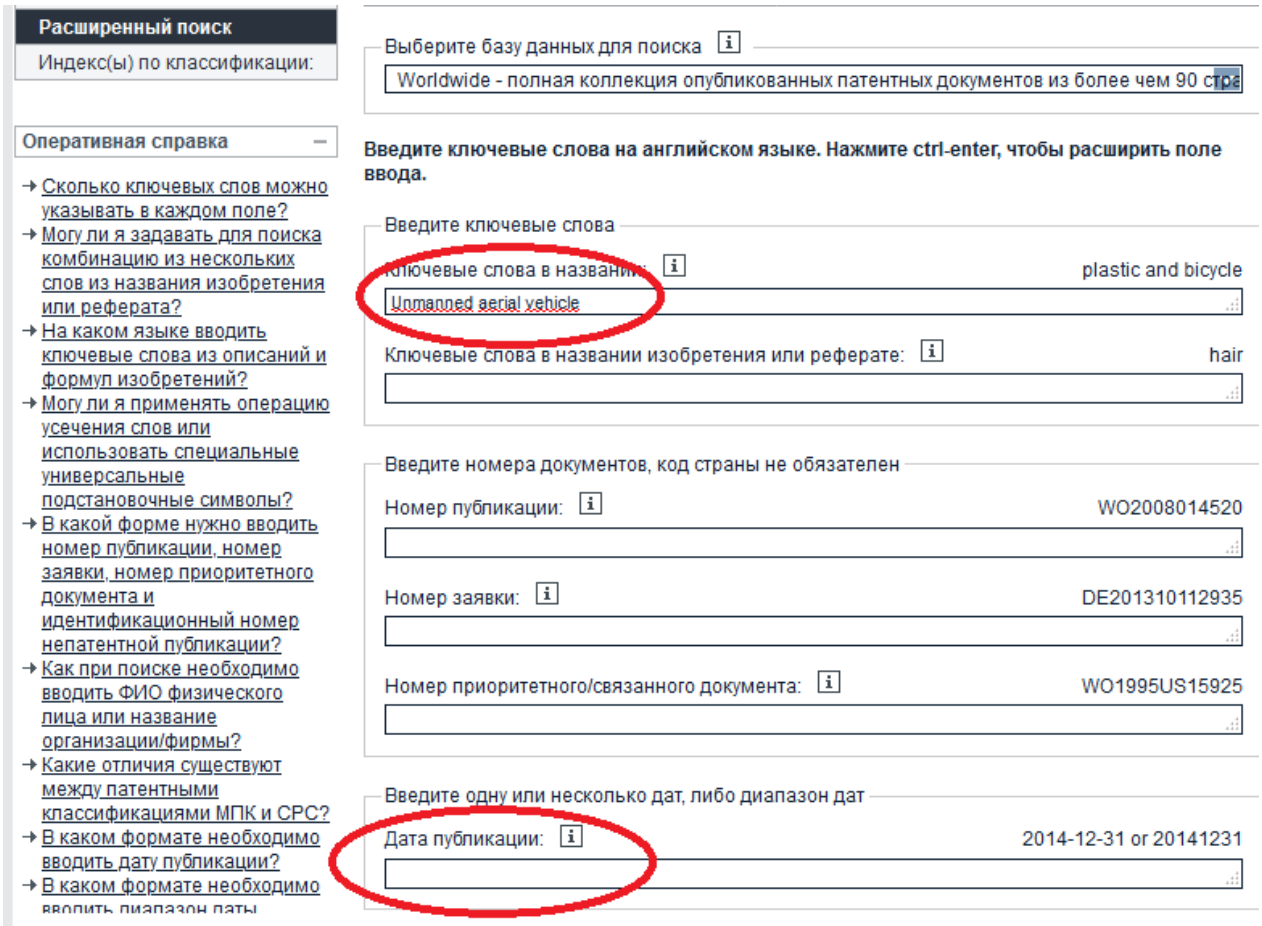


Рисунок 5 – Форма поиска информации по зарубежным изобретениям

В качестве исходных данных нами были выбраны база поиска (Worldwide – полная коллекция опубликованных изобретений), ключевые слова в названии

(Unmanned aerial vehicle – беспилотный летательный аппарат) и дата поиска. Поиск информации осуществлялся по ретроспективе с выбранной нами датой 01.01.2010 г. Следует отметить, что при выполнении поиска возникли сложности связанные с тем, что поисковая система начиная с 2018 года даты публикации изобретения выдавала лишь приблизительное количество зарегистрированной патентной информации (а именно – «свыше 10000). Для получения более корректной информации нам пришлось указывать дату публикации изобретения не по годам (как первоначально, а по полугодиям). Результаты поиска количества опубликованных зарубежных изобретений беспилотных летательных аппаратов $N_{БПЛА}$ представлены на рис. 6.

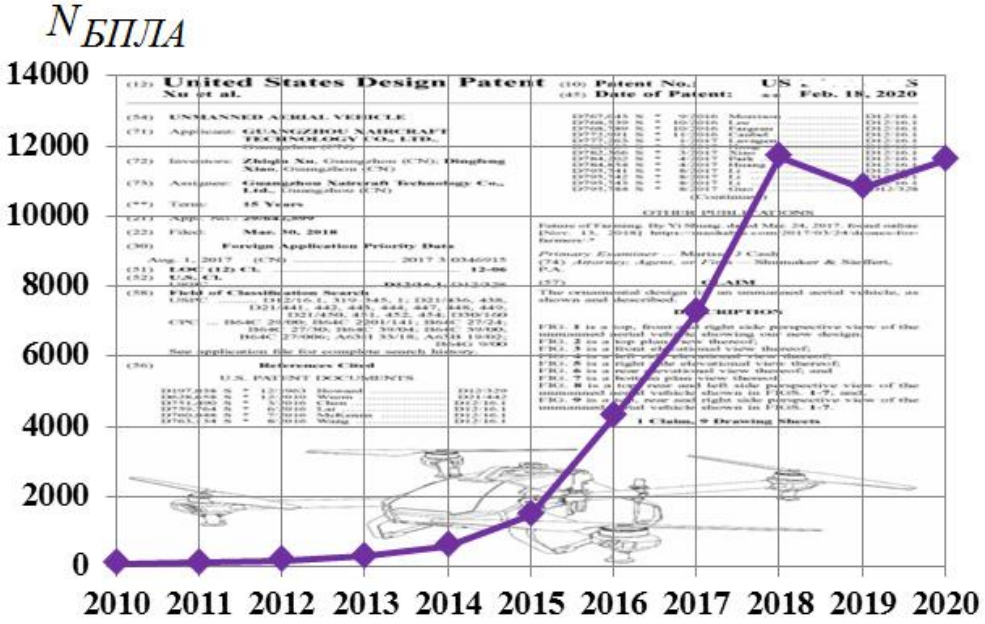


Рисунок 6 – Количество зарубежных изобретений беспилотных летательных аппаратов

Результаты поиска позволили установить, что в мире в последние несколько лет наблюдается фактически полиномиальное (с выявленным нами соответствующим уравнением тренда $y = 145{,}4 \cdot x^2 - 358{,}99 \cdot x - 133{,}28$, где x – год публикации) возрастание количества изобретения, связанных с БПЛА.

Подобная тенденция достаточно чётко прослеживается и по отдельным странам. В частности в [5] Департаментом исследований Statista в ноябре 2020 г. были опубликованы данные, наглядно свидетельствующие о бурном росте интереса китайских изобретателей в секторе беспилотных летательных аппаратов с 2010 по 2017 годы (более 11900 патентных заявок в 2017 году, рис. 7).

С учётом вышеизложенного можно сделать следующий вывод. Для поиска информации о зарубежных перспективных изобретениях (связанных в том числе с беспилотными летательными аппаратами) целесообразно пользоваться специализированной платформой, позволяющей получать полнотекстовые сведения о результатах мировой изобретательской деятельности.

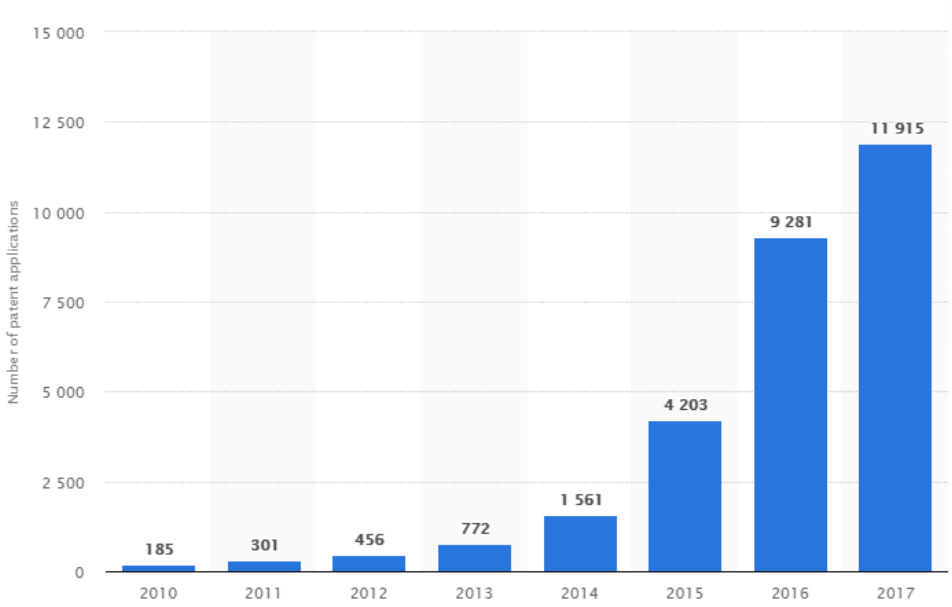


Рисунок 7 – Количество патентных заявок на беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в Китае с 2010 по 2017 гг.

Библиографический список

1. АО «НИИАС» провело испытание беспилотников на железной дороге [Электронный ресурс] // Государственные вести – общественно-политическое ежедневное Интернет-издание [сайт] [2021]. – URL: https://www.gosnews.ru/news/tekhnika/ao_niias_provelo_ispytanie_bespilotnikov_na_zheleznoy_doroge (Дата обращения: 14.05.2021)
2. Европейское патентное ведомство [Электронный ресурс] // Espacenet [сайт] [2021]. – URL: https://ru.espacenet.com/advancedSearch?locale=ru_RU (Дата обращения: 4.03.2021)
3. Расчеты БЛА мотострелкового соединения [Электронный ресурс] // Медиагруппа Звезда [сайт] [2021]. – URL: https://tvzvezda.ru/news/forces/content/201906111824-mil-ru-6vwuk.html (Дата обращения: 4.03.2021)
4. Шегельман И.Р. Методология анализа и синтеза патентоспособных объектов техники / И.Р. Шегельман // Воронежский научно-технический Вестник. 2014. Т. 3. № 4 (10). С. 127-128.
5. Number of unmanned aerial vehicles [Электронный ресурс] // Statista Inc. [сайт] [2021]. – URL: https://www.statista.com/statistics/993858/china-number-of-drone-patent-applications/ (Дата обращения: 4.03.2021)
6. Ersson B.T. Analysis of the information content of tenders for the removal of unwanted vegetation / B.T. Ersson, A. Platonov, S.V. Zimarin // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Forestry Forum «Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions». 2020. С. 012022.
7. Platonov A.A. Visualization of volumes of works for removing unwanted vegetation from the territory of infrastructural objects / A.A. Platonov, L.N. Bogdanova // Colloquium-journal. 2020. № 2-2 (54). С. 143-148.

УДК 656.2

Преобразование реверсивного трения в шарнирных соединениях манипуляторов ремонтной железнодорожной техники

Ермаков М.Ю., Серебрянский А.И.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: Особенностью современных гидроманипуляторов, применяемых в конструкциях ремонтной железнодорожной техники для обеспечения высокой мобильности технологического оборудования при наведении его на предмет труда, является наличие шарнирных соединений, работающих в режиме реверсивного трения. В статье рассматриваются вопросы совершенствования конструкции шарнирного соединения манипулятора, имеющего две зоны трения.

Abstract: A feature of modern hydraulic manipulators used in the construction of railway repair equipment to ensure high mobility of technological equipment when pointing it at the object of labor is the presence of hinged joints operating in the reverse friction mode. The article discusses the issues of improving the design of the articulated connection of the manipulator, which has two friction zones.

Ключевые слова: подвижной состав, манипулятор, подшипник, конструкция, характеристики.

Keywords: rolling stock, manipulator, bearing, design, characteristics.

В настоящее время манипуляторы широко применяются в конструкциях ремонтной железнодорожной техники и не только в ней [1]. Они обеспечивают высокую мобильность технологического оборудования при наведении его на предмет труда, характеризуются высокой производительностью.

Особенностью конструкции современных гидроманипуляторов является наличие шарнирных соединений, работающих в режиме реверсивного трения [1, 2]: соединение стрелы с поворотной частью базовой машины, крепление рукояти к стреле, крепление технологического оборудования к рукояти или стреле, крепления гидроцилиндров привода. Как показывает многолетний опыт эксплуатации манипуляторов, указанные шарнирные соединения являются наименее износостойкими узлами [1, 2], что существенно сокращает рабочий ресурс манипулятора по сравнению с рабочим ресурсом базовой машины.

Анализ конструктивно-технологических характеристик и условий работы шарниров манипуляторов помог определить вид антифрикционного материала, способствующего повышению рабочего ресурса узлов реверсивного трения манипуляторов [2]. Однако, предложенные пластики не могут эффективно работать при реверсивном трении, кроме того, отрицательный эффект реверса примерно в два раза снижает износостойкость трущихся деталей. Это потребовало изменить конструкцию шарниров манипуляторов с целью исключения реверсивности трения. Конструкция усовершенствованного шарнирного соединения манипулятора, имеющего две зоны трения, приведена на рис. 1 [3].

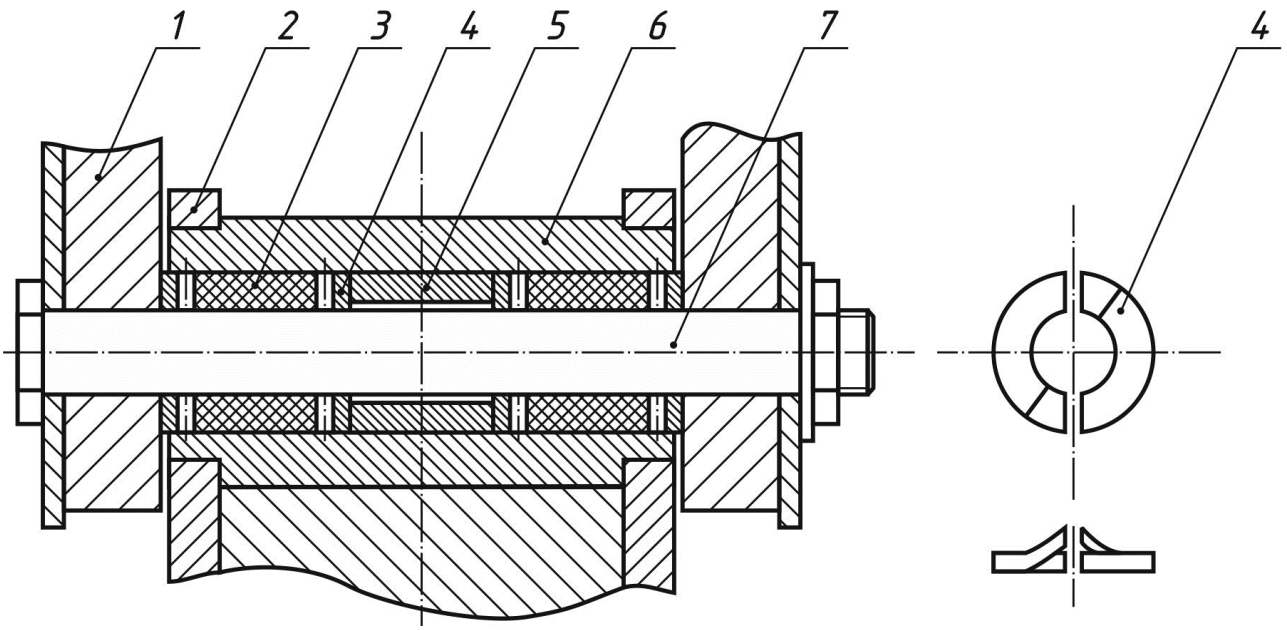


Рисунок 1 – Шарнирное соединение с двумя зонами трения

В конструкции шарнирного соединения [3] реверсивное трение преобразуется в прерывистое вращательное посредством механизмов блокировки, состоящих из блоков, включающих пружинные шайбы *4*, и канавок, выполненных в виде храповых зубьев на торцах втулок *3*.

Шарнирное соединение [3] работает следующим образом. При повороте охватываемой проушины *2* относительно охватывающей проушины *1*, блоки, включающие пружинные шайбы *4*, закрепленные на распорной втулке *5* входят в зацепление с храповыми секторами на внутренних торцевых поверхностях антифрикционных втулок *3* и сообщают последним движение, в то время, как блоки, составляющие пружинные шайбы *4*, на внутренних торцевых поверхностях охватывающей проушины *1* проскальзывают относительно канавок в виде храповых зубьев на внешних торцевых поверхностях антифрикционных втулок *3* из-за разного направления образующих цилиндрической спирали в блоках, составляющих пружинные шайбы *4*, и канавок. В этом случае трение происходит между внутренними поверхностями антифрикционных втулок *3* и наружной поверхностью пальца *7*. При обратном ходе охватываемой проушины *2* относительно охватывающей проушины *1* блоки, составляющие пружинные шайбы *4*, закрепленные на торцевых поверхностях распорной втулки *5* выходят из зацепления с канавками в виде храповых зубьев на внутренних торцевых поверхностях антифрикционных втулок *3* и при дальнейшем движении проскальзывают друг относительно друга. Одновременно блоки, составляющие пружинные шайбы *4*, закрепленные на внутренних торцевых поверхностях охватывающей проушины *1* входят в зацепление с канавками на наружных торцевых поверхностях антифрикционных втулок *3* и сообщают им движение. В этом случае, процесс трения происходит между наружными поверхностями антифрикционных втулок *3* и внутренней поверхностью втулки *6*. Таким образом, за счет механизмов блокировки, реверсивное движение преобразуется в прерывистое

вращательное поочередно по внутренним и наружным поверхностям антифрикционных втулок *3*, что позволяет повысить износостойкость деталей шарнирных соединений в 1,7…2,1 раза.

Данный вариант конструкции шарнирного соединения наиболее предпочтителен для средненагруженных (до 30 МПа) узлов трения манипуляторов ремонтной железнодорожной техники.

Более подробные сведения по рассматриваемому вопросу содержатся в источниках [4, 5, 6, 7].

Библиографический список

1. Гидроманипуляторы и лесное технологическое оборудование [Текст] / Под ред. И.М. Бартенева. – М: ФЛИНТА: Наука, 2011. – 408 с.
2. Серебрянский А.И. Влияние статических нагрузок на износостойкость пластиков типа АМАН [Текст] / А.И. Серебрянский; ВГЛТА. – Воронеж, 2002. – 34 с. – Деп. в ВИНИТИ, № 975-В2002.
3. Свидетельство на полезную модель № 34661 РФ, МПК 7 F 16 C 11/06. Шарнирное соединение [Текст] / Ф.В. Пошарников, Н.С. Смогунов, А.И. Серебрянский; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – № 2003123320/20; заявл. 28.07.03; опубл. 10.12.03.
4. Серебрянский А.И. Повышение износостойкости шарниров лесных манипуляторов на основе замены реверсивного трения вращательным: автореф. канд. техн. наук: 05.21.01 / Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж: 2003. - 20 с. : ил.
5. Серебрянский А.И. Повышение износостойкости шарнирных соединений манипуляторов при ремонте / А.И. Серебрянский, Д.Н. Афоничев, А.В. Ворохобин // Вестник Воронежского аграрного государственного университета. Теоретический и научно-практический журнал. – 2012. - Вып. 2 (33). - С. 107-111.
6. Патент на изобретение. 2461744 РФ, F16C17/02, F16C33/04. Опора скольжения / Ф.В. Пошарников, А.В. Усиков, А.И. Серебрянский; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. - № 2010113135/11(018470); заявл. 05.04.2010; опубл. 20.09.2012
7. Патент на изобретение 2246051 РФ, МПК 7 F16C11/00. Шарнирное соединение / Ф.В. Пошарников, А.И. Серебрянский; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. - № 2003119908/11; заявл. 30.06.2003; опубл. 10.02.2005.

УДК 629.7.08

Перспективы создания мобильной углекислотно-добывающей станции

Желтоухов И.В., Шатунов Я.О., Наумов К.К., Фирсов О.Д.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: В статье рассмотрены основные способы получения жидкой углекислоты и выбран наиболее подходящий для создания мобильной углекислотно-добывающей станции для военно-воздушных сил.

Abstract: The article considers the main methods of obtaining liquid carbon dioxide and selects the most suitable one for creating a mobile carbon dioxide production station for the air force.

Ключевые слова: углекислота, углекислотно-добывающая станция, авиация.

Keywords: carbon dioxide, carbon dioxide production station, aviation.

Современные авиационные комплексы (АК) из состава Военно-воздушных сил Российской Федерации (РФ) снабжены различными газовыми системами, необходимыми для успешного выполнения поставленных перед авиацией боевых задач.

Бортовые газовые системы подразделяются на:

– кислородную систему;

– воздушную (азотную) систему;

– систему нейтрального газа;

– противопожарную систему.

Рассмотрим две последние системы в которых используется углекислота.

Система нейтрального газа, предназначена для обеспечения работоспособности топливной системы и живучести АК при получении боевых повреждений. Сущность работы данной системы заключается в том, что по мере выработки топлива из топливных баков, свободное пространство заполняется инертным газом, который предотвращает возможность возгорания и взрыва паров авиационного топлива. Во многих типах АК качестве нейтрального газа используется жидкая углекислота.

Бортовая противопожарная система предназначена для ликвидации очагов пожара на борту АК. В качестве огнегасительных средств используется жидкая углекислота и огнегасительные составы на основе углекислоты.

Требования, предъявляемые к качеству газов, применяемых в авиации, очень высоки и регламентируются соответствующими ГОСТами, в связи с тем, что от кондиционности этих газов в значительной степени зависят работоспособность систем АК, жизнеобеспечение летных экипажей, боевая живучесть АК и безопасность полетов. Жидкая двуокись углерода (углекислота), применяемая в АК должна соответствовать требованиям ГОСТ 8050-85 [1].

Анализ существующей системы обеспечения углекислотой частей и под-

разделений указывает на противоречие между необходимой потребностью АК в углекислоте, соответствующей по качеству требованиям руководящих, нормативных документов и отсутствием в составе авиационных частей и подразделений углекислотно-добывающих станций, в связи с тем, что углекислоту, в настоящий момент времени, получают только с заводов промышленности (рис. 1).

Рисунок 1 – Углекислотный компрессор модели 2ГМ2,5-2,6/65С

Задача по разработке мобильной углекислотно-добывающей станции, для обеспечения авиационных частей и подразделений углекислотой, является актуальной и жизненно необходимой в современной сложившейся геополитической обстановке, в условиях наращивания военного потенциала стран Североатлантического Альянса возле границ РФ.

Из теории вопроса нам известно, что жидкая углекислота представляет собой бесцветную, прозрачную легкоподвижную жидкость, ее удельный вес при Т=273°К составляет 0,947 кг/м^3. При Т=217°К и р=5,28 кгс/см^2 углекислота может одновременно находиться в трех агрегатных состояниях (тройная точка).

Источниками получения углекислоты служат:

1. Дымовые газы, образующиеся в результате сжигания кокса, угля, природного газа на промышленных предприятиях и ТЭЦ.

2. Углекислота брожения, выделяющаяся в процессе производства на спиртовых, пивоваренных и других заводах.

3. Углекислые воды минеральных источников, насыщенные природной углекислотой.

4. Различные карбонаты: известняки, мрамор, мел.

В рамках вопроса создания углекислотно-добывающей станции для авиационных частей и подразделений предпочтительней выбрать первый способ, в связи с тем, что второй и третий способ привязанными территориально к заводам и месторождениям, а четвертый способ не позволит обеспечить требуемую мобильность создаваемой установки. Технологический получения углекислоты из дымовых газов состоит из следующих стадий:

1) Сжигание топлива для получения дымовых газов.

2) Очистка и охлаждение дымовых газов путем промывания их водой.

3) Поглощение большей части углекислоты, содержащейся в дымовых газах, путем абсорбции ее моноэтаноламилом.

4) Десорбция углекислоты из раствора абсорбента путем кипячения.

5) Дополнительная очистка, осушка и сжатие очищенного углекислого газа до достижения давления конденсации.

6) Конденсация углекислого газа в жидкость.

Рассмотрим этот процесс. Сгорание топлива происходит в специальной печи. Для наиболее лучшего горения уголь предварительно превращают в пылевидное состояние. В процессе горения, с подачей под нижний слой сжигаемого топлива кислорода воздуха, необходимого для сгорания, в числе различных химических реакций происходит реакция соединения углерода (C) с кислородом (O_2) воздуха с выделением тепла по уравнению [2]:

$$C + O_2 = CO_2 + 412\text{МДж}, \quad (1)$$

где CO_2 – диоксид углерода.

Часть образовавшегося CO_2, проходящего через массу нагретого углерода, переходит в окись углерода по уравнению:

$$CO_2 + C = 2CO \quad (2)$$

где CO – окись углерода.

Максимальное содержание CO_2 в дымовых газах достигает 12–14 % и зависит от правильного регулирования толщины слоя сжигаемого топлива.

Очистка от различных твердых и газообразных примесей проводится в абсорбционных скрубберах. Первый скруббер не имеет насадки, а остальные орошаются холодной водой или водным раствором реагентов.

Таблица 1

Максимальная температура пламени при горении различных газов в смеси с воздухом

Газ	Смесь с воздухом	
	Содержание газа в смеси, %	Температура пламени, °С
Метан	10	1875
Каменноугольный газ	17,6	1920

В первом скруббере газы охлаждаются и очищаются водой от крупных взвесей золы, пыли и т.д. В холодном втором скруббере дымовые газы проходят снизу-вверх насадку из керамических колец, орошаясь холодной водой в противотоке. При этом газы охлаждаются и очищаются от большей части сернистого ангидрида. В третьем содовом скруббере газы проталкиваются вентилятором снизу через три слоя насадок из керамических колец. Сода связывает образующуюся сернистую кислоту, превращая ее в растворимые сульфиты и

бисульфиты натрия, которые по достижении концентрации 20% удаляются из скруббера.

Для разделения газовой смеси (абсорбции CO_2) используют 12-ти процентный раствор моноэтаноламина. Моноэтаноамин представляет собой органическое соединение, обладающее щелочными свойствами, растворимое в воде в любом соотношении. Поглотительная способность моноэтаноламина более чем в 2 раза превышает поглотительную способность Углекислого калия (поташа) и в 3–4 раза – поглотительную способность углекислого натрия (кальцинированной соды). Благодаря этому свойству моноэтаноламин извлекает из 16–17 % углекислоты, содержащейся в дымовых газах, около 14–15 %, в то время как поташ улавливает лишь 6–7 % (остальные 10 % составляют потери), а кальцинированная сода – только 3–4 %.

Технологическая схема производства углекислоты с применением моноэтаноламина в качестве абсорбента не отличается от схемы с использованием поташа, но требует лучшей очистки дымовых газов от механических примесей (золы и сажи) и сернистых соединений, а также повышения эффективности теплообменной и холодильной аппаратуры.

Моноэтаноламин летуч, дорог и дефицитен, несмотря на это он имеет существенное преимущество перед всеми остальными абсорбентами благодаря высокой поглотительной способности [3].

Поглощение CO_2 из раствора моноэтаноламина происходит по уравнению:

$$2RNH_2 + H_2O + CO_2 \underset{398-400^\circ K}{\overset{298-313^\circ K}{\rightleftarrows}} \left(RNH_3\right)_2 CO_3 \qquad (3)$$

Этот сорбционный процесс возникает в условиях, когда равновесное состояние концентрации CO_2 газовой и жидкой фазы нарушается; реакция протекает при Т=298–313°К.

Десорбция CO_2 происходит при кипячении раствора при Т=398–400°К, протекает обратная реакция.

Для конденсации водяных паров углекислый газ направляют в трехступенчатый компрессор типа 2УП (работающий дискретно) где водяные пары конденсируются в межступенчатых холодильниках, а сжатый углекислый газ при р=20 кгс/см^2 конденсируется в жидкую углекислоту и поступает в накопительную емкость типа РДХ-4-2,0.

Библиографический список

1. ГОСТ 8050–85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия. – М: ИПК Издательство стандартов, 1985. – 22 с.
2. ПименоваТ.Ф. Производство и применение сухого льда, жидкого и газообразного диоксида углерода / Т.Ф. Пименова. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 208 с.
3. Производство и применение жидкой углекислоты / С.В. Алтунджи, В.В. Бухарин, Е.А. Добкина и др. – М: Пищепромиздат, 1959. – 207 с.

УДК 629.7.08:625.717

Баллоны для хранения и транспортирования сжатых и сжиженных газов из металлокомпозитных материалов

Игнатьев В.Г., Капков А.В., Хусам Альдин Язан
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: Проведена сравнительная оценка баллонов для хранения и транспортирования сжатых и сжиженных газов изготовленных из высоколегированной стали и металлокомпозитных материалов. Даны рекомендации по использованию баллонов из металлокомпозитных материалов.

Abstract: A comparative evaluation of cylinders for storage and transportation of compressed and liquefied gases made of high-alloy steel and metal-composite materials was carried out. Recommendations on the use of cylinders made of metal-composite materials are given

Ключевые слова: газ, баллон, вес, взрывобезопасность, коррозия, механическое повреждение.

Keywords: gas, cylinder, weight, explosionsafety, corrosion, mechanicaldamage.

Баллоны для хранения и транспортирования сжатых и сжиженных газов применяются как самостоятельные средства для хранения и транспортирования газов, так и в качестве емкостей для газов в составе вооружения, военной и специальной техники [2].

Материалы, применяемые для изготовления баллонов, должны обеспечивать их надежную работу с учетом заданных условий эксплуатации (расчетное давление, минимальная отрицательная и максимальная расчетная температура), состава и характера среды (коррозионная активность, взрывоопасность, токсичность и др.) и влияния температуры окружающего воздуха.

До настоящего времени материалом изготовления баллонов, в основном, была высоколегированная сталь. Основные недостатками таких баллонов: большой вес, низкая взрывобезопасность, коррозия и возможные механические повреждения в ходе их эксплуатации.

Один из путей повышения качества баллонов для хранения и транспортирования сжатых и сжиженных газов – использование современных материалов. В настоящее время создана и отработана технологическая цепочка серийного производства баллонов из металлокомпозитных материалов.

Главное преимущество баллонов из металлокомпозитных материалов перед цельнометаллическими баллонами заключается в их легкости. Баллоны из металлокомпозитных материалов примерно от трех до пяти раз легче своих стальных аналогов [1], связано это с их конструктивной особенностью использования тонкостенной высокодеформативной внутренней герметизирующей оболочки баллона – лейнера из нержавеющей стали [4], углеволоконного и стекловолоконных слоев (рис. 1).

Другим преимуществом баллонов из металлокомпозитных материалов перед цельнометаллическими баллонами является их большая безопасность [3]. Они разработаны таким образом, что при повышении давления внутри емкости выше критических значений, разрушаются без взрыва и осколков (рисунок 2). Кроме этого, баллоны из металлокомпозитных материалов не боятся ударов и царапин во время эксплуатации.

Рисунок 1 – Конструкция баллона из металлокомпозитных материалов

Другим преимуществом баллонов из металлокомпозитных материалов перед цельнометаллическими баллонами является их большая безопасность. Они разработаны таким образом, что при повышении давления внутри емкости выше критических значений, разрушаются без взрыва и осколков (рис. 2). Кроме этого, баллоны из металлокомпозитных материалов не боятся ударов и царапин во время эксплуатации.

Другим преимуществом баллонов из металлокомпозитных материалов перед цельнометаллическими баллонами является их большая безопасность. Они разработаны таким образом, что при повышении давления внутри емкости выше критических значений, разрушаются без взрыва и осколков (рисунок 2). Кроме этого, баллоны из металлокомпозитных материалов не боятся ударов и царапин во время эксплуатации.

В настоящее время благодаря использованию новых конструктивно-технологических решений и высокотехнологичному производительному оборудованию, баллонов из металлокомпозитных материалов способны конкурировать по цене с повсеместно используемыми металлическими аналогами.

Рисунок 2 – Безосколочное разрушение
баллона из металлокомпозитных материалов

Таким образом, применение баллонов из металлокомпозитных материалов как в качестве самостоятельных средств для хранения и транспортирования газов, так и в качестве емкостей для газов в составе вооружения, военной и специальной техники позволит обеспечить не только лучшие весовые характеристики, а как следствие увеличить рабочее давление и запас газа в баллонах, но и повысить безопасность их эксплуатации.

Библиографический список

1. Кербер М.Л. и др. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии. – СПб: Профессия, 2008. – 560 с.
2. Платонов А.А. Особенности организации безопасного движения специального самоходного подвижного состава / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Воронежский научно-технический Вестник. 2014. Т. 3. № 2 (8). С. 80-86
3. Металлокомпозитные баллоны, сосуды высокого давления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http: // safit.info.ru. (Дата обращения: 07.04.2021).
4. Трутнев Н.С. О выборе рациональной толщины стенки лейнера металлокомпозитного баллона высокого давления / Н.С. Трутнев, А.А. Шишкин, Т.В. Филимонова // Механика композиционных материалов и конструкций. 2019. Т. 25. № 1. С. 97-109.

УДК 656.257

Конструкции цифровых интерфейсов напольного оборудования учебного стенда

Кожевников А.А.
Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: Рассмотрена схема построения учебного стенда базового уровня микропроцессорной централизации и автоблокировки. Обсуждаются конструкции цифровых интерфейсов напольных устройств. Приводятся аргументы в пользу разумного ограничения возможностей объектных контроллеров, позволяющего студентам освоить на практике задачи учебной дисциплины с минимизацией потенциального ущерба оборудованию стенда.

Abstract: The scheme of construction of a training stand of the basic level of microprocessor interlocking and auto-blocking is considered. Designs of digital interfaces of floor-standing devices are discussed. Arguments are given in favor of a reasonable limitation of the capabilities of object controllers, which allows students to master the tasks of the academic discipline in practice while minimizing potential damage to the stand equipment.

Ключевые слова: учебный стенд, цифровые интерфейсы, напольное оборудование, автоматика и телемеханика.

Keywords: training stand, digital interfaces, floor equipment, automation and telemechanics.

Современная железная дорога оборудуется цифровыми средствами обеспечения движения поездов, позволяющих обеспечивать максимально возможную безопасность данного вида транспорта. Но такая тенденция требует привлечения высококвалифицированных специалистов в данной отрасли, что накладывает соответствующий отпечаток на подходы к подготовке кадров. Основным элементом в обучении будущих инженеров является обеспечение дисциплин системами, максимально приближенными по функционалу к реальным устройствам дороги. Данный элемент реализуется на основе построения стендовых комплексов специализированных лабораторий учебных заведений.

В филиале РГУПС г. Воронеж ведется работа по формированию аппаратного и программного обеспечения лаборатории железнодорожной автоматики и телемеханики [1-3]. В первую очередь реализуется комплекс микропроцессорной централизации и автоблокировки, в рамках которого стоится базовый уровень, обозначенный как «Стенд цифровых интерфейсов напольного оборудования». За основу разрабатываемой лабораторной установки взято реальное напольное оборудование в виде трех стрелочных привода типа СП-6 и маневровый светофор. Также введены в состав самодельные рельсовые цепи и переездная сигнализация (рис. 1).

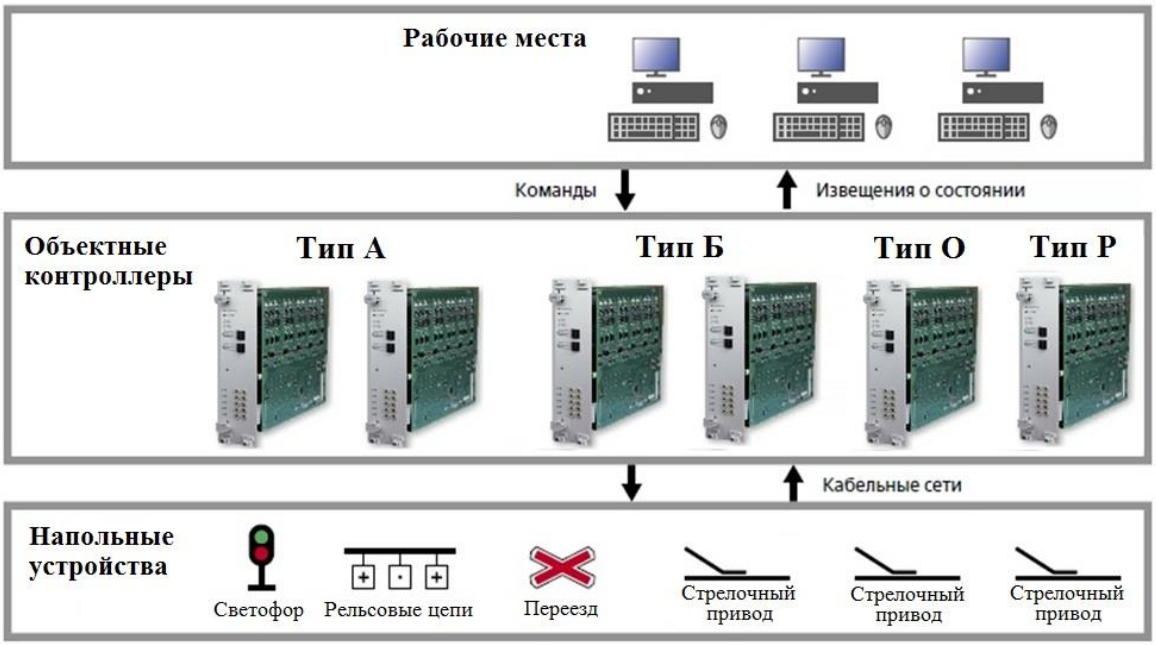


Рисунок 1 – Схема учебного стенда

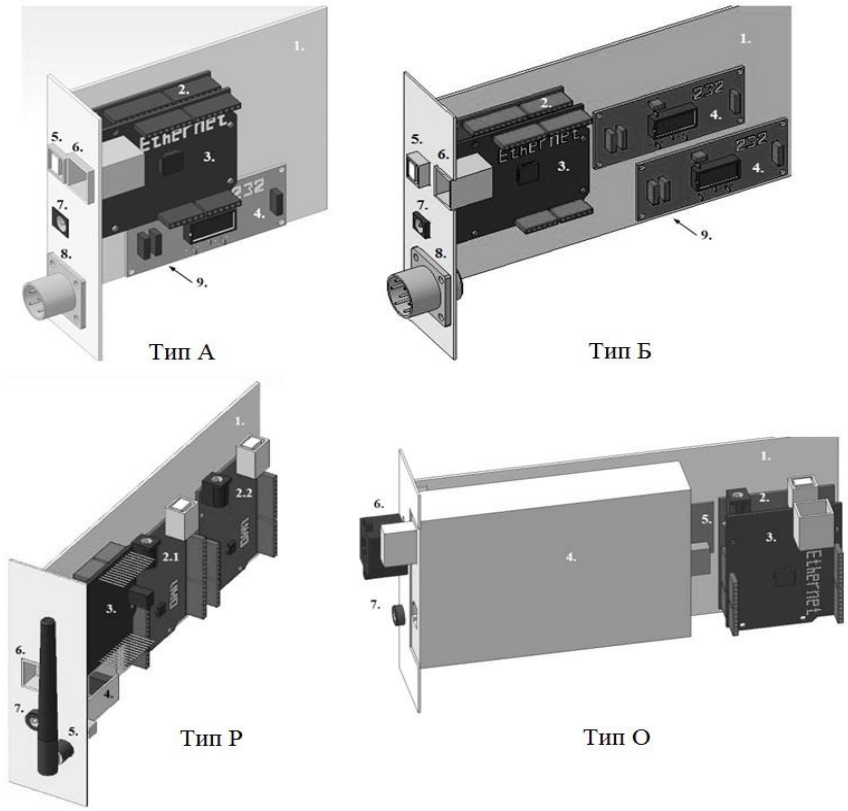


Рисунок 2 – Объектные контроллеры стенда

Поскольку назначением стенда является изучение студентами принципов организации доступа к управлению и контролю над устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики, то в качестве центральных элементов здесь выступают объектные контроллеры (рис. 2). Среди последних можно выделить два набора типовых устройств (тип А и Б), а также два специализированных (тип О и Р). Под «типовым» подразумевается такая конструкция ОК, которая позволяет с минимальными изменениями подключить любое наполь-

ное оборудование к централизации. Отсюда другой общий элемент таких устройств - соединение по медному проводу.

Как видно из схемы на рис. 1, типовой контроллер реализует цифровой интерфейс к светофору, рельсовым цепям, переездной сигнализации и к одному из стрелочных приводов (СП). Последних два СП подключены через радиоканал (Тип Р) и оптоволокно (Тип О). Все рассмотренные ОК имеют несколько общих компонентов: 1 - текстолитовое основание 100х200 мм, 2 - платы Ардуино Уно, 3 - Ethernet плата расширения функциональных возможностей. Далее идут различия. Для типа А и Б: 4 - плата с интерфейсной микросхемой RS-232, 5 - разъем USB, 6 - разъем Ethernet, 7 - разъем питания +12В и 8 - разъем для подключения к напольному оборудованию. Для типа Р: 4 - интерфейсная плата радиоканала, 5 - антенна, 6 - разъем Ethernet и 7 - разъем питания +12В. Для типа О: 4 - медиаконвертер Ethernet/оптоволокно, 5 - преобразователь питания 12В в 5В, 6 - двусторонний разъем Ethernet и 7 - разъем питания +12В. Рассмотренные объектные контроллеры располагаются в специально отведенном для них сетевом шкафу. Это позволяет осуществлять непосредственный доступ к ним для программирования логики управления и контроля. Таким образом, студент в учебных целях может вмешаться непосредственно в работу стендовой системы централизации.

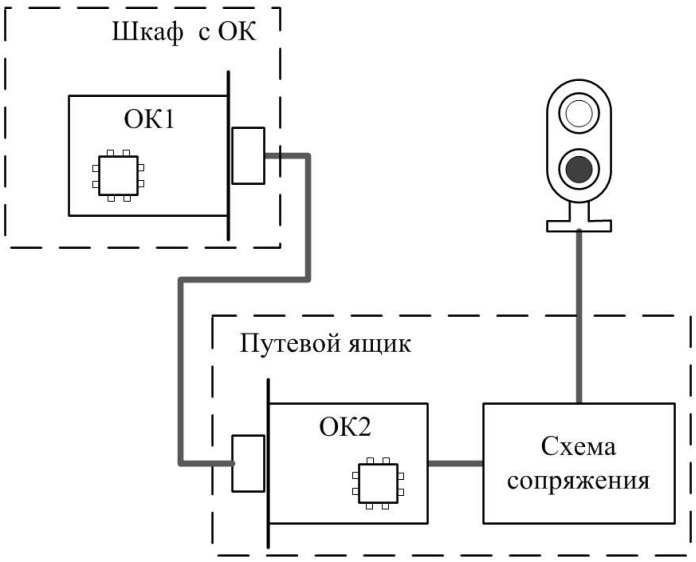


Рисунок 3 – Подсистема управления светофором

Применяемое напольное оборудование находится в «тепличных» условиях лаборатории, поэтому допускает размещение не самых надежных элементов управления в непосредственной близости. Таким образом, возможно вполне работоспособное разделение ОК на две идентичные составляющие - одна находится в шкафу, а другая - в путевом ящике, где осуществляется сопряжение с силовой частью схем управления и контроля. Естественно, что при таком подходе наблюдается некоторая имитация телеуправления, но это необходимо в силу необходимости защищать основные элементы системы от воздействия человеческого фактора.

Поясним эффект от применения принципа «разделенного ОК» на примере. Рассмотрим подсистему управления светофором в части «ОК - светофор» (рис.

3): здесь ОК1 - доступный для студента объектный контроллер, ОК2 - закрытый в путевом ящике идентичный ОК. Светофор содержит две лампочки с нитью накаливания. Как известно наиболее часто такая лампа выходит из строя в момент зажигания огня, в силу особенностей физики динамического изменения тока (напряжения). Программа контроллера построена по основе цикла, поэтому вполне вероятна ситуация, когда ОК1 по недосмотру будет очень быстро включать и выключать определенную лампу, чем просто «убьет» ее ресурс. Чтобы перехватить влияние подобного негативного эффекта, вследствие человеческого фактора, в ОК2 будет заложена защита от «дурака». Если же работа ОК1 осуществляется в пределах нормы, то ОК2 срабатывает как простой повторитель сигналов телеуправления.

Информационный обмен с более высоким уровнем рабочих мест (РМ) (рис. 1) осуществляется через промежуточное звено - сервер. В функции последнего входит контроль за распределением физических ресурсов стенда между РМ. Также наличие сервера позволяет обозначенные задачи не переносить на ОК, что упрощает разработку студентом программного обеспечения ОК и понижает вероятность нанесения дорогостоящего ущерба комплексу.

Таким образом, рассмотренный конструктив цифровых интерфейсов напольного оборудования реализует задачи изучения принципов управления и контроля устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики как элементов современных систем централизации. Специальное разделение функционала между сервером, объектным контроллером в сетевом шкафу и схемой управления в путевом ящике позволяет максимально нивелировать негативные эффекты при обязательном вмешательстве студентом в работу системы.

Библиографический список

1. Кожевников А.А. Проектирование первичных элементов учебного стенда МПЦ и АБ / А.А. Кожевников, А.А. Артамонова // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 55-58.
2. Щербаков О.Ю., Кожевников А.А. Виртуальные лабораторные работы для изучения средств обработки аналоговой информации / О.Ю. Щербаков, А.А. Кожевников // В сборнике: Актуальные вопросы науки и техники. Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. 2015. С. 166-170.
3. Карелин Б.В. Применение современных технологий для модернизации лабораторного практикума по волновой оптике / Б.В. Карелин, А.А. Кожевников, М.Г. Пащенко // Физическое образование в вузах. 2014. Т.20. №3. С. 50-53

УДК 621.3.087.92

Проблема модулярного аналого-цифрового преобразования

Кожевников А.А.
Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: В работе рассмотрено построение модулярных аналого-цифровых преобразований на основе аналогов позиционных методов. Приводится уникальные для системы остаточных классов решения в рассмотренной области. Выявлены проблемные аспекты модулярного аналого-цифрового преобразования.

Abstract: The paper considers the construction of modular analog-to-digital conversions based on analogs of positional methods. Unique solutions for the system of residual classes in the considered area are.

Ключевые слова: аналого-цифровое преобразование, система остаточных классов.

Keywords: analog-to-digital conversion, residual class system.

Применение системы остаточных классов (СОК) в вычислительных структурах за счет распараллеливания на уровне арифметических операций позволяет более эффективно реализовывать некоторые математические алгоритмы [1]. К последним, например, относится цифровая обработка сигналов. Одним из серьезных препятствий полномасштабного применения СОК в обозначенных задачах является необходимость перехода от кодов позиционных систем счисления к непозиционным для реализации совместимости с существующими устройствами аналого-цифрового преобразования (АЦП). Такая необходимость может свести на нет все преимущества от использования СОК.

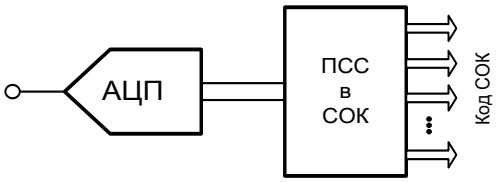


Рисунок 1 – Позиционный АЦП с преобразователем в СОК

Рассмотрим простую конструкцию (рис. 1), включающую в себя преобразователь уровня аналогового сигнала в позиционный код и кодер в СОК. Здесь АЦП может быть представлен любыми методами [2], основными из которых являются: сигма-дельта (ΣΔ), со сдвиговым регистром (SAR), конвейерного (PIPELINE) преобразования или прямого взвешивания (FLASH) (рис. 2). Первые два реализуются схемами с обратной связью, где результат предыдущей итерации измерения используется для уточнения итоговой числовой величины. В сигма-дельта уровень входного сигнала преобразуется в частоту импульсов, которые после децимации подсчитываются. За счет применения нескольких

ухищрений при работе со спектром промежуточного меандра удается достигнуть точности вплоть до двадцати четырех бит разрядной сетки. Схема со сдвиговым регистром реализует алгоритм дихотомии - последовательного деления отрезка пополам - и поиска промежуточной величины в одной из половин. Количество итераций измерения соответствует разрядности итогового двоичного числа, максимальное значение которой составляет порядка шестнадцати. Конвейерный метод использует обычно два АЦП прямого взвешивания, реализуя в промежутке между ними умножение разницы исходного уровня и полученной на первом устройстве и переведенной в аналоговый эквивалент через ЦАП величины на коэффициент, равный половине от разрядной сетки. N-разрядный АЦП прямого взвешивания одновременно сравнивает на 2^N компараторах входную величину с опорными значениями, последовательно увеличивающихся от компаратора к компаратору на $E_{max}/2^N$, где E_{max} - разница между максимальным и минимальным значением опорного напряжения. Полученный приоритетный унарный код преобразуется дешифратором в двоичный. Более быстродействующее устройство представляет собой уже целый комплекс измерительных и вычислительных элементов. В качестве такового на рис. 2 приводится цифровой осциллограф типа LabMaster [3].

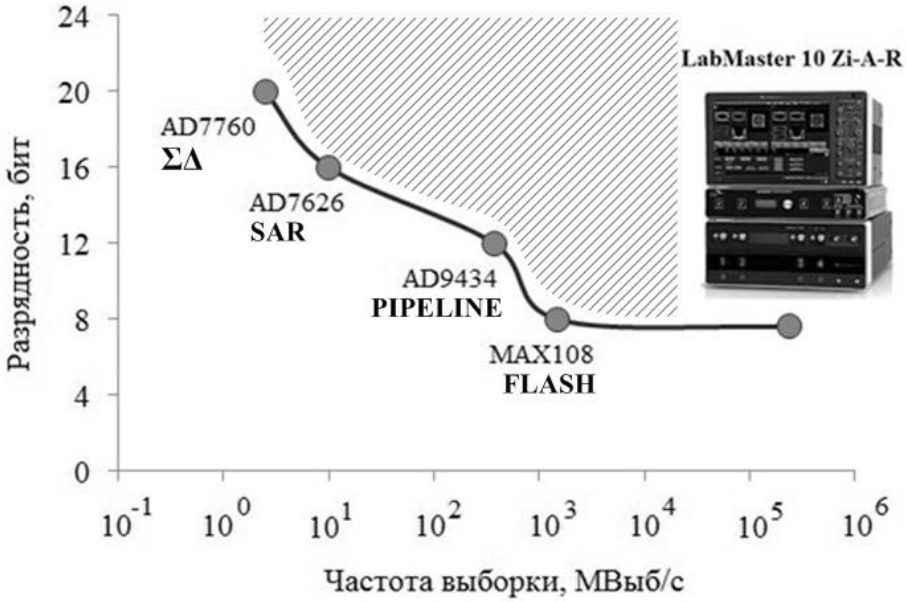


Рисунок 2 – Возможности основных методов позиционного аналого-цифрового преобразования

Поскольку в представленном на рис. 1 устройстве переход к СОК может быть осуществлен очень быстро - порядка единиц тактов - через применение ПЗУ, то модулярный АЦП, в первую очередь, при сопоставимых параметрах разрядности на больших частотах должен работать быстрее, чем рассмотренная составная конструкция на рис.1. При меньших скоростях выборки время преобразования позиционного кода в непозиционный становится незначительным по сравнению с работой АЦП. Таким образом, эффективный модулярный АЦП должен параметрически соответствовать, а в идеале и превосходить возможно-

сти позиционных методов. Данное положение отражает заштрихованная область на рис. 2. Современные достижения в электронике позволяют «выжать» из приборной базы максимально достижимые параметры по внутреннему шуму и, следовательно, точности работы устройств, поэтому единственным серьезным резервом повышения эффективности является только алгоритм преобразования.

Преимущество позиционного кодирования заключается в связности разрядов получаемых чисел, поскольку логика их формирования подразумевает постепенное увеличение более старших при переполнении младших, что сопоставимо с динамикой роста аналогового сигнала, т.е. например +5В идет после +3В, что и позволяет реализовывать простые и быстрые алгоритмы аналого-цифрового преобразования типа прямого взвешивания. В похожей ситуации вычеты СОК будут претерпевать циклическое повторение. Это означает, что при реализации алгоритма модулярного АЦП всегда необходимо какое-то промежуточное преобразование входного уровня аналоговой величины, которое затем уже будет переводится в числовой эквивалент остатков по модулю. В представленных на рис. 2 методах производятся переходы «входной уровень - промежуточный уровень - код» и «входной уровень - промежуточный уровень - частота меандра - код». В нониусных АЦП [4, 5], отличающихся самой большой точностью, но малой скоростью преобразования, происходят переходы типа «входной уровень - частота меандра - разница фаз - код». Здесь срединные эволюции используются для формирования замеряемого временного интервала. Естественным первым шагом при попытке создать алгоритмы модулярного аналого-цифрового преобразования стали поиски аналогичных позиционному кодированию подходов.

Среди методов, использующих обратную связь для уравновешивания входной величины [6], был выявлен пока единственный, наиболее перспективный подход к организации модулярного преобразования. Идея состоит в представлении числового эквивалента $A = (\gamma_1, \ldots, \gamma_n)$ в СОК по n взаимно простым основаниям $p_1, \ldots, p_n$ в виде минимальных чисел от $(\gamma_1, 0, \ldots, 0)$, $(0, \gamma_2, \ldots, 0)$ и до $(0, 0, \ldots, \gamma_n)$, и последовательном их сложении. Предложенная реализация не позволяет в каждой итерации определять точную величину вычетов, поэтому осуществляется корректировка полученных ранее. Тем не менее, в отличие от дихотомии наблюдается рост быстродействия. Данное направление требует дополнительных исследований с точки зрения нахождения предельных значений по скорости и точности работы устройств в современном приборном базисе.

Модулярное аналого-цифровое преобразование аналогично поиску остатка по модулю от целого числа $\gamma_i = A \bmod p_i$. В работе [7] предлагается входную величину перевести в частоту промежуточного сигнала, с дальнейшей оцифровкой его на медленных локальных АЦП, что и формирует эквивалент остатка. Дальнейшая цифровая обработка позволяет выявить из спектра максимум и по его положению идентифицировать значение вычета. Так, практически напрямую, реализуется выражение, приведенное в первом предложении абзаца. Тем не менее, несмотря на свою «модулярность», данный метод имеет крайне низкое быстродействие, что не позволяет его реализацию в текущем виде.

Конвейерные АЦП привлекают внимание своим быстродействием, а с точки зрения модулярного преобразования - потенциально максимальной скоростью работы. Математическое обследование с применением генераторов шума с нормальным распределением погрешности показало крайнюю неустойчивость модулярного представления к искажающему воздействию даже по сравнению с полученными в тех же цепях полиадическими формами числа [8]. В ранее опубликованном обзоре [9] приводится ряд решений по применению корректировки кода через цепь обратной связи и итерационный алгоритм работы. Таким образом, дальнейшее развитие данной области заключается в исследовании корректирующих возможностей на основе модели, приведенной в [8], а также состязательное сравнение параметров с методом минимальных чисел.

В заключении хотелось бы отметить, что неизбежным злом при реализации схем модулярных АЦП будет их аппаратная избыточность, в силу применения частично или полностью отдельных трактов по каждому основанию. Тем не менее, если из представленных направлений построения устройств вырастет метод, попадающий в заштрихованную область (рис. 2), то обозначенный ранее негативный эффект не будет столь значимым.

Библиографический список

1. Акушский И.Я. Машинная арифметика в остаточных классах / И.Я. Акушский, Д.И. Юдицкий**.** - М: Сов. радио, 1968. – 440 с.
2. Аналого-цифровое преобразование / под ред. Уолта Кестера. Пер. с англ. – М: Техносфера, 2007. – 1016 с.
3. Сенсация 2015: Teledyne LeCroy освоила выпуск первого в мире 100-ГГц осциллографа реального времени! / В. Дьяконов // Компоненты и технологии. 2015. - №3. - С. 16–22.
4. Богородицкий А.А. Ониусные аналого-цифровые преобразователи / А.А. Богородицкий, А.Г. Рыжевский. – М: Энергия, 1975. – 120 с.
5. Севастьянов А.В. Ониусные аналого-цифровые преобразователи временных интервалов с оперативной калибровкой: дис. … канд. техн. наук: 05.13.05, 05.11.16 / А.В. Севастьянов. – Пенза: 2006. – 164 с.
6. Абрамсон И.Т. Кодирование электрических величин в системе остаточных классов / И.Т. Абрамсон, О.М. Авров, Л.Я. Ляпкин // Автометрия. - 1975. - №2. - С. 23–29.
7. Кожевников А.А. Методы непозиционного аналого-цифрового преобразования / А.А. Кожевников, К.П. Беспалов // Автометрия. - 2015. - №6. - С. 125–130.
8. Кожевников А.А. Математическое обследование конвейерных АЦП в системе остаточных классов / А.А. Кожевников // Вестник БГТУ. - 2017. - № 7. - С. 27–34.
9. Кожевников А.А. Аналого-цифровые преобразователи в системе остаточных классов / А.А. Кожевников // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. - 2010. - № 9. - С. 26–28.

УДК 629.7.084

Методы определения рационального месторасположения распределительного центра снабжения запасными частями

Крымов А.В., Кравцов В.В., Мирошниченко Е.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: Своевременность и бесперебойность снабжения технических систем средств наземного обеспечения полетов запасными частями является одной из важных задач по их функционированию. Для обеспечения планового технического обслуживания и восстановления технических систем при отказах необходимо создать систему централизованного снабжения, учитывая место расположения центральных складов и распределительных центров.

Abstract: The timely and uninterrupted supply of technical systems of ground support equipment for flights with spare parts is one of the important tasks for their functioning. To ensure planned maintenance and recovery of technical systems in case of failures, it is necessary to create a centralized supply system, taking into account the location of central warehouses and distribution centers.

Ключевые слова: снабжение технических систем, метод полного перебора, эвристический метод, метод определения центра тяжести.

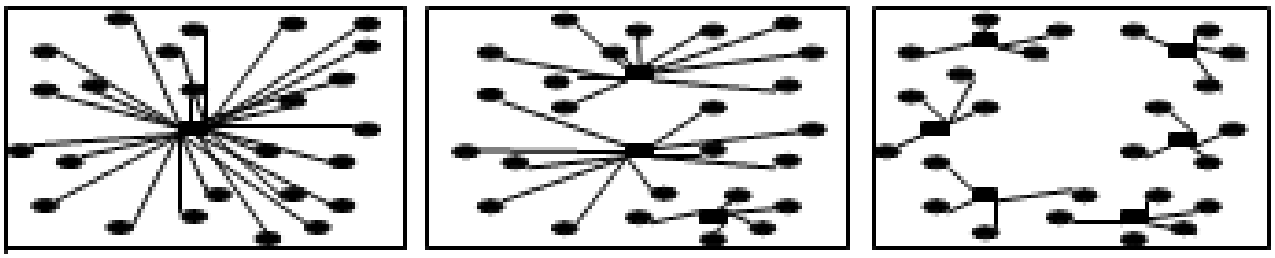
Keywords: supply of technical systems, full search method, heuristic method, method of determining the center of gravity.

Одним из основных мероприятий эффективного функционирования средств наземного обеспечения полетов является создание системы технического обслуживания техники [4]. Работы, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом являются прогнозируемыми [5], а работы, связанные с восстановлением работоспособности или замены технических систем при отказах, сопровождаются их долгим простоем из-за отсутствия запасных частей и агрегатов, а также долгим рассмотрением заявок на восстановление исправности технических систем, что может привести к снижению готовности средств наземного обеспечения полетов.

Своевременность и бесперебойность снабжения технических систем средств наземного обеспечения полетов запасными частями является одной из важных задач по их функционированию [1].

Для обеспечения планового технического обслуживания и восстановления технических систем при отказах необходимо ссоздать систему централизованного снабжения, учитывая место расположения центральных складов и распределительных центров.

На рис. 1 представлено три варианта организации распределения с помощью одного, трех или шести складов (соответственно а, б и в).



а) б) в)

Рисунок 1 – Варианты организации распределения материального потока

Рассмотрим методы определения рационального местоположения распределительного центра, обеспечивающего технические системы запасными частями и агрегатами [2]:

1. Метод полного перебора.

Оптимальное место расположения определяется полным перебором и оценкой всех возможных вариантов размещения распределительных центров с помощью средств математического программирования. В условиях разветвленных транспортных сетей данный метод на практике может оказаться, неприменим, так как число возможных вариантов по мере увеличения масштабов сети, а с ними и трудоемкость решения, растут по экспоненте.

2. Эвристический метод.

Данный метод эффективен для решения больших практических задач. Они дают достаточно близкие к оптимальным результаты при высокой сложности вычислений, однако, не обеспечивают отыскания оптимального решения.

Эвристический метод основан на «правиле большого пальца» (иначе метод Палетто или АВС метод), то есть на предварительном отказе от очевидных неприемлемых вариантов. Таким образом, проблема сокращается до управляемых размеров с точки зрения количества альтернатив, которые необходимо оценить. Остаются лишь спорные варианты, по которым у эксперта нет однозначного мнения. Для этих вариантов ЭВМ выполняет расчеты по полной программе.

3. Метод определения центра тяжести.

Данный метод используется для определения места расположения одного распределительного центра. При выборе местоположения распределительного центра наибольшее внимание уделяется транспортным расходам, связанным с доставкой материальных средств в распределительный центр и с центра потребителям. Чем ниже эти совокупные расходы, тем эффективнее вариант выбора. Рациональное место расположения распределительного центра зависит от особенностей транспортной сети.

Определение точки территории, соответствующей распределительному складу, находится при помощи формул [3]:

$$M_{x(y)} = \frac{\sum_{i=1}^{m} T_{\Pi i} X_{\Pi i}(Y_{\Pi i}) Q_{\Pi i} + \sum_{j=1}^{n} T_{Kj} X_{Kj}(Y_{Kj}) Q_{Kj}}{\sum_{i=1}^{m} T_{\Pi i} Q_{\Pi i} + \sum_{j=1}^{n} T_{Kj} Q_{Kj}}, \quad (1)$$

где M – центр массы или центр равновесной системы транспортных затрат, $T_{Пi}$ – транспортный тариф для поставщика на перевозку груза, T_{Kj} – транспортный тариф для клиента на перевозку груза, $X_{Пi}$ – расстояние от начала выбранной системы координат до i–го поставщика (i=1,2,…,m), R_{Kj} – расстояние от начала выбранной системы координат до j–го клиента (j=1, 2,…, n), $Q_{Пi}$ – вес (объём) МС, отправляемый i–м поставщиком (i=1, 2,.., m), Q_{Kj} – вес (объём) МС, получаемый j–м клиентом (j=1, 2,…, n).

При решении задачи рационального местоположения распределительного центра считаем:

1. Транспортные тарифы одинаковы на всём пути перемещения материальных средств выбранным видом транспорта.
2. Воздушные перевозки осуществляются по кратчайшим расстояниям между пунктами назначения.
3. Распределительный центр выбирается из множества мест расположения авиационных частей объединения.

Для осуществления перевозок местоположение распределительного центра ищем минимальное значение функционала:

$$F = \min_{l}\left[\sum_{i=1}^{m} a_i R_{Пli} + \sum_{j=1}^{n} b_j R_{Klj}\right], \qquad (2)$$

где $R_{Пli}$ – расстояние (в соответствии с транспортной сетью) от i–го поставщика до l–го предполагаемого распределительного центра, R_{Klj} – расстояние (в соответствии с транспортной сетью) от j–го клиента до l–го предполагаемого распределительного центра, a_i – масса перевозимых материальных средств от i–го поставщика до предполагаемого распределительного центра, b_j – масса перевозимых материальных средств от распределительного центра до j–го клиента.

Библиографический список

1. Виноградов В.А. ИАО боевой подготовки и боевых действий авиации вооруженных сил и эксплуатация авиационных РЭК / В.А. Виноградов, В.Ф. Воскобоев, О.А. Лаксаков, М.С. Ярлыков. – М: ВВИА им. профессора Н.Е. Жуковского, 1989. – 472 с.
2. Гаджинский А.М. Логистика / А.М. Гаджинский – М.: Дашков и К^0, 2008. – 484 с.
3. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М: Наука, 1987. – 329 с.
4. Платонов А.А. Унификация названий транспортных средств на комбинированном ходу / А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. С. 224.
5. Деревянко Е.А. Программная реализация модели функционирования системы обеспечения работоспособности средств наземного обслуживания полетов авиации / Е.А. Деревянко // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021611690, 03.02.2021. Заявка № 2021610575 от 21.01.2021.

УДК. 348.046.4

Научно-исследовательская работа – как форма научной работы преподавателя высшего учебного заведения

Лазарев С.В., Баклкнева С.А., Лазарева Н.С.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. В статье представлен порядок организации и планирования научно-исследовательской работы в высшем учебном заведении, определен порядок разработки ТТЗ на НИР, рабочей программы и рассмотрены методические подходы и рекомендации по подготовке и выполнению научных исследований согласно годовому плану научной работы.

Abstract. The article presents the procedure for organizing and planning research work in a higher educational institution, defines the procedure for developing the TTP for research, the work program, and considers methodological approaches and recommendations for the preparation and implementation of scientific research according to the annual plan of scientific work.

Ключевые слова*:* планирование, научные исследования, научные кадры, рабочая программа, тактико-техническое задание, научно-исследовательская работа.

Keywords: planning, scientific research, scientific personnel, work program, tactical and technical task, research work.

Вопреки суждениям и прогнозам, дававшимся в конце 90-х годов, значение военной силы в биполярном мире не уменьшилось, а наоборот увеличилось. Более того, начиная с 2001 года, обозначились процессы повышения роли военной силы для обеспечения политических и экономических интересов отдельных государств мира, тогда как целый ряд политических институтов в сфере международной безопасности вступил в полосу жесткого кризиса. В связи с этим возникла крайняя необходимость переосмысления всего комплекса вопросов, связанных как с основными аспектами международной безопасности, так и с принципами обеспечения национальной безопасности Российской Федерации [2].

В современных условиях обеспечить международную стабильность должны именно Вооруженные Силы РФ, которые после длительного периода реформирования и выхода из кризиса приобретают новые качественные показатели как с точки зрения боевой готовности и эффективности, так и с точки зрения возможностей обеспечения политической стабильности и экономических интересов государства.

Для решения научных задач возникает необходимость на ближайшую перспективу главные усилия в военной области сконцентрировать на:

– уточнении системы подготовки научных кадров и организационных форм проведения научно-исследовательских работ (НИР) в интересах

сосредоточения усилий научных коллективов для решения научно-технических проблем;

– совершенствование системы планирования научных исследований и координация деятельности научно-исследовательских организаций (НИО) и вузов Министерства обороны (МО), других министерств и ведомств Российской Федерации, ведущих исследования по оборонной тематике;

– дальнейшем проведении исследований, в том числе и системы информационного обеспечения и робототехнике;

Сосредоточивая усилия на решение выше перечисленных задач, ВУЗы Министерства обороны в ноябре каждого года приступают к планированию научно-исследовательских работ на следующий год.

Научная работа в ВУЗе МО организуется и проводится в соответствии с приказами и директивами министра обороны РФ и начальника Генерального штаба (ГШ) ВС РФ. Планирование научной работы заключается в определении общих направлений исследований и выявлении комплексных проблем, стоящих перед ВС РФ на современном этапе; целей по каждой научно-исследовательской теме, задач и этапов исследования, их объема и сроков исполнения, прогнозирование ожидаемых результатов исследований; определение по каждой теме НИР научных руководителей, ответственных исполнителей и исполнителей, а также направлений и форм внедрения результатов научной работы в практическую деятельность органов военного управления и войск ВС РФ.

Все эти компоненты планирования составляют основу научно-исследовательской работы [4]. Каждая его тема - это научная задача, охватывающая конкретную узкую область научного исследования.

Многолетний опыт организации и ведения научно-исследовательской работы в системе Вооруженных Сил дает основание считать, что под научным направлением следует понимать крупную иерархическую область исследований, носящую самостоятельный характер и направленную на решение нескольких проблем и ряда научных задач данной отрасли науки [5]. Структурными единицами научного направления исследований являются комплексные проблемы, темы и вопросы, стоящие перед Вооруженными Силами РФ в этот сложный современный период.

Комплексная проблема исследований включает в себя несколько научных проблем. Под научной проблемой, как правило, понимают составную часть направления исследований, которая посвящена решению какой-либо области исследований и включает в себя ряд взаимосвязанных научных задач. Научная задача представляет собой элемент проблемы, направленный на решение частных вопросов. В рамках научной проблемы обычно выделяют темы исследования, подтемы, а также отдельные вопросы.

Научная работа в высшем военно-учебном заведении организуется и проводится в соответствии с перспективным и годовым планами. Перспективным планом определяются основные направления научной работы вуза. В годовой план, разрабатываемый на календарный год на основе перспективного, включаются темы, заданные генеральным заказчиком

(заказчиками), инициативные темы вуза, а также научные исследования, выполняемые на договорной основе с другими федеральными органами исполнительной власти, предприятиями, организациями и учреждениями. Первоочередному выполнению подлежат работы, заданные генеральным заказчиком (заказчиками).

План, как правило, подписывается начальником ВУЗа и утверждается их непосредственными начальниками 20 декабря года, предшествующего планируемому. В месячный срок после утверждения перспективных и годовых планов научной работы их копии направляются в Военно-научный комитет главного командования Воздушно-космических сил (ВКС).

На основе годового Плана научной работы ВУЗа, Календарного плана основных мероприятий ВКС, текущих директивных документов и указаний руководства МО и ГК ВКС в ВУЗе разрабатывается План основных мероприятий на месяц, а на факультетах (кафедрах) – планы работы на месяц.

Ежегодным приказом начальника ВУЗа в целях качественного и своевременного выполнения Плана научной работы издается приказ по организации научной работы, определяются: научные руководители (головные, ответственные исполнители) НИР из числа руководящего состава факультетов (кафедр); перечень выполняемых научно-исследовательских работ и разрабатываемых отчетных документов, научных трудов, закрепленных за научными руководителями и головными (ответственными) исполнителями; состав комиссий по приему научной продукции от соисполнителей комплексных НИР; мероприятия по организации научно-информационного обеспечения исследований.

Период формирования (разработки) годового плана научной работы, согласования проекта заказываемых тем работы с генеральными заказчиками (заказчиками) – самый сложный и ответственный период деятельности любого научного коллектива.

В процессе согласования тем с головными заказчиками (заказчиками) и формирования годового плана научной работы должны участвовать в первую очередь руководящий состав ВУЗа и наиболее опытные, квалифицированные научные сотрудники научно-исследовательских центров или профессорско-преподавательский состав.

Заказчиками НИР могут выступать: Правительство РФ (государственный оборонный заказ); Министр обороны и его первые заместители; заместители Министра обороны; главком вида ВС; начальник рода войск; другие федеральные органы исполнительной власти; предприятия и организации.

По опыту научной работы сложилась закрепленная в Положении о научной работе в ВС РФ определенная организация выполнения НИР, на которую разрабатываются:

– тактико-техническое задание (ТТЗ) на НИР головному исполнителю (если выполнение исследований предусмотрено несколькими организациями);

– рабочая программа выполнения НИР;

– списки исполнителей НИР;

– частные ТТЗ на НИР соисполнителям;

– план-проспект разработки отчета о НИР.

ТТЗ на НИР разрабатывается заказчиком (созаказчиками) совместно с головным исполнителем в НИО МО и утверждается не позднее, чем за месяц до начала работ. Работе соответствующим органом военного управления (в план которого она включается) присваивается номер и шифр. Рабочая программа выполнения НИР разрабатывается головным исполнителем под руководством научного руководителя на основании ТТЗ (договора) на НИР и утверждается начальником вышестоящего командования. Головной исполнитель оказывает исполнителям научную и методическую помощь, организует и координирует их работу, обмен научной информацией, утверждает заключения (акты приемки) на отчетные материалы исполнителей и составляет итоговый отчет о работе в целом.

Частные ТТЗ организациям-соисполнителям разрабатываются головным исполнителем НИР и согласовываются в месячный срок после утверждения задания на НИР. Утвержденные начальником ВУЗа МО частные ТТЗ высылаются всем организациям-соисполнителям.

План-проспект для подготовки этапного и итогового отчета о НИР разрабатывается под руководством научного руководителя головным исполнителем и утверждается начальником ВУЗа.

Основанием для открытия НИР является ее наличие в годовом плане научной работы ВУЗа МО, а также наличие утвержденного ТТЗ на НИР.

Общая продолжительность выполнения НИР, как правило, не должна превышать трех лет.

Разработке ТТЗ по запланированной теме должно предшествовать определенное теоретическое осмысление членами творческих коллективов целей исследования, общее ознакомление их с разрабатываемой проблемой. Эта работа проводится в рамках подготовительного этапа - предварительной проработки темы НИР. В отечественной практике проведения научных исследований на подготовительный этап выделяется 25-30% времени, отведенного на эту работу.

Суть предварительной проработки запланированной темы НИР заключается в том, что головной (ответственный) исполнитель совместно с генеральным заказчиком (заказчиком) окончательно определяют: цели предстоящих исследований по теме, обоснованность их постановки и реальность достижения.

Цели и задачи исследования зависят в первую очередь от того, какими планируются исследования - теоретическими или прикладными. Теоретические исследования выполняются для отыскания ранее неизвестных явлений и связей, а прикладные - для приближения известных теоретических положений к практике.

Головной (ответственный) исполнитель совместно с заказчиком конкретизируют содержание исследования. Уясняют, какие явления, вопросы, процессы, закономерности оно должно охватить. Отграничивают данную тему исследования от смежных с нею, то есть устанавливают рамки исследуемого объекта. Затем определяют его структуру.

Головной (ответственный) исполнитель совместно с заказчиком определяют этапы НИР, объем предстоящих работ, их сроки, форму выходных документов. Прогнозируют главные результаты НИР и намечают способы и формы их реализации.

На конечные результаты исследований существенное влияние оказывает хорошо подготовленная информационная база для НИР. В процессе совместной работы головной (ответственный) исполнитель совместно с генеральным заказчиком (заказчиком) выясняют наличие справочных материалов у исполнителей и заказчика, в других ВУЗах и НИО МО. При этом уточняются возможность, пути и способы получения информационных материалов авторским коллективом. Составляется библиография по открытой литературе и закрытым источникам. Устанавливается, не проводится ли исследование по данной проблематике другими ВУЗами МО РФ.

Анализ результатов предварительной проработки запланированной темы не исключает и вывода о необходимости прекращения исследований в рамках данной НИР. Основными причинами такого вывода могут быть:

– НИР потеряла актуальность;

– аналогичные вопросы подняты и решены в диссертационной работе;

– заказчик не может предоставить достаточный объем справочной информации по теме;

– тема ввиду сложности, комплексности не может быть разработана специалистами коллектива ВУЗа.

Вывод о прекращении дальнейших исследований необходимо оформить в виде аргументированного заключения экспертной комиссии, которое представляется руководству Главного командования ВКС МО РФ.

По итогам предварительной проработки темы генеральный заказчик (заказчик) совместно с головным (ответственным) исполнителем разрабатывают тактико-техническое задание на НИР - основной документ, регламентирующий исследование запланированной темы. Порядок его разработки, основные положения, комплекс требований к содержанию, объему и срокам выполнения НИР изложены в ГОСТ 15.101-98.

В соответствии с требованиями ГОСТа ТТЗ должно содержать цель работы, объект и предмет исследования, информационную базу, этапы НИР, трудозатраты, время для выполнения работы, сроки ее завершения, форму выходных документов, а также условия и формы реализации и внедрения результатов.

Тактико-техническое задание - это правовой документ, определяющий не только обязанности, но и права авторского коллектива в вопросах получения информации по теме, консультаций со специалистами, реализации научных результатов. При необходимости эти права могут оговариваться в ТТЗ.

В процессе исследований по инициативе генерального заказчика (заказчика) или головного (ответственного) исполнителя в задание могут вноситься изменения и дополнения (исключение, расширение, углубление отдельных позиций, разделение и совмещение этапов, уточнение их содержания и т.д.). Согласование и утверждение коррективов осуществляются

в том же порядке, что и для задания на НИР. На титульном листе ТТЗ в этом случае делается запись: «Действует совместно с дополнением № _». При уяснении содержания задания головной (ответственный) исполнитель окончательно определяет состав авторского коллектива. Он комплектуется с учетом научной специализации сотрудников, их базовой подготовки и взаимной дополняемости, т.е. таким образом, чтобы этот коллектив был способен провести комплексное исследование темы.

Если в выполнении НИР участвуют внешние исполнители (соисполнители), то на основе тактико-технического задания и приказа начальника ВУЗа для таких НИР разрабатываются частные ТТЗ соисполнителям, рабочая программа выполнения НИР и план-проспект промежуточного отчета. Частные задания соисполнителям разрабатываются головным (ответственным) исполнителем НИР в месячный срок после получения от заказчика утвержденного задания и принятия НИР к разработке.

Частное ТТЗ разрабатывается по той же форме, что и основное. Подписывает его научный руководитель, а утверждает начальник ВУЗа. В частном задании определяются лишь те вопросы НИР, которые поручаются разработать (исследовать) соисполнителю. Утвержденное частное ТТЗ должно быть выдано соисполнителю НИР не позднее, чем за десять дней до начала выполнения работы (ГОСТ 15.101-98).

Головной (ответственный) исполнитель совместно с научным руководителем, руководствуясь ТТЗ и договором, разрабатывает рабочую программу выполнения НИР. Подписывает ее научный руководитель, а утверждает начальник ВУЗа.

Рабочая программа, по существу, сама является продуктом научной деятельности. Основой для ее составления служит полученная в ходе предварительной проработки запланированной темы информация об объекте исследования, целях, задачах НИР и возможностях ученых ВУЗа по их достижению и решению.

Рабочая программа организует групповой исследовательский процесс на всем его протяжении. Обычно она включает в себя: обоснование и изложение целей, задач и направлений исследования; методологию предстоящей работы и последовательность выполнения исследований по конкретным вопросам, обобщения и анализа полученных данных; укрупненный расчет распределения членов авторского коллектива по исследуемым вопросам и задачам; определение сроков выполнения работ, трудозатрат выходных результатов; предложения о внедрении (реализации) прогнозируемых результатов НИР.

В рабочей программе должно быть определено не только то, что надо сделать, но и то, как сделать, то есть по каждому вопросу указываются методы исследования. При организации работы по запланированной теме исследования авторскому коллективу прежде всего необходимо особое внимание направить на определение (выбор или самостоятельную разработку) методики исследования, то есть совокупность методов и приемов его проведения. При выборе методики используется не только личный опыт, но и опыт авторских коллективов, управлений, факультетов и кафедр ВУЗа. К разработке рабочей

программы необходимо привлекать высококвалифицированных специалистов различного профиля и отводить на это достаточно времени.

Вне всякого сомнения, научными коллективами ВУЗа при проведении исследований широко будут применяться общенаучные методы – интуитивно-логические, логические, исторические, эвристические, экстраполяции, системного анализа, моделирования, эмпирический.

При организации исследований не существует универсальных рецептов по применению стандартных методов решения научных проблем, а нетворческое использование ранее апробированных методов научных исследований может дать противоположный эффект. Следовательно, организация исследования требует тщательно осуществлять выбор рекомендаций методического и методологического характера.

В связи с этим в подготовке и обсуждении рабочих программ, в которых намечаются используемые в НИР методы научных исследований, должны участвовать все научные сотрудники, которые будут участвовать в работе по данной НИР, то есть весь авторский коллектив, в том числе руководящий состав всех подразделений ВУЗа.

Сбор и обработка материалов, относящихся к теме исследования, ведутся согласно рабочей программе и начинаются после того, как исследуемый вопрос в достаточной степени уяснен. Перечень необходимой информации в общем виде определяется уже на этапе предварительной проработки темы. Ее поиск начинается с изучения библиографических карточек и каталогов, аннотированных указателей. Часто используют список литературы, приведенный в конце более поздних источников, полно и достоверно освещающих исследуемую тему. Регламент и рамки поиска определяет ответственный исполнитель, а затем согласовывает их с научным руководителем темы. Сущность сбора материалов по теме заключается в том, что децентрализованная, рассредоточенная по разным источникам информация собирается воедино и должным образом организовывается. Выписки из источников делаются целенаправленно, в соответствии с рабочей программой НИР. Исследователи как бы «ведут источник за собой», то есть собирают материал, выписывают из книг, статей, нормативных актов и т.п. все, что им потребуется для разработки темы.

Следует, однако, отметить, что при сборе материала возможны и отклонения от рабочей программы НИР. Изучение источников может выявить совершенно новый материал, раскрывающий и углубляющий решение поставленной задачи с непредвиденной, но в то же время научно оправданной стороны. В таком случае ранее разработанную рабочую программу исследуемой темы целесообразно уточнить, ввести в нее новые позиции.

Еще В.Г. Белинский, говоря о значении фактов для научных обобщений, писал: «В науке должно искать идеи. Нет идеи, нет и науки. Знания фактов только потому и драгоценно, что в фактах скрываются идеи; факты без идей – сор для головы и памяти» [1].

На этапе сбора и обработки информации, как показывает опыт, имеются значительные резервы для интенсификации научно-исследовательской работы:

во-первых, за счет сокращения сроков, а во-вторых, за счет качества извлекаемой информации. Первое достигается правильно организованным процессом сбора сведений, совершенствованием поискового аппарата информационных систем, оптимальным распределением всего объема работы между членами авторского коллектива; второе - более полным и умелым использованием источников информации.

Нередко профессорско-преподавательский состав ищет в изучаемых материалах готовые решения, прямые ответы на интересующие вопросы, которые соответствовали бы первоначальным моделям и версиям. Это неверно. Творческим коллективам целесообразно выходить на выводы и обобщения, новые знания путем исследования, оценки и обработки информационных материалов согласно методологии разработки исследуемой темы.

Изучение и анализ собранных материалов творческим коллективом осуществляются в соответствии с целями и задачами исследования. Целью данного этапа НИР является подготовка и написание выходных документов по теме. Однако этому предшествует напряженная творческая работа, глубокое и всестороннее обдумывание не только основных положений, но и деталей будущего изложения.

Вынашивание основных идей исследовательской работы - процесс сложный, требующий большой сосредоточенности и труда. Собранные, обработанные материалы надлежит превратить в стройное, последовательное, научно аргументированное изложение, то есть написать текст основного выходного документа - отчета о НИР. Это требует большого труда и опыта. Написание текста итогового отчета - венец всей работы, вершина творческой деятельности авторского коллектива.

Однако даже самым квалифицированным и опытным научным сотрудникам не удается сразу написать текст отчета о НИР на уровне, полностью отвечающем требованиям не только ГОСТ, но и литературного языка. Обычно после написания материалов отчета в так называемом первом варианте их доделывают и даже переделывают, совершенствуя текст.

Изложение текста и оформление отчета о полученных результатах НИР выполняют в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта ГОСТ 7.32-2001; ГОСТ 2.105; ГОСТ 6.38. Страницы текста отчета о НИР и включенные в отчет иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 7.32-2001 [3] определяет новые подходы к структурным элементам отчета о НИР, а именно: титульный лист, список исполнителей, реферат, содержание, нормативные ссылки, определения, обозначения и сокращения, введение, основная часть, заключение, список использованных источников, приложения, а также основные требования к содержанию этих структурных элементов отчета.

Отчет обсуждается на заседании кафедры или ученого совета вуза, подписывается всеми исполнителями, ответственным исполнителем, научным руководителем, начальником кафедры головного исполнителя, согласуется с начальником НИО и утверждается заместителем начальника вуза по учебной и

научной работе или начальником вуза.

Результаты научных работ, выполненных высшим военно-учебным заведением, считаются реализованными, если они:

- использованы при решении актуальных вопросов военной науки и техники, включены в уставы, наставления, положения, руководства, инструкции и другие руководящие и нормативные документы;

- использованы при создании новых и модификации состоящих на вооружении образцов вооружения и военной техники, их эксплуатации, восстановлении и ремонте, а также при проектировании, строительстве и эксплуатации специальных сооружений и объектов;

- использованы в разработке проблем и практике воинского обучения и воспитания военнослужащих Вооруженных Сил;

- внедрены в образовательный процесс высших военно-учебных заведений, боевую подготовку войск (сил), использованы при написании учебников, учебных пособий, военно-теоретических трудов и монографий, включены в итоговые отчеты головных исполнителей.

Разработка отчета о НИР завершается редактированием его материалов. Поэтому, планируя рабочее время, отводимое на изложение результатов научного исследования, целесообразно резервировать определенную его часть (до 20-25%) для редактирования и других доработок.

Основные выводы по НИР и предложения по их реализации на практике в установленном порядке представляются в ВНК ГК ВКС МО РФ в виде докладной записки совместно с итоговым отчетом.

В срок, указанный в ТТЗ, генеральный заказчик (заказчик) осуществляет приемку выполненной НИР, которая производится, как правило, специально назначенной комиссией. Результатом работы комиссии является акт приемки НИР и план реализации ее результатов.

В заключение следует отметить, что предлагаемые в статье некоторые методические подходы и рекомендации по подготовке и выполнению научных исследований согласно годовому плану научной работы ВУЗа МО носят общий характер. Использовать их в каждой конкретной НИР необходимо творчески, в соответствии с проблематикой деятельности Вооруженных Сил РФ в современных условиях.

Библиографический список

1. Белинский В.Г. Избранные философские сочинения. – М: 1941. – 293 с.
2. Российское военное обозрение, № 1 (48) январь 2008.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 7.32-2001.
4. Платонов А.А. Научно-исследовательская работа в образовательных учреждениях / А.А. Платонов // Гуманитарные научные исследования. 2016. № 9 (61). С. 106-132.
5. Свороб П.К. Организационно-правовые основы военного образования и технологии профессионально-ориентированного обучения / П.К. Свороб, В.Н. Бычков. – СПб: с. 691.

УДК 629.7

CALS-технологии – как форма информационно-логистической поддержки средств наземного обслуживания общего применения

Лазарев С.В., Дегтярев А.Н., Бакленева С.А., Лазарева Н.С.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. В статье представлено обоснование применения CALS-технологий для информационно-логистической поддержки жизненного цикла средств наземного обслуживания общего применения для Воздушно-космических сил.

Abstract. The article presents the rationale for the use of CALS technologies for information and logistics support of the life cycle of general-purpose ground-handling equipment for the Aerospace Forces.

Ключевые слова: CALS-технологии, информационно-логистическая поддержка (ИПЛ), средства наземного обслуживания общего применения (СНО ОП), эксплуатация, электрогазовая техника.

Keywords: CALS-technologies, information and logistics support (ILP), general-purpose ground handling equipment (SNO OP), operation, electric and gas equipment.

В настоящее время в промышленно развитых странах широко распространяются информационные CALS-технологии сквозной поддержки продукции на всех этапах ее жизненного цикла, а именно на этапах маркетинговых исследований, составления технического задания, проектирования, технологической подготовки производства, изготовления, поставки, эксплуатации и утилизации.

CALS-технологии базируются на стандартизованном едином электронном представлении данных и коллективном доступе к ним. Эти технологии позволяют существенно упростить проектирование, производство, продажу, эксплуатацию и сервисное обслуживание сложного оборудования и существенно повысить производительность труда на всех перечисленных этапах.

CALS-технологии рассматриваются как средство интеграции в мировую экономику, как инструмент реструктуризации промышленности, коренным образом упрощающий внутреннюю и международную промышленную кооперацию, повышающий конкурентоспособность промышленных изделий, обеспечивающий качество продукции, ускорение взаиморасчетов, совершенствование управления на предприятиях.

В основе реализации данной концепции лежат CALS-технологии - информационные технологии описания изделий, производственной среды и процессов, протекающих в этой среде. Данные, порождаемые и преобразуемые этими информационными технологиями, представляются в виде, оговоренном CALS-стандартами, и служат для обмена или совместного использования различными участниками жизненного цикла продукции.

Идеальной основой для решения поставленной задачи является использование единой интегрированной модели изделия и его жизненного цикла. Эта модель выступает в роли единого источника информации для любых процессов, выполняемых в ходе жизненного цикла изделия. Возможность совместного использования информации обеспечивается применением компьютерных сетей и стандартизацией форматов данных, обеспечивающей их корректную интерпретацию [1].

Таким образом, предметом CALS сегодня являются технологии совместного использования и обмена информацией (информационной интеграции) об изделиях и процессах, выполняемых в ходе жизненного цикла изделий (в нашем случае – средства наземного обслуживания общего применения). Основой является использование комплекса единых информационных моделей, стандартизация способов доступа к информации и ее корректной интерпретации, обеспечение безопасности информации, а также юридические вопросы совместного использования информации (в том числе интеллектуальной собственности).

Рисунок 1 – CALS-технологий СНО ОП

Основными принципами внедрения CALS-технологий (рис. 1) в ВКС должны быть:

– выделение приоритетов в решении задач разработки и внедрения информационных технологий в соответствии с реальными возможностями их выполнения;

– ориентация на современные передовые технологии информационной поддержки жизненного цикла промышленных изделий;

– учет опыта предыдущих разработок, предполагающий использование имеющегося задела в реализации CALS-технологий СНО ОП;

– открытость архитектуры и модульность построения автоматизированных систем, комплексов и средств управления ЖЦ изделий СНО ОП, обеспечивающие наращивание их возможностей без переработки уже реализуемых решений;

– масштабируемость, т.е. возможность внедрения CALS-технологий как в полном, так и в сокращенном объеме для реализации всей совокупности задач или некоторой ее части;

– систематическое импортозамещение программно-технических решений с целью снижения уровня зависимости от иностранных государств.

Эффект от реализации CALS-технологий зависит от того, насколько последовательно, гибко, квалифицированно реализуются перечисленные принципы их внедрения [3].

Наиболее важными для ВКС взаимодействующими направлениями развития ИПИ-технологий жизненного цикла СНО ОП с учетом приоритетов являются:

– нормативно-правовое обеспечение разработки и внедрения информационных технологий;

– программно-техническое обеспечение реализации базовых информационных технологий.

Одним из наиболее значимых для ВВС направлений является создание системы информационно-логистической поддержки (ИЛП) СНО ОП в процессе эксплуатации**.** Целями ИЛП на стадиях эксплуатации и ремонта являются:

– автоматизация и информатизация процессов управления технической эксплуатации и ремонтом;

– повышение эффективности работ по контролю качества ремонта в авторемонтных предприятиях;

– обеспечение возможности анализа текущего технического состояния СНО ОП и прогнозирование его изменения;

– непрерывное улучшение эксплуатационно-технических характеристик СНО ОП;

– сокращение сроков подготовки ремонтного производства и освоения ремонта новых изделий электрогазовой техники (ЭГТ), существенное повышение уровня технико-экономической эффективности и качества серийного ремонта изделий ЭГТ;

– сокращение стоимости эксплуатации и ремонта ЭГТ.

ИЛП реализует методологию управления жизненного цикла ЭГТ на новом качественном уровне, не изменяя при этом функции и взаимоотношения участников. Мы ожидаем, что ИЛП приведет к улучшению организации и содержа-

ния работ на каждой стадии жизненного цикла, в том числе на стадиях эксплуатации и ремонта (рис. 2). ИЛП является инструментом эффективного и согласованного взаимодействия всех участников жизненного цикла СНО ОП в рамках совместно решаемых задач. Мероприятия по ИЛП включают в себя:

– анализ логистической поддержки эксплуатации и ремонта СНО ОП, его систем, оборудования и двигателей, а также вариантов технической эксплуатации и ремонта;

– управление конфигурацией автомобиля и использования данных о результатах эксплуатации для совершенствования его эксплуатационно-технических характеристик;

– разработку в электронном виде эксплуатационной и ремонтной документации, обеспечивающей обучение личного состава, ввод в строй ЭГТ, выполнение всех видов подготовок к полетам, технического обслуживания, материально-технического обеспечения, ремонта и хранения, а также учетной, отчетной и другой документации, предусмотренной нормативными положениями;

– формирование и ведение электронных досье (персональных баз данных) на эксплуатируемые и ремонтируемые СНО ОП с целью накопления и использования фактических данных для оперативного определения потребностей в финансовых, материальных и трудовых ресурсах в интересах выполнения необходимых работ на ЭГТ;

– оптимизацию номенклатуры и количества средств наземного обслуживания, средств контроля и инструмента для обеспечения эксплуатации и ремонта;

– реализацию в эксплуатирующих организациях и ремонтных предприятиях современных автоматизированных систем планирования и управления всем комплексом работ, выполняемых на спецтехнике [2], их электрогазового обеспечения и управления качеством на основе электронного обмена данными с использованием электронной цифровой подписи;

– организацию на основе электронного обмена данными информационного взаимодействия разработчиков и изготовителей СНО ОП и его составных частей, организаций Заказчика, органов военного управления всех уровней;

– разработку технических средств обучения и внедрение их в практику профессиональной и технической подготовки личного состава.

Ключевым звеном ИЛП является анализ логистической поддержки, направленный на минимизацию затрат при обеспечении заданных в ТТЗ характеристик автомобиля.

Результатами анализа логистической поддержки являются рекомендации:

– к совершенствованию конструктивного облика СНО;

– к инфраструктуре системы эксплуатации и ремонта, включающей аэродромы, здания, сооружения, системы энерго- и топливоснабжения и др.;

– к материально-техническому обеспечению ТО и Р на ЭГТ;

– к количественному и качественному составу персонала эксплуатирующих и ремонтных организаций и уровню его квалификации;

– к системе подготовки водителей и техническим средствам обучения.

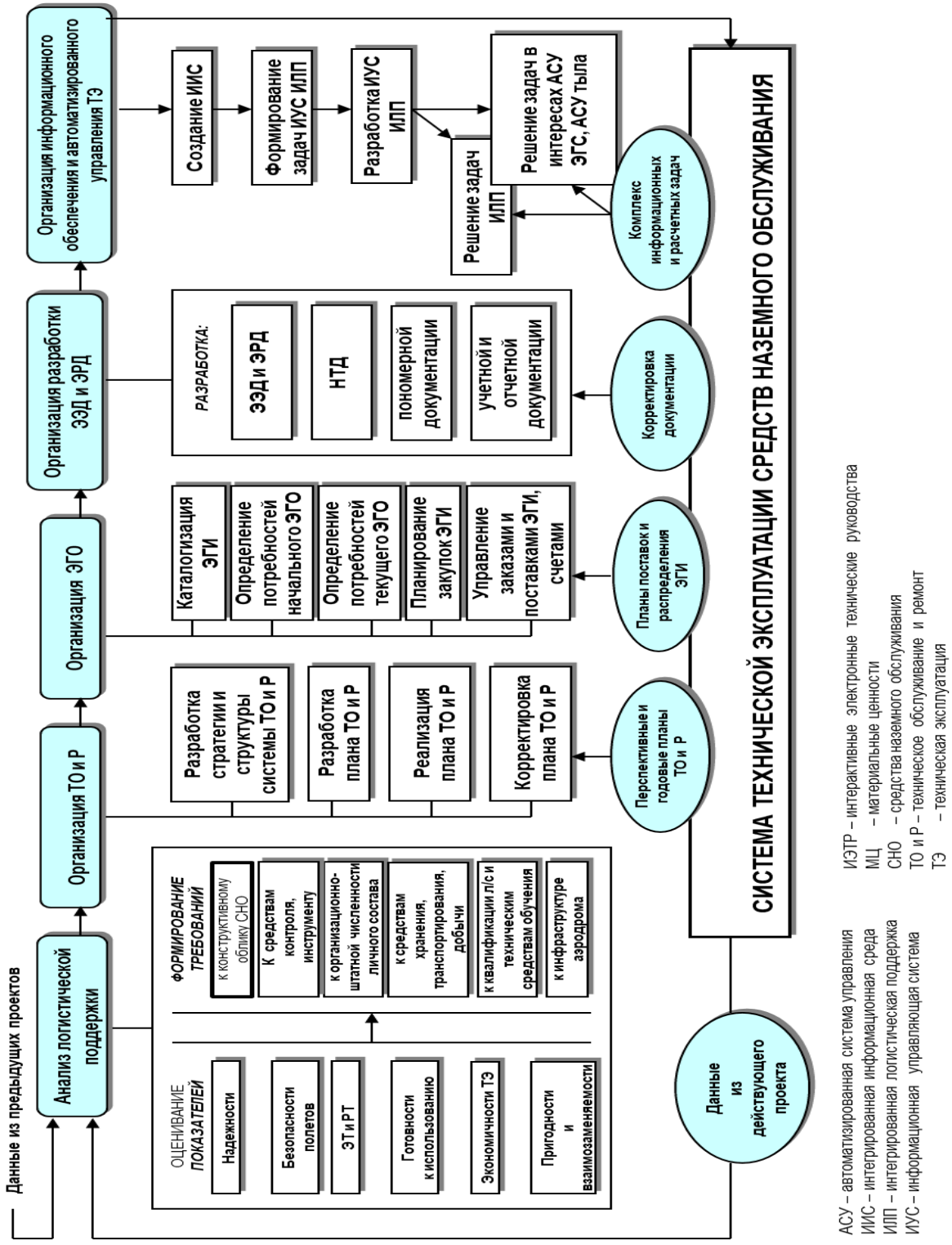


Рисунок 2 – Система технической эксплуатации СНО ОП

В целом система задач анализа логистической поддержки и последовательность их выполнения ориентированы на снижение вероятности неудачных проектных решений, негативно влияющих на эффективность эксплуатации.

По результатам анализа логистической поддержки осуществляется **автоматизированное планирование в электронном виде процессов ТО и Р**, которое предполагает:

– формирование концепции ТО и Р, определяющей виды ТО и Р, их классификацию в зависимости от периодичности выполнения, условий эксплуатации и организации выполнения, организационных уровней обслуживания и ремонта;

– мониторинг технического состояния парка ВС и прогнозирование его изменения на основе накапливаемых в общей базе данных сведений о состоянии систем, оборудования и двигателей ВС, о произошедших отказах и повреждениях, об обеспеченности запасами ресурсов и сроков службы (хранения);

– разработку правила выбора и включения в программу ТО и Р работ в целях поддержания надежности при оптимальных затратах ресурсов;

– разработку регламента технического обслуживания и его оперативную корректировку по результатам реальной эксплуатации в войсках;

– планирование деятельности эксплуатирующих организаций в процессе управления и контроля ТО и Р.

Процедуры поддержки материально-технического обеспечения представляют собой совокупность мероприятий, представленных на рис. 3.

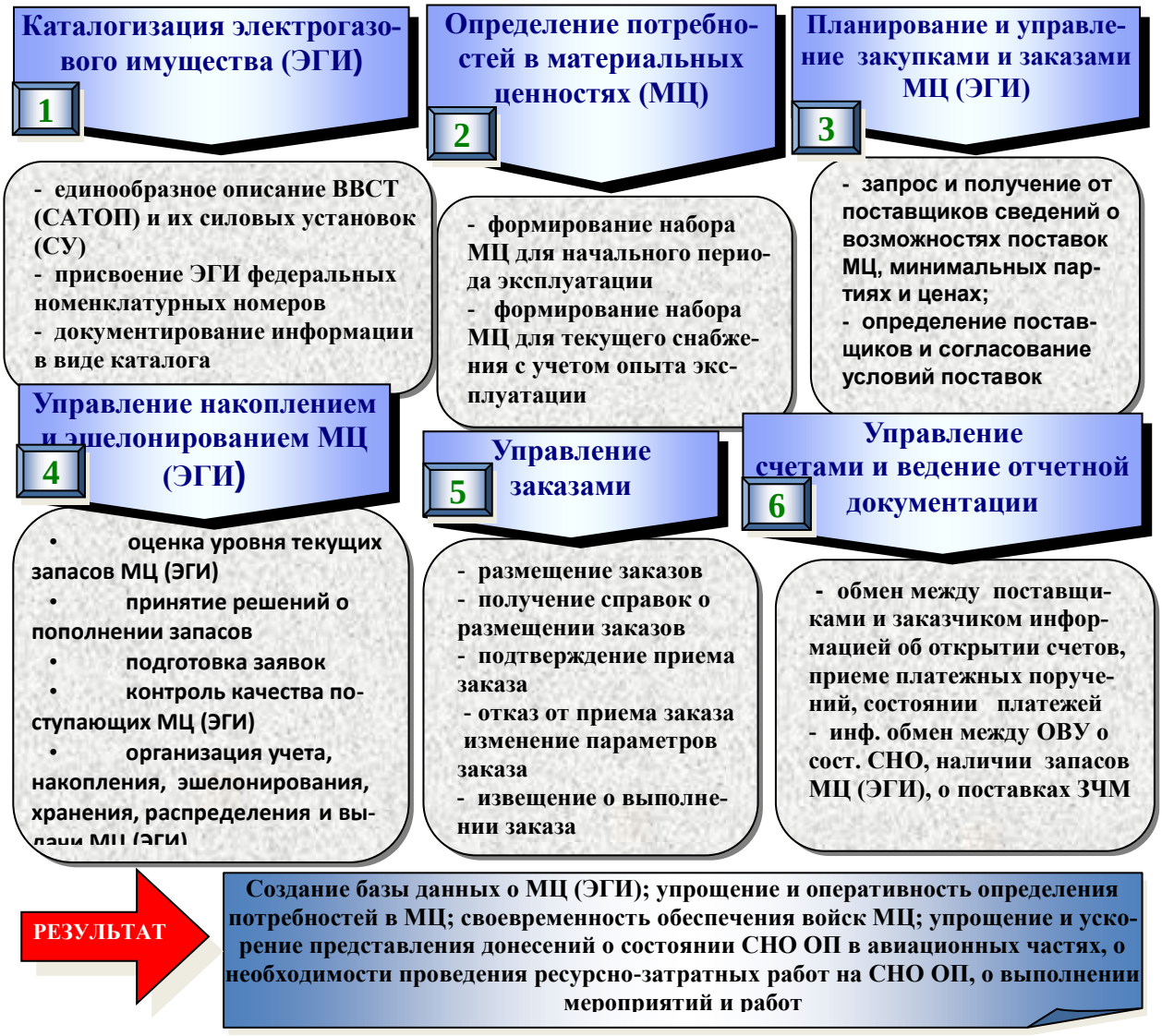


Рисунок 3 – Поддержка материально-технического обеспечения

Для определения необходимости обеспечения запасными частями СНО ОН необходимо проводить его диагностику. Для этого должна быть предусмотрена система диагностики СНО ОП (рис. 4), которая предусматривает установку систем датчиков и устройств, формирующих базу данных неисправностей и отказов (рисунок), для создания эксплуатационного дела СНО ОП.

Рисунок 4 – Система диагностики СНО ОП

Примерная схема обеспечения поставки запасных частей с использованием электронных средств обмена информацией представлена на рис. 5.

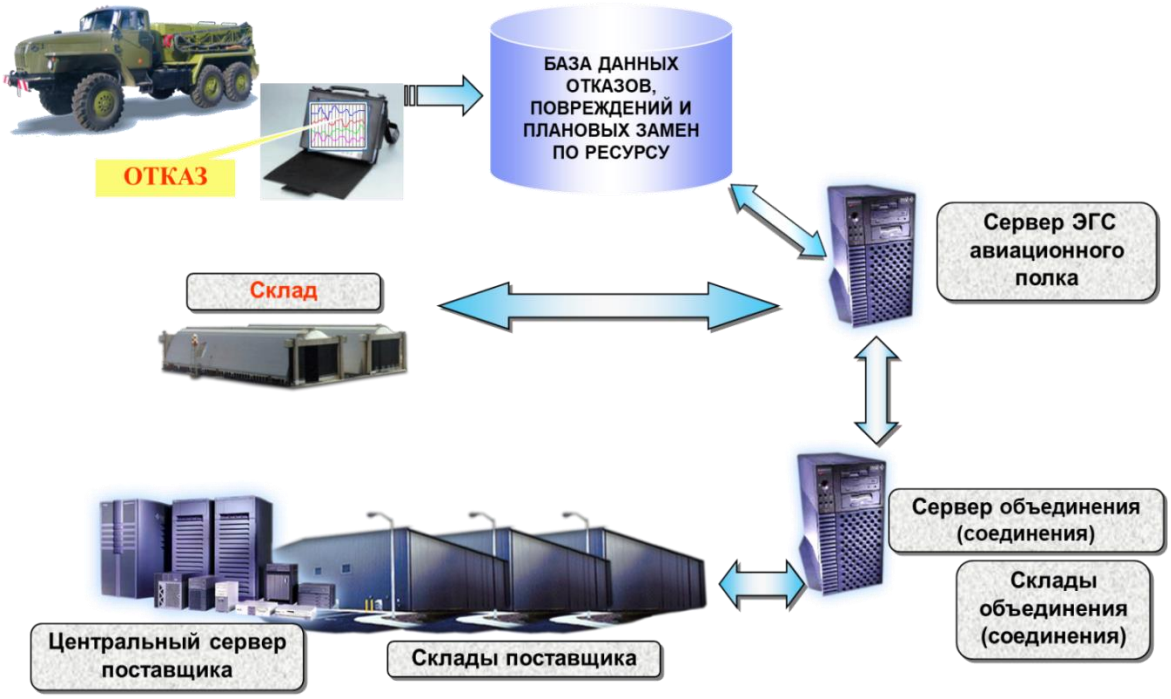


Рисунок 5 – Поставки запасных частей с использованием электронных средств обмена информацией

Важнейшей компонентой ИЛП является обеспечение эксплуатирующих и ремонтных организаций эксплуатационной и ремонтной документацией, выполненной в электронном виде и предназначенной для предоставления в интерактивном режиме справочной и описательной информации, информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах и работах на конкретном судне.

Примерный состав электронных технических документов состоит из:

• руководство по эксплуатации (РЭ);

• техническое описание спецустановки;

• каталог деталей и сборочных единиц;

• каталог СНО ОП;

• альбом электрических, принципиальных или гидравлических схем;

• руководство по капитальному (среднему) ремонту;

• нормы расхода запасных частей и материалов на средний и капитальный ремонт;

• ведомости ЗИП (ремонтные);

• альбом основных сочленений и ремонтных допусков;

• руководство по ТО;

• руководство по войсковому ремонту ВВСТ.

Эксплуатационное дело является основным информационным модулем в системе ИЛП для решения задач сопровождения, эксплуатации и ремонта конкретного СНО. Предусматривается постоянное пополнение дела информацией о ремонтной и технической эксплуатации, действиях водительского состава, результатах расследования причин отказов, запасах ресурсов, выполненных работах на СНО ОП. Содержание электронного эксплуатационного дела представлено на рис. 6.

Участниками реализации системы ИЛП должны быть заказчик, научно-исследовательские организации Заказчика, органы военного управления ВКС, эксплуатирующие организации, центры технического обслуживания и ремонта (ТЭЧ, войсковые авиаремонтные мастерские, авиаремонтные предприятия), базы и склады ВКС, разработчики и изготовители СНО и комплектующих изделий.

Структурно аппаратная часть системы ИЛП эксплуатации СНО ОП представляет собой распределенную сеть компьютеризированных средств с базами данных и прикладным программным обеспечением, центральный сервер которой устанавливается в центральном органе военного управления ВКС, а филиалы - в эксплуатирующих организациях, в органах военного управления других уровней, в НИО Заказчика, у разработчиков и изготовителей СНО и комплектующих изделий. Связь между ними осуществляется таким образом, что на центральном сервере сосредотачивается самая полная информация и обеспечивается санкционированный доступ к ней других участников ИЛП.

Рисунок 6 – Электронное эксплуатационное дело СНО ОП

Таким образом, организационно система информационно-логистической поддержки эксплуатации средств наземного обслуживания общего применения должна стать блоком автоматизированной системы управления электрогазовой службы с соответствующими автоматизированными местами должностных лиц главного командования ЭГС ВВС, в управлении ГК ВКС и тыла ВКС.

Библиографический список

1. Моделирование систем и процессов: учебник для слушателей и курсантов инженерных вузов ВВС. / В.Я. Головин, А.С. Шаламов, А.П. Кирсанов, В.Н. Миронычев, Ю.В. Митрофанов, А. Е. Гриценко, С.М. Ямпольский. Под ред. В.Я. Головина. – М.: ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2010.
2. Платонов А.А. Особенности эксплуатации специального самоходного подвижного состава на комбинированном ходу / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2013. № 1. С. 152-155.
3. Приоритетные направления и актуальные проблемы развития средств наземного обслуживания общего применения: сборник статей по материалам IV Всероссийской научно-технической конференции (18-19 февраля 2020 года). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019.

УДК 629.7.048.3

Перспективы развития авиационных систем кондиционирования воздуха

Ланин С.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. Проанализировано наиболее перспективное направление развития авиационных систем кондиционирования воздуха (АСКВ) для современных воздушных судов с целью совершенствования энергозатрат и повышения топливной эффективности с помощью замены отбора воздуха от маршевых двигателей на подачу кондиционного воздуха электроприводными воздуходувками. На примере широкофюзеляжного двухдвигательного пассажирского самолёта Boeing 787 Dreamliner, определены основные преимущества и возможные опасности структурной схемы АСКВ. Проведен сопоставительный анализ нескольких вариантов структурных схем АСКВ без отбора воздуха от авиадвигателей.

Abstract. The most promising direction of development of aviation air conditioning systems(ASCS) for modern aircraft is analyzed in order to improve energy consumption and increase fuel efficiency by replacing the air intake from main engines with the supply of air conditioning by electric blowers. On the example of a wide-body twin-engine passenger aircraft Boeing 787 Dreamliner, the main advantages and possible dangers of the structural scheme of the ASKV are determined. A comparative analysis of several variants of structural schemes of ASCS without air extraction from aircraft engines is carried out.

Ключевые слова: авиационная система кондиционирования воздуха, электроприводная воздуходувка, парокомпрессионный цикл, «более электрический» самолет, воздушный цикл, топливная эффективность.

Keywords: aviation air conditioning system, electric blower, steam compression cycle, «more electric» aircraft, air cycle, fuel efficiency.

Полеты современных воздушных судов (ВС) осуществляются на больших высотах и скоростях, что формирует высокие требования к безопасности и комфорту экипажа и пассажиров. Один из способов достижения показателей безопасности и комфорта — улучшение авиационных систем кондиционирования воздуха. Авиационные СКВ предназначены для создания и поддержания в объеме гермокабины нормируемых параметров воздуха (давления, температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха и т. д.), обеспечивающих комфортные условия для экипажа и пассажиров в полете и на земле, а также необходимые тепловые режимы работы бортового оборудования. Для работы такой системы требуется источник сжатого воздуха на борту самолета [1]. Структурная схема типовой АСКВ приведена на рис. 1.

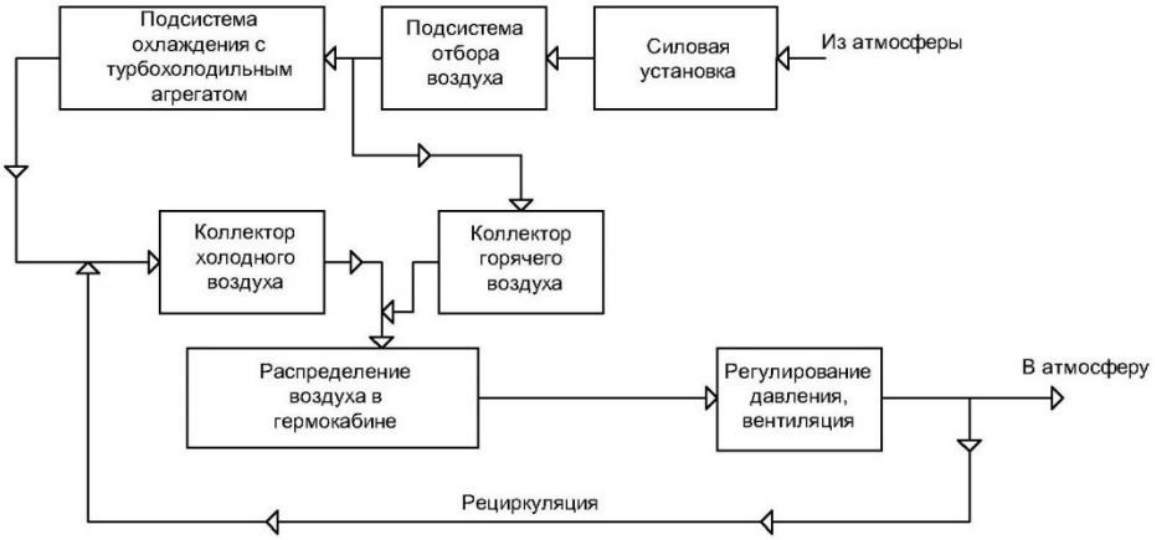


Рисунок 1 – Структура типовой АСКВ

В подавляющем большинстве АСКВ современных ВС в качестве источника сжатого воздуха используется воздуходувка авиационного двигателя. Воздух, отбираемый от воздуходувки двигателя, поддерживает необходимое давление и вентилирует гермокабину. Кроме того, его используют в качестве рабочего тела в хладоновом контуре АСКВ, в котором реализуется цикл воздушной холодильной машины (цикл Джоуля).

Использование воздушной холодильной машины определяет уровень давления воздуха в точке отбора от воздуходувки двигателя ВС — почти в 10 раз выше требуемого для наддува гермокабины. Из-за эксплуатации самолета в различных режимах, в том числе режимах малого газа работы двигателей, приходится использовать заведомо высокие ступени отбора, чтобы обеспечить надлежащую работоспособность холодильной машины на режимах малого газа работы двигателей ВС. В силу этого на большинстве режимов эксплуатации ВС приходится дросселировать давление за выбранной ступенью отбора, что в совокупности с низким коэффициентом полезного действия (КПД) системы охлаждения воздушного цикла делает применяемые сегодня АСКВ весьма энергетически затратными, а значит — энергетически малоэффективными [2].

Основная задача создания перспективных АСКВ — повышение их энергоэффективности (понижение затрат энергии на работу системы в любом эшелоне высот и скоростей полета). Это должно привести к повышению топливной эффективности всего самолета. Наиболее рациональным решением, основанным на исследовании влияния функционирования АСКВ на топливную эффективность самолета, является разработка структурной схемы АСКВ, не использующей отбираемый от нагнетателей двигателей воздух.

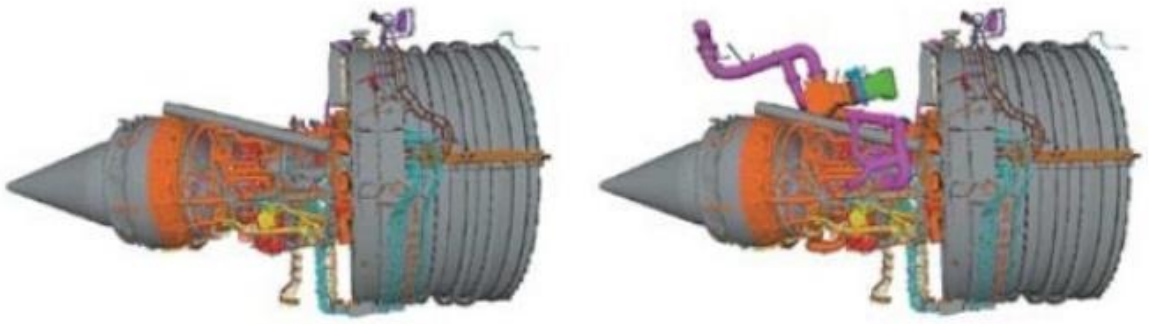
Концепция АСКВ без отбора воздуха от двигателя. В 1960– 1970-х гг. в ряде проектов зарубежных самолетов в качестве источников наддува использовали специальные салонные нагнетатели. По результатам эксплуатации нескольких экземпляров было сделано следующее заключение: применение независимых салонных нагнетателей невыгодно в сравнении с вариантом отбора сжатого воздуха от компрессора двигателя, поскольку они увеличивают массу

системы наддува, ее объем и лобовое сопротивление самолета, усложняют конструкцию и условия эксплуатации. По сравнению с компрессором двигателя ВС используемые центробежные воздуходувки имели более низкий коэффициент полезного действия и были менее надежны [3]. На рис. 2 показан возможный вариант схемы АСКВ с независимыми воздуходувками.

Рисунок 2 – Вид АСКВ с независимыми воздуходувками

С начала 1990-х гг. в Европе и США были проведены многочисленные исследования в рамках концепции no-bleedsystems (конфигурация бортовых систем без отбора воздуха (продувки) от компрессора двигателя), их целью была разработка облика бортовых систем, не использующих отбираемый от двигателей воздух. Для АСКВ как главного бортового потребителя сжатого воздуха был получен результат: использование электроприводных компрессоров для перспективных 500-местных самолетов по совокупности параметров (компоновочная масса элементов, компоновочные объемы, регулирование общего расхода) экономичнее в 6–7 раз относительно традиционной системы (при проведении расчетов были рассмотрены перспективные двигатели следующего поколения с генераторами заданной мощности) [4]. Совместными исследованиями NASA и фирмы Lockheed Martin установлено, что ВС с тремя двигателями, у которых осуществляется отбор только механической мощности с вала, на скорости около 960 км/ч, высоте 11 000 м за 5 ч полета потребляют на 900 кг меньше топлива, чем ВС с традиционным отбором сжатого воздуха. В авиадвигателе с отбором только механической мощности исключаются высокотемпературные трубопроводы из нержавеющей стали, предварительный охладитель и другие элементы традиционных систем [5]. Исследования схем АСКВ без отбора воздуха для пассажирских самолетов различных размерностей. Единственный на сегодня пассажирский самолет, в АСКВ которого не используется отбор воздуха от двигателя в соответствии с концепцией no-bleedsystems, — это Boeing B787. По оценкам специалистов корпорации Boeing, полученным по результатам анализа эксплуатации этой модели самолета, исключение отбора сжатого воздуха от компрессоров двигателей приводит к более эффективной работе двигателей за счет снижения потребляемой мощности на уровне всего

самолета. Прогнозируемое уменьшение потребления топлива в условиях рейса находится в пределах 2…3 % [6]. Конструкция АСКВ с исключением отбора воздуха позволяет существенно упростить обвязку двигателя благодаря отсутствию пневматической системы и связанных с ней узлов предварительного охлаждения, регулирующих клапанов и трубопроводов высокого давления, агрегатов и узлов. На рис. 3 представлена типовая компоновка авиационного двигателя с отсутствием отбора воздуха и традиционного двигателя с отбором воздуха (изображение скопировано из промоматериалов компании Boeing).



а) б)

Рисунок 3 – Обвес авиационного мотора
а – вид мотора без отбора воздуха; б - вид мотора отбором воздуха

Утверждение о большей экономичности АСКВ без отбора воздуха от двигателя сделано специалистами компании Boeing на основании расчетной оценки процессов преобразования механической энергии: при подаче сжатого воздуха по трубопроводам через распределитель отбора воздуха от двигателя тратится больше энергии, чем расходуется на преобразование механической энергии в электрическую в генераторе и преобразование электрической энергии в механическую в воздуходувке.

Для самолета размерности B787 и двигателей с генераторами, устанавливаемыми на такие самолеты, оценка верна. Однако для самолетов меньшей пассажироемкости количественная оценка процессов преобразования энергии требует прикладных исследований под каждый конкретный образец двигателя в соответствии с термодинамическими процессами и конструктивными особенностями [7]. Исследования целесообразности внедрения независимых структурных схем АСКВ в перспективные проекты среднемагистральных самолетов были выполнены в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) в течение 2016 г. В рамках выполненных работ смоделированы два варианта структурных схем АСКВ без отбора сжатого воздуха от двигателя в составе комплекса бортовых систем перспективного среднемагистрального самолета и проведена сравнительная оценка с классической структурной схемой АСКВ. В обоих вариантах структурных схем используются электроприводные воздуходувки в качестве источников сжатого воздуха, различаются принципы построения установок охлаждения: турбохолодильные агрегаты и установки охлаждения с компрессионно-испарительным циклом [8].

Таблица 1

Характеристики компоновочных схем АСКВ

Характеристика	Классическая схема	Схема с компрессионно-испарительным циклом	Схема с холодильными агрегатами
При КПД воздушных компрессоров 0,65			
Масса, кг	340	397,90	364,2
Энергопотребление, кВт	168,46	170,90	196,0
При КПД воздушных компрессоров 0,90			
Масса, кг	340	362	331
Энергопотребление, кВт	168,46	127,77	-

Примечание: Энергопотребление классической схемы рассчитано через затраты мощности на сжатие воздуха в компрессоре авиационного двигателя.

Для сравнительного анализа в таблице 1 приведены массовые и энергетические характеристики структурных схем АСКВ, учтены только вес и энергозатраты структурных систем отбора и воздухоподготовки вариаций.

Получены результаты, объясняющие отсутствие реалистических проектов внедрения АСКВ без отбора сжатого воздуха в проекты среднемагистральных самолетов, несмотря на несомненный рыночный успех Boeing B787 Dreamliner.

1. Отказ от отбора сжатого воздуха требует значительного увеличения имеющейся электрической мощности, т. е. установки более мощных генераторов. Электропотребление АСКВ без отбора воздуха (основные потребители — электроприводные воздуходувки) среднемагистральных самолетов сравнимо с суммарным электропотреблением самолета аналогичного класса с классической схемой АСКВ[9].

2. Для достижения максимума показателей топливной эффективности самолета в целом недостаточно лишь установки новой АСКВ и соответствующей мощности генераторов. Необходима новая компоновка множества ключевых авиационных систем: системы электроснабжения, антиобледенительной системы, системы электроуправления силовыми потребителями и других систем в соответствии с концепцией увеличения доли электричества в энергопотреблении самолёта. Примером реализации такой конфигурации бортовых авиационных систем является Boeing B787 Dreamliner.

3. Необходимо спроектировать и реализовать агрегатную базу с оптимальными массовыми и линейными показателями при заданных проектных параметрах. Данный фактор наиболее критичен для среднемагистральных самолетов.

Интерес ведущих мировых самолетостроителей к конфигурации АСКВ с независимыми воздуходувками и парокомпрессионными циклами охлаждения обусловлен ключевыми достоинствами, которыми обладает данная схема:

- упрощение обвязки двигателей;

• повышение термодинамического коэффициента полезного действия циклов охлаждения и как следствие экономия топлива на работу системы охлаждения;

• повышение энергоэффективности за счет гибкого регулирования давления подаваемого воздуха на различных режимах полета;

• упрощение конструкции и увеличение массовой эффективности системы за счет более рациональной компоновки агрегатов и трубопроводов. Эти достоинства удалось реализовать в самолете Boeing B787, однако он был создан в рамках концепции «более электрический самолет», что, в свою очередь, предъявляет целый ряд требований к внедрению в проекты других самолетов аналогичной или меньшей размерности. Варианты АСКВ без отбора воздуха от двигателя и с парокомпрессионным циклом охлаждения целесообразно внедрять в новые проекты самолетов при условии реализации конфигурации бортовой системы электроснабжения, обеспечивающей заданный уровень энергопотребления. На основании предварительных расчетов можно сделать вывод о том, что внедрение схемы АСКВ с независимыми воздуходувками и исключение отбора воздуха от двигателей в проект перспективного ближнемагистрального пассажирского самолета приведет к снижению расхода топлива (с учетом влияния на систему электроснабжения) в интервале 0,7…0,9 %.

Библиографический список

1. Проектирование авиационных систем кондиционирования воздуха / Антонова Н.В., Дубровин Л.Д., Егоров Е.Е. и др. Под ред. Ю.М. Шустрова. – М: Машиностроение, 2006. – 384 с.
2. Полевой А.А. Автоматизация холодильных установок и систем кондиционирования воздуха / А.А. Полевой. – СПб: Профессия, 2010. – 244 с.
3. Cronin M.J. Design aspect of systems in all electric aircraft. SAE Technical Papers Series, 1982, no. 821436, 11 p.
4. Воронович С. Полностью электрический самолет / Воронович С., Каргапольцев В., Кутахов В. // Авиапанорама. – 2009. - № 2. – с. 23–27.
5. Гарганеев А.Г., Харитонов С.А. Технико-экономические оценки создания самолета с полностью электрифицированным оборудованием / А.Г. Гарганеев, С.А. Харитонов // Доклады ТУСУРа. – 2009. - № 2 (20). – с. 179–184.
6. Nelson T. B787 systems and performance. Boeing, 2005, 36 p.
7. Liebherr-Aerospace, 2016. Germany, Liebherr-International Deutschland GmbH. URL: https://www.liebherr.com/shared/media/aerospace-and-transportation/ aerospace/downloads/magazines/aets-magazines-recent/liebherr-aerospace-magazine2016-en.pdf (датаобращения 20.12.2016).
8. Röyttä P. Study of a vapor-compression air-conditioning system for jetliners. LappeenrannanteknillinenyliopistoDigipaino, 2009, 86 p. URL:
9. Каллиопин А.К. Основные тенденции развития систем кондиционирования воздуха перспективных воздушных судов / А.К. Каллиопин, Р.С. Савельев, Д.И. Смагин // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2017. - вып. 6. http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2017-6-1627

УДК 621.355.1

Автоматизация контроля зарядно-разрядных процессов в аккумуляторных батареях

Лебедев А.В., Ле Чунг Зунг
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: Представлена структура микропроцессорного устройства, позволяющая контролировать процесс заряда аккумулятора в том числе и дистанционно. Оно дополняет существующие средства и позволяет контролировать процесс заряда в автоматическом режиме с использованием таких критериев как ток и напряжение заряда, внутреннее сопротивление аккумулятора, заряд переданный аккумулятору. При соответствующем изменении программного обеспечения устройства возможен также контроль по форме кривой заряда.

Abstract: The structure of a microprocessor device that allows you to control the battery charging process, including remotely, is presented. It complements the existing tools and allows you to monitor the charging process in automatic mode using such criteria as the current and voltage of the charge, the internal resistance of the battery, the charge transferred to the battery. With a corresponding change in the device software, it is also possible to control the shape of the charge curve.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, заряд аккумулятора, автоматизация, контроль и обслуживание аккумуляторных батарей, внутреннее сопротивление батареи, ток заряда, кривая заряда, микропроцессор

Keywords: battery, battery charge, automation, control and maintenance of batteries, internal resistance of the battery, charge current, charge curve, microprocessor

Повышение качества эксплуатации автомобильной техники [4] достигается за счет качественного и своевременного технического обслуживания основных узлов и агрегатов. В полной мере это относится к аккумуляторам. Поддержание их в работоспособном состоянии существенным образом сокращает издержки, связанные с эксплуатацией транспортных средств. Роль и значение аккумуляторов существенно возрастает в условиях, когда все более широкое распространение получают электромобили. В связи с этим, внедрение средств автоматизированного контроля состояния аккумуляторов является актуальной задачей.

Как известно[1, 2] одним из способов контроля состояния аккумуляторов является оценка их внутреннего сопротивления. Однако до недавнего времени, оценка данного параметра при эксплуатации автомобильной техники не проводилось из сложностей реализации. Достижения современной электроники и информационных технологий сделали возможным реализацию простых и компактных устройств, позволяющих проводить такую оценку. Данные устройства могут входить в состав зарядно-разрядных станций или входить в состав электрооборудования автомобиля. Автоматизированная оценка состояния аккуму-

ляторных батарей позволяет также прогнозировать их техническое состояние при определенных предположениях об их режиме эксплуатации и хранения, а также адаптировать такие оценки под конкретный экземпляр аккумулятора.

Для реализации этих методов к аккумулятору необходимо подключить измерительное устройство, структура которого приведена на рис 1. Данное устройство является универсальным и может подключаться к любой зарядной станции или включаться в состав электрооборудования автомобиля.

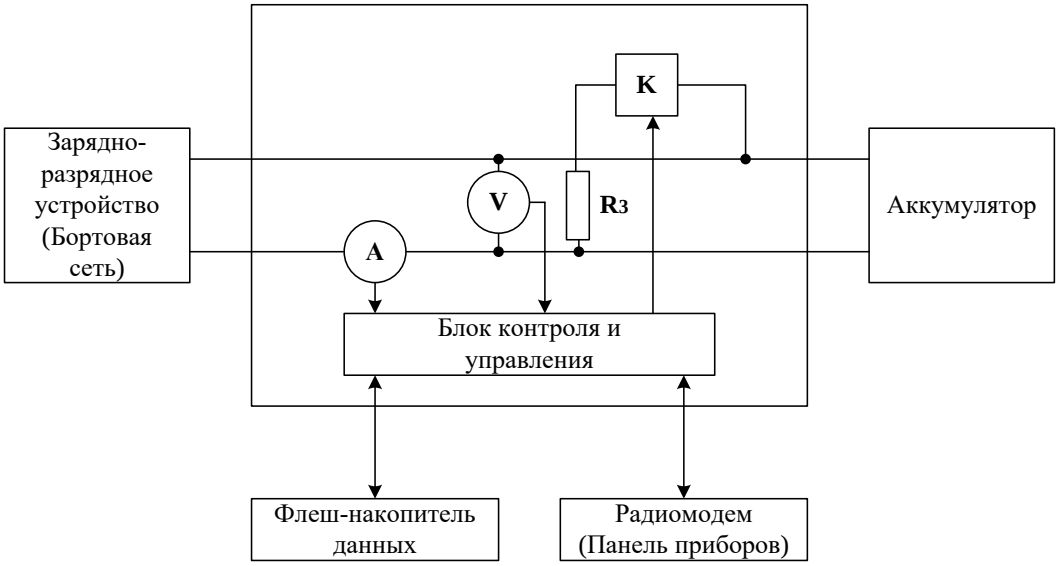


Рисунок 1 – Структурная измерительного устройства для автоматизированного контроля заряда-разряда аккумуляторных батарей.

Основными элементами данного устройства являются электронные измерители тока и напряжения которые позволяют измерять кривые заряда и разряда аккумулятора (ток заряда и разряда), сохранять результат в долговременную память и анализировать результаты измерений при помощи микропроцессорного устройства, входящего в состав блока контроля и управления.

Задачи, решаемые в ходе такого анализа, заключаются в оценке времени до окончания зарядки аккумулятора или до разрядки аккумулятора при сохранении текущего режима эксплуатации. Решение данных задач возможно на основе оценки текущего состояния устройства и знания зарядно-разрядных характеристик в различных режимах и условиях эксплуатации.

Пусть зарядно-разрядные характеристики устройств определяются следующим семейством зависимостей

$$U = f(t,T) \qquad (1)$$
$$I = \varphi(t,T)$$

где U,I- соответственно ток и напряжение, t- время, T-температура для которой проводились измерения. Данные зависимости являются моделью поведения устройства в различных условиях эксплуатации.

Структура схема устройства изображена на рис 1. Данное устройство включает в себя цифровой вольтметр, амперметр которые передают данные измерений в блок контроля и управления, реализованный на базе микроконтрол-

лера. Устройство также включает в себя коммутатор К который по команде с блока контроля и управления осуществляет подключение дополнительного нагрузочного сопротивления R_3. Предусмотрено также подключение к блоку управления флэш накопителя данных по интерфейсу USB и радиомодема для передачи информации о состоянии процесса заряда ответственному лицу и приему от него команд управления.

Данное устройство включается «в разрыв» между штатной зарядно-разрядной установкой и аккумулятором. Фактически устройство обеспечивает измерение тока заряда, напряжения холостого хода и внутреннего сопротивления аккумулятора в процессе заряда, дополнительно обеспечивает вычисление электрического заряда, полученного аккумулятором. Измерения проводятся в течении всей процедуры заряда и сохраняются на флэш - накопителе. Любой из приведенных выше параметров, а также их комбинация может быть использован для принятия решения о прекращении заряда. Результаты, сохраненные на флэш - накопителе, используются для оценки технического состояния аккумулятора при помощи отдельной компьютерной программы. На этом рисунке зарядно-разрядная установка представлена последовательным соединением источника э.д.с. E_1 и ее внутреннего сопротивления R_1.

Принцип измерения внутреннего сопротивления аккумулятора и напряжения холостого хода иллюстрируется эквивалентной схемой, приведенной на рис 2. Аккумулятор представлен в виде источника э.д.с. E_2 и внутреннего сопротивления R_2. В схему включены устройства измерения тока и напряжения, ключ K и шунтирующее сопротивление R_3 с известным номиналом. Ключ замыкается и размыкается блоком контроля и управления. Данная схема позволяет оценить внутреннее сопротивление аккумулятора R_2, эдс аккумулятора E_2 при неизвестном внутреннем сопротивлении зарядно-разрядной установки R_1.

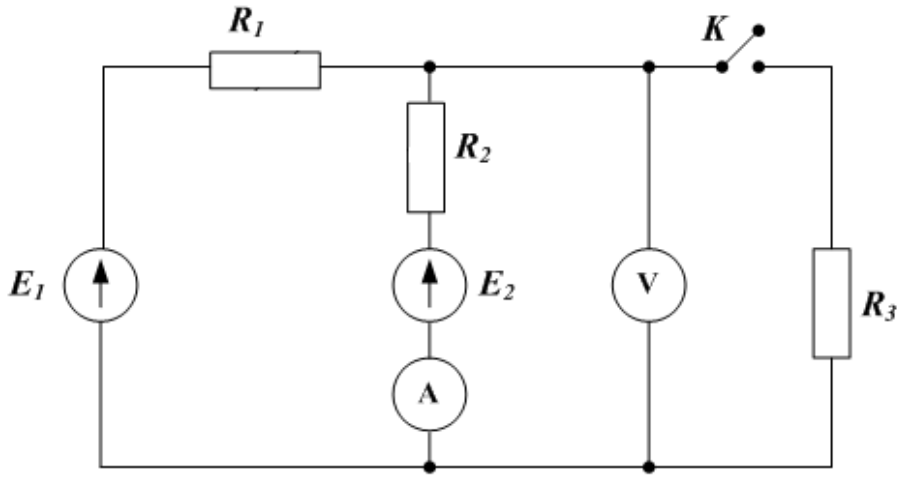


Рисунок 2 – Эквивалентная электрическая схема устройства автоматической оценки состояния аккумуляторной батареи.

При разомкнутом ключе K цепь состоит из единственного конура. Пусть ток в этом контуре равен I, показания амперметра и вольтметра равны соответ-

ственно A и V. Тогда уравнение по второму закону Киргхофа для этого контура имеет вид:

$$E_1 - E_2 = I(R_1 + R_2) = AR_1 + V \quad (1)$$

Пусть при замкнутом ключе K показания амперметра A_1, вольтметра V_1. В соответствии с первым законом Кирхгофа ток I_1 через сопротивление R_1 определится следующим образом

$$I_1 = A_1 + \frac{V_1}{R_3} \quad (2)$$

Таким образом, внутреннее сопротивление зарядно-разрядной станции определяется как

$$R_1 = \frac{V_1}{A_1 + \frac{V_1}{R_3}} \quad (3)$$

Составим уравнение по второму закону Кирхгофа для контура, состоящего из элементов E_1, R_1, E_2, R_2.

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 + A_1 R_2 \quad (4)$$

Приравнивая правые части (1) и (5) с учетом (2) получаем значение внутреннего сопротивления аккумулятора

$$R_2 = \frac{1}{A_1}(AR_1 + V_1 - (A_1 + \frac{V_1}{R_3})R_1) \quad (5)$$

Напряжение холостого хода аккумулятора определится следующим образом

$$E_2 = V_1 - A_1 R_2 \quad (6)$$

Соотношения (5) (6) наряду с измеряемым током позволяют оценить состояние аккумулятора в ходе заряда. В качестве критерия окончания заряда может быть использовано любое из приведенных ниже неравенств

$$\begin{gathered} A \le I_{\min} \\ V \ge V_{\max} \\ R_2 = R_{\min} \\ Q \ge Q_{\max} \end{gathered} \quad (7)$$

Неравенства (9) отражают традиционные методы определения окончания заряда по току заряда, напряжению, внутреннему сопротивлению и количеству электричества [3, 6]. Количество электричества, сообщенного аккумулятору определяется через ток заряда

$$Q = \int_0^e A(t)dt \quad (8)$$

Алгоритм функционирования устройства заключается в проведении измерений тока и напряжения , коммутации схемы с последующим измерением тока и напряжения и проведении расчетов в соответствии с соотношениями (5),(6) и последующей проверки одного из условий окончания заряда (7). Данный алго-

ритм реализуется на микропроцессоре в составе устройства. По завершению заряда ответственному лицу высылается уведомление через радиомодем.

Измерения проводятся через дискретный интервал времени Δt. Тогда любое измерение представимо в виде вектора **w** каждый элемент которого представляет собой измерения в фиксированный момент времени. Тогда в соответствии с методами, изложенными, например, в [5], возможно построить и обучить нейронную сеть для оценки кривой заряда аккумулятора по его форме. Тем самым появляется возможность оценивать не только момент окончания заряда, но и техническое состояние аккумулятора. Предложенная структура устройства позволяет реализовать данную процедуру. Действительно результат измерения кривых заряда сохраняются на флэш – накопителе переносятся на персональный компьютер, где с использованием стандартных пакетов, например Math lab проводится обучение нейронной сети. Полученные весовые коэффициенты признаков с помощью того же накопителя переносятся в память микропроцессорного устройства и используются для того, чтобы выявлять отклонение формы кривой заряда от номинальной.

Таким образом, предложенное устройство позволяет контролировать процесс заряда аккумулятора по нескольким параметрам, подключаться к любым зарядным устройствам и адаптироваться под любой тип аккумулятора. При этом, настройки загружаются в память микропроцессорного устройства с флэш – накопителя. Для реализации основных элементов структурной схемы , приведенной на рис 1, возможны типовые решения. Так для измерения напряжения целесообразно использовать аналого-цифровой преобразователь (АЦП), входящий в состав микропроцессора, для измерения напряжения специализированные микросхемы, реализующие преобразование ток в напряжение и АЦП . Все это позволяет построить недорогое и компактное устройство, позволяющее поднять качество состояния аккумуляторов при сокращении временных издержек персонала по контролю за процессом зарядки.

Библиографический список

1. Бухаров А.И. Средства зарядки аккумуляторов и аккумуляторных батарей / А.И. Бухаров, И.А. Емельянов, В.П. Судов. – М: Энергоатомиздат, 1988
2. http://echemistry.ru/assets/files/books/hit/svincovye-starternye-akkumulyatornye-batarei.pdf. Цинковые стартерные аккумуляторные батареи, 2015
3. Вайлов А.М. Автоматизация контроля и обслуживания аккумуляторных батарей / А.М. Вайлов, Ф.И. Эйгель. – М: Связь, 1975
4. Платонов А.А. Легковые автомобили-внедорожники на комбинированном ходу / А.А. Платонов, Н.Н. Киселёва // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. С. 182.
5. Joseph R. Woodworth, Michael G. Thomas, John W. Stevens: Sandia National Laboratories. Presented at the 24th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 1994. – 13 с.
6. Яхъяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети / Г.Э. Яхъяева. – М: Бином, 2006

УДК 629.7.08

Применение статических преобразователей с промежуточным звеном повышенной частоты в наземных средствах электроснабжения

Лыхин Н.Е., Ле Чунг Зунг, Чан Хыу Ту
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: В статье обобщаются сведения по использованию статических преобразователей с промежуточным высокочастотным преобразованием электрической энергии. Приведён сравнительный анализ зарубежных и отечественных статических преобразователей. Представлена принципиальная электрическая схема системы постоянного тока с промежуточным звеном повышенной частоты.

Abstract: The article summarizes the information on the use of static converters with intermediate high-frequency conversion of electrical energy. A comparative analysis of foreign and domestic static converters is given. A schematic electrical diagram of a DC system with an intermediate link of increased frequency is presented.

Ключевые слова: статические преобразователи, электроагрегаты, трансформаторно-выпрямительный блок, системы постоянного тока с промежуточным высокочастотным преобразованием электрической энергии.

Keywords: static converters, electrical units, transformer-rectifier unit, DC systems with intermediate high-frequency pre-generation of electrical energy.

В настоящее время статические преобразователи имеют широкое применения в промышленности, быту и на транспорте. Подобные устройства обладают различными схемными решениями с широким диапазоном выходной мощности и требований по качеству электрической энергии. За рубежом для наземного обслуживания авиационной техники фирма «HOBART» (США) выпускает статические преобразовательные электроагрегаты «PoWerMaster ADV», которые представляют собой преобразователь и выпрямитель в одном корпусе и предназначены как для питания воздушных судов (ВС) переменным трехфазным током 115/200, частотой 400 Гц, так и постоянным током напряжением 28 В. Особенностью этих преобразователей является отсутствие силовой установки, что значительно снижает их вес и габаритные размеры. Однако, в таком случае питание преобразователей осуществляется от промышленной сети или дизель-генератора.

На рис. 1 представлены статические преобразователи «PoWerMaster ADV» в различном исполнении: слева – на телескопическом трапе, по центру – на тележке и справа в стационарном исполнении.

Массогабаритные характеристики статических преобразователей «PoWerMaster ADV» сведены в табл. 1.

Рисунок 1 – Статические преобразователи «PoWerMaster ADV»

Таблица 1

Массогабаритные характеристики преобразователей «PoWerMaster ADV»

Мощность, кВ·А	Для телескопического трапа		В мобильном исполнении (на тележке)		В стационарном исполнении	
	Вес, кг	Габарит, мм	Вес, кг	Габарит, мм	Вес, кг	Габарит, мм
45–90	472	1400x1030x460	554	1530x1360x1430	589	1295x590x1980
120–160	603	1400x1030x665	808	2615x1360x1430	726	1295x590x1980
180	657	1950x1030x665	861	3015x1360x1430	780	1295x590x1980

Данные преобразователи позволяют осуществлять: просмотр на дисплее архива событий за период работы преобразователя, а также нештатные ситуации: обрыв кабеля, замыкание, перегрузка, сбой питания и неполный контакт бортового разъема; передачу данных архива событий (за период) и текущих параметров по сети или модему для обработки их на персональном компьютере и вывода их на печать; дистанционное управление основными функциями источника с помощью выносного пульта (до 25 м). Помимо вышеперечисленных установок фирма «HOBART» занимается выпуском электроагрегатов GPU–400 и GPU–600 в передвижном и стационарном исполнении, рис. 2.

Рисунок 2 – Электроагрегаты GPU–400(–600) в передвижном и стационарном исполнении

Электроагрегаты GPU–400 и GPU–600 (табл. 2) предназначены для питания потребителей ВС постоянным током напряжением 28,5 В и осуществления электростартерного запуска авиадвигателей, оборудованы системой «мягкий старт», которая исключает наличие бросков пускового тока.

Отечественной промышленностью для наземного обслуживания авиационной техники выпускаются ЭСПА 9П 28,5 и ВАС 600/300 статические преобразовательные электроагрегаты (рис. 3). Их электрические схемы представляют собой трансформаторно-выпрямительный блок. Вес преобразователя ЭСПА 9П 28,5 составляет 680 кг, а ВАС 600/300 – 180 кг при выходной номинальной мощности 9 кВт.

Таблица 2

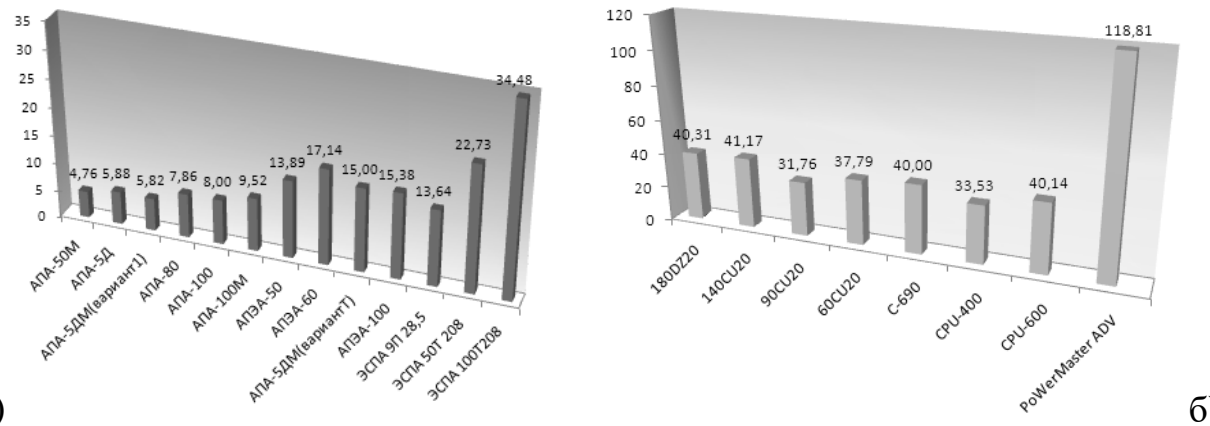
Технические характеристики электроагрегатов GPU–400(–600)

№ пп	Наименование параметра	Ед. изм.	GPU-400	GPU-600
1	Габаритные размеры	мм	832×762×914	1105×864×1004
2	Вес электроагрегата	кг	340	426
3	Удельная мощность	Вт/кг	33,53	40,14
4	Номинальное выходное постоянное напряжение	В	28,5	28,5
5	Номинальный выходной ток	А	400	600
6	Максимальный пусковой ток	А	1600	2000
7	Допускаемое отклонение напряжения при нагрузке в пределах номинальной	В	± 0,5	± 0,5
8	Номинальная мощность на выходе	кВт	11,4	17,1
9	Каналы питания		1	1

а) б)

Рисунок 3 – Фотографии ЭСПА 9П 28,5 – (а) и ВАС 600/300 – (б)

Соотношение выходной мощности статического преобразователя к его весу (Вт/кг) является удобной сравнительной оценкой отечественных и зарубежных наземных средств электроснабжения по удельной мощности, как показано на рис. 4.



а) б)

Рисунок 4 – Удельные мощности отечественных (а) и зарубежных (б) средств электроснабжения

Сравнительный анализ показывает, что отечественные средства электроснабжения по массе и габаритным размерам превышают зарубежные образцы в 1,5–3 раза при сравнительно одинаковых выходных мощностях.

Минимизацию массы и габаритных размеров трансформаторно-выпрямительного блока, возможно, достичь построением электрической системы по принципу вторичного источника электропитания с бестрансформаторным входом [1-3]. В таких источниках используется высокочастотное промежуточное преобразование электрической энергии, что обеспечивает: уменьшение массогабаритных характеристик трансформаторов и дросселей; развязку нагрузки от первичной сети; повышение КПД за счет импульсного режима работы мощных транзисторов инвертора.

На рис. 5 представлена схема системы постоянного тока с промежуточным высокочастотным преобразованием электрической энергии, которую целесообразно применить в системе электроснабжения наземного средства электроснабжения. Схема дает возможность понять логику работы устройства, его отличия от других подобных устройств. Работа системы постоянного тока осуществляется следующим образом: питающее трёхфазное напряжение поступает на выпрямительный блок В1, где переменное напряжение сети преобразуется в постоянное, и далее на сглаживающий емкостной ЕФ фильтр. Выпрямленное напряжение с помощью мостового инвертора ИНВ преобразуется в переменное однофазное напряжение высокой частоты (20 кГц). Выход инвертора нагружен на первичную обмотку однофазного высокочастотного трансформатора Т. Далее переменное напряжение с вторичной обмотки трансформатора выпрямляется выпрямителем В2 и сглаживается индуктивно-емкостным ИЕФ фильтром. На нагрузку поступает постоянный ток напряжением 28 В. Стабилизация выходного напряжения осуществляется блоком управления. Блок управления обеспечивает формирование импульсов управления транзисторами инвертора, регулирование длительности импульсов управления в функции тока первичной обмотки трансформатора и величины выходного напряжения. По сигналу датчика тока (ТА) блок управления обеспечивает ограничение тока, отдаваемого в нагрузку, путём уменьшения длительности импульсов инвертора при достижении силы тока равной току короткого замыкания.

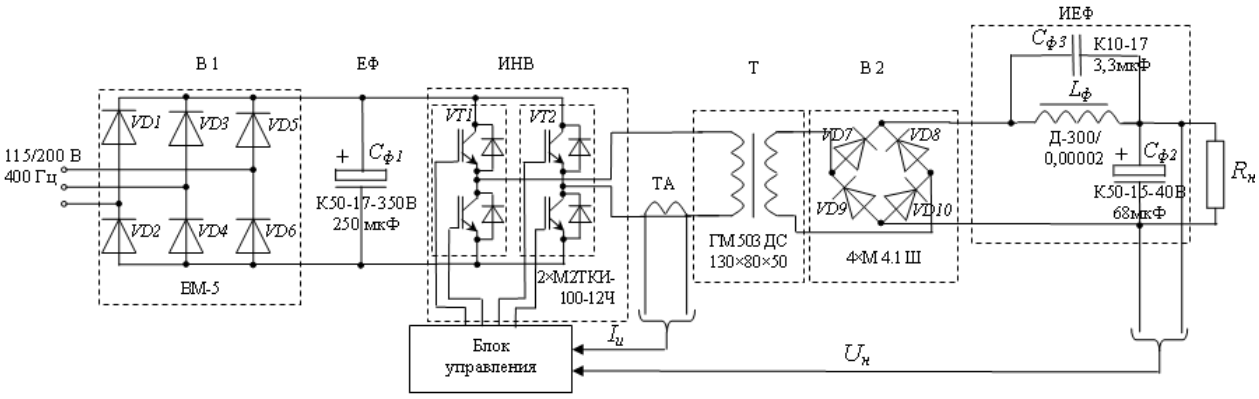


Рисунок 5 – Схема системы постоянного тока с промежуточным высокочастотным преобразованием электрической энергии:
В1 – мостовой выпрямитель (тип ВМ–5); ЕФ – сглаживающий емкостной фильтр (тип К50–17–350В, 250 мкФ); ИНВ – однофазный инвертор (тип 2×М2ТКИ–100–12Ч); ТА – трансформатор тока; Т – однофазный силовой высокочастотный трансформатор (тип ГМ 503 ДС, 130×80×50 мм); В2 – однофазный двухполупериодный выпрямитель (тип 4×М 4.1 Ш); ИЕФ – сглаживающий индуктивно-емкостной фильтр (тип дросселя Д–300/0,00002; тип конденсаторов К50–15–40В, 68 мкФ и К10–17, 3,3 мкФ).

При выходном напряжении, меньше заданного, блок управления увеличивает скважность импульсов. При этом увеличивается ток, а значит и энергия, накопленная в трансформаторе, и напряжение на выходе.

Таким образом, применение в электрической системе наземных средств электроснабжения статических преобразователей с промежуточным звеном повышенной частоты позволяет значительно снизить массу и габаритные размеры отечественных средств электроснабжения. К тому же это соответствует блочно-модульному направлению, изложенному в концепции развития системы средств наземного обслуживания общего применения, а также обеспечивает унификацию, взаимозаменяемость и ремонтопригодность.

Библиографический список

1. Бас А.А. Источники вторичного электропитания с бестрансформаторным входом / А.А. Бас, В.П. Миловзоров, А.К. Мусолин. – М: Радио и связь, 1987. – 160 с.
2 Хлаинг М.У. Исследования эффективности использования промежуточного высокочастотного преобразования при построении статических преобразователей и систем на их основе: дис. канд. техн. наук: 05.09.03 / Хлаинг Мин Уолт. Московский энергетический институт, 2009. – 248 с.
3 Лыхин Н.Е. Перспективное направление наземного электроснабжения боевых авиационных комплексов при их перебазировании на аэродромы маневра / Н.Е. Лыхин, М.Ю. Синёв // Вестник Академии военных наук. – 2013. – № 4 (45). – С. 68–71.

УДК 621.574.041

Автоматизация узла охлаждения пароэжекторной холодильной машины

Маслов В.А, Овчинников А.С., Саид Али
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы регулирования и автоматизации испарительного узла пароэжекторной холодильной машины, которые повышают энергоэффективность и холодопризводительность холодильных установок, используемых в агропромышленном комплексе.

Abstract: The article discusses the issues of regulation and automation of the evaporative unit of a steam jet refrigeration machine, which increase the energy efficiency and refrigeration capacity of refrigeration units used in agro-industrial complex.

Ключевые слова: испаритель, эжектор, холод, регулирование, автоматизация, энергоэффективность.

Keywords: evaporator, ejector, cold, regulation, automation, energy efficiency.

В крупногабаритной автомобильной технике [5, 6] для создания комфортных климатических условий возможно использование холодильных машин, производящих искусственный холод, различного типа. Но, учитывая большие объемы объектов охлаждения, наиболее приемлемыми с точки зрения энергоэффективности являются теплоиспользующие холодильные установки, основной источник энергии в которых – низкопотенциальная тепловая энергия греющих источников (вторичные ресурсы). При выборе типа теплоиспользующей холодильной машины учитывают многие факторы, основными из которых является безопасность, доступность и дешевизна рабочего тела – хладагента [1].

В пароэжекторных холодильных установках хладагентом является вода, которая обладает такими свойствами как безопасность, экологичность, доступность и низкая себестоимость. Но в связи с использованием в качестве хладагента воды пароэжекторные холодильные машины обладают большим недостатком. Так как холод в установках данного типа производится в процессе фазового перехода рабочего тела (кипения в испарителе), персонал агропромышленного объекта не может получать холод низкого температурного уровня из-за высокой температуры кипения воды. (100°С). Но при создании давления в испарителе ниже атмосферного (вакуума) возможно значительное понижение температуры кипения хладагента (воды), а, соответственно, выхода на более низкий температурный уровень охлаждения объекта агропромышленного комплекса. Зависимость температуры кипения воды от давления представлена в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что поддержание вакуума в испарителе является первоочередной задачей обслуживающего персонала пароэжекторной холодильной машины. Человек является субъектом со всеми положительными и отрицатель-

ными свойствами данного понятия. Он может несвоевременно или необъективно воспринять информацию о нарушениях в режиме работы холодильной установки, что приведет к повышению температуры на объекте охлаждения, выходу установки из строя и опасному воздействию на обслуживающий персонал в результате аварии. Поэтому поднимается вопрос об автоматическом регулировании процесса работы холодильной машины, автоматизации устройств контроля, защиты и сигнализации, то есть максимальном исключении обслуживающего персонала из процесса ведения технологического режима.

Таблица 1.

Зависимость температуры кипения воды от давления

Р, кгс/см^2	Т, °С	Р, кгс/см^2	Т, °С
0,01	6,698	0,5	80,86
0,02	17,2	0,6	85,45
0,04	28,64	0,7	89,45
0,1	45,45	0,8	92,99
0,2	59,67	0,9	96,18
0,3	68,68	1	100
0,4	75,42	2	119,62

Основным узлом, определяющим температурный уровень холодильной машины, является испаритель с дроссельным вентилем, подводящими и отводящими коммуникациями (испарительный узел), поэтому регулирование и автоматизация этого узла позволяет обеспечить непрерывную эффективную работу объектов и предприятий агропромышленного комплекса и является первостепенной задачей [2, 3].

Автоматизация испарительного узла пароэжекторной холодильной машины включает четыре направления, которые могут функционировать по отдельности или входить в многофункциональный комплекс:

1. Приборы контроля параметров работы (давления, температуры, расхода, уровня), позволяющие вести непрерывный контроль работы установки визуально и с фиксацией на носители – манометры, вакуумметры, термометры, расходомеры, указатели уровня;

2. Системы световой и звуковой сигнализации, предупреждающие о выходе значений контролируемых параметров работы за пределы номинальных, для принятия мер персоналом по стабилизации режима работы;

3. Системы автоматической защиты, способствующие остановке холодильной машины в целом или ее отдельных узлов и агрегатов в случае выхода установки на аварийные режимы работы;

4. Системы автоматического регулирования режимов и поддержания параметров работы в диапазоне, обеспечивающем соблюдение энергоэффективности и повышение холодопроизводительности холодильной машины.

В испарительном узле для обеспечения эффективной работы необходимо контролировать ряд параметров:

1. Давление в испарителе, от значения которого зависит температура кипения хладагента (воды) (табл. 1). Давление разрежения контролируется вакуумметром (мановакуумметром);

2. Температура хладоносителя (рассола) на выходе из испарителя, для измерения которой используется датчик температуры и показывающий прибор;

3. Расход хладагента после дроссельного вентиля, который необходимо поддерживать для оптимального заполнения испарителя и обеспечения работы цикла пароэжекторной холодильной машины. Для контроля расхода предлагается использовать расходомеры различного типа;

4. Указатель уровня воды в испарителе, который должен гарантированно омывать змеевик испарителя с целью исключения снижения холодопроизводительности вследствие неполного контакта хладагента и холодоносителя. Уровень определяется указателями жидкостного или мембранного типа.

Приборы контроля параметров интегрируются в системы световой и звуковой сигнализации, системы автоматической защиты и системы автоматического регулирования.

Системы звуковой и световой сигнализации срабатывают при достижении пороговых значений контролируемых параметров (давления, температуры, расхода, уровня) с целью предупредить обслуживающий персонал о приближении наступления аварийного режима работы испарительного узла и о необходимости принять меры по воздействию на органы управления установки для обеспечения номинального технологического цикла.

При выходе работы испарительного узла холодильной установки на аварийные режимы работы срабатывает система аварийной защиты. Как правило, аварийным режимом работы испарительного узла является резкое повышение давления в испарителе и нарушение вакуума. Это может быть обусловлено двумя причинами. Первая причина заключается в нарушении целостности корпуса испарителя или трубопровода, ведущего от испарителя к эжектору. Вторая причина – некорректная работа системы парогенератор – эжектор. Система автоматической защиты останавливает работу холодильной установки для предотвращения аварии и устранения неисправности на неработающей технике.

Автоматическое регулирование технологического режима работы испарительного узла пароэжекторной холодильной установки обеспечивает оптимальную энергоэффективность, максимальную холодопроизводительность и безопасность для обслуживающего персонала [7]. Оно включает в себя системы контроля параметров, системы сигнализации и автоматической защиты.

Основным параметром, по которому оценивается достижение цели использования холодильной установки является температура хладоносителя на выходе из испарителя, а основным параметром автоматического регулирования является степень вакуума (давление). В систему контроля и поддержания вакуума включены мановакуумметр, дроссельный вентиль, снижающий давление перед испарителем, парогенератор и эжектор. При повышении давления в испарителе свыше оптимального система автоматического регулирования выполняет две

команды. Первоначально происходит регулирование степени открытия дроссельного вентиля, за сет чего снижается давление хладагента, подаваемого в испаритель. Но регулирование дроссельного вентиля имеет предел, так как нельзя допустить снижение уровня воды в испарителе ниже предельно допустимого (змеевик должен покрываться водой полностью). Кроме указателя уровня минимальный расход дополнительно контролируется расходомером на входе в испаритель [4].

Если регулирование дроссельным вентилем не обеспечивает выхода работы испарительного узла на номинальный режим, автоматика включает в работу систему управления парогенератором. Эта система увеличивает теплоприток от источника тепловой энергии к парогенератору с одновременной регулировкой подачи хладагента насосом в парогенератор. За счет более интенсивного парообразования повышается энергетический уровень эжектора, что в свою очередь приводит к максимальному отсасыванию парообразной воды из испарителя и достижению необходимого уровня вакуума в испарителе. Снижение давления приводит к снижению температуры кипения воды, а, соответственно, к понижению температуры охлаждаемого объекта.

Вопрос автоматического регулирования работы систем крупногабаритных рефрижераторных холодильных установок является важным для достижения максимальной энергоэффективности и минимальной себестоимости перевозимой продукции.

Библиографический список

1. Бадылькес И.С. Автоматизация холодильных машин / И.С. Бадылькес, Р.Л. Данилов. – М: Пищевая промышленность, 1966. – 365 с.
2. Береснев А.Е. Разработки в области систем автоматизации холодильной техники / А.Е. Береснев // Холодильная техника. – 1996. – № 1. – С.16–17.
3. Вагабов И.И. Автоматизация компрессорных машин и судовых холодильных установок / И.И. Вагабов, В.А. Смирнов. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1983. – 42 с.
4. Ейдеюс А.И. Системы и средства автоматизации судовых холодильных установок / А.И. Ейдеюс. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 190 с.
5. Платонов А.А. Унификация названий транспортных средств на комбинированном ходу / А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. С. 224.
6. Платонов А.А. Специализированные грузовые транспортные средства на комбинированном ходу / А.А. Платонов, Н.Н. Киселёва // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 179-183.
7. Смирнов Г.Ф. Способ производства холода пароэжекторной холодильной установкой и пароэжекторная холодильная установка (варианты) / Г.Ф. Смирнов, Ю.С. Ботук, А.И. Коноплев, К.А. Гончаров // Патент на изобретение RU 2081378 C1, 10.06.1997. Заявка № 94032083/13 от 31.08.1994.

УДК 629.7.08

Технология использования цеолитов при осушке газов, применяемых в авиации

Матвиец Д.А., Луканин А.А., Хакимов А.М-У.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. В статье проведено исследование свойств цеолитов, оценена возможность замены в отдельных случаях аналогами по причине отсутствия необходимых химических элементов.

Abstract. The article studies the properties of refrigerantes, assesses the possibility of replacing in some cases with analogues due to the lack of necessary chemical elements.

Ключевые слова: цеолит, специальные системы жизнедеятельности, осушка газов, авиация.

Keywords: refrigerant, special life-support systems, aircraft air conditioners, aircraft.

Область применения цеолитов очень обширна: от осушки воздуха до катализатора в химических реакциях, а также осушка в газовой и нефтеперерабатывающей индустрии. Основное различие цеолитов от других адсорбентов - это способность адсорбировать уже при температуре 100^0C пары воды. Их адсорбционная емкость при обычных температурах и давлении порядка 200 атмосфер уникальна.

Осушка природного газа на криогенных установках.

Криогенный метод [2, 3] применяют при разделении воздуха на его составляющие компоненты, а именно в настоящее время процентные содержания его компонента составляют: 21% кислорода, 78% азота, 1% других наиболее значимых в криогенной области газов. Низкие температуры в холодильном цикле (до -170 °C) требуют практически полного удаления паров воды из газа цеолитами. Это соответствует точке росы –70 °C. Глубокая осушка газа цеолитами полностью исключает возможность замерзания оборудования, а, следовательно, и нарушения непрерывной и безаварийной эксплуатации криогенных установок. К криогенной технике [5] также присущ метод абсорции, т.е. восстановление горячим потоком газов нашего адсорбента. Температура отбросных потоков должна быть свыше 100°C и длительность самого процесса абсорции, при данной температуре, должна быть не меньше двух часов.

Для очистки газов от паров различных летучих соединений [4] как правило используются активные угли и цеолиты, в зависимости от вида адсорбируемой примеси. Высокая избирательность адсорбции на цеолитах позволяет осуществлять процессы очистки от сероводорода и S-содержащих соединений, диоксида углерода, аммиака.

Для очистки газов от сероводорода и его производных широко применяются цеолиты. Цеолиты характеризуются высокой адсорбционной способно-

стью по отношению к сероводороду, поглотительная емкость составляет значительные величины уже при его малом содержании в газах. Цеолиты селективно извлекают сероводород из его смесей с диоксидом углерода. В процессе одновременной очистки газа от сероводорода и диоксида углерода в первый период происходит полное удаление обоих компонентов из газов, затем диоксид углерода в адсорбированной фазе начинает вытесняться сероводородом, вследствие чего его содержание в выходящем из адсорбера потоке газа резко возрастает и даже превосходит по содержанию диоксид углерода в исходном газе. В то же время сероводород продолжает количественно поглощаться вплоть до момента проскока.

При высоком содержании сероводорода адсорбционный процесс может быть осуществлен в изотермических условиях. При этом регенерация производится снижением давления в адсорбере.

Из синтетических цеолитов наилучшими адсорбционными и эксплуатационными свойствами обладают цеолиты типа CaA. Цеолиты NaA отличаются низкой кинетикой поглощения и десорбции сернистых соединений. Цеолиты NaX катализируют реакцию окисления сероводорода с образованием элементарной серы, дезактивирующей адсорбент.

Очистка от диоксида углерода.

Адсорбция диоксида углерода на цеолитах во многом обусловлена катионами, входящими в состав цеолитов, которые являются специфическими активными центрами для диоксида углерода. Специфическое взаимодействие квадруполя молекулы диоксида углерода с катионами щелочноземельных металлов, входящими в состав кристаллической решетки цеолитов, проявляется в высокой избирательности адсорбции данной примеси из хуже сорбирующейся газовой среды, что используется при разработке соответствующих технологических схем очистки.

Для повышения поглотительной способности цеолитов и степени очистки гелия или другого инертного газа от микроколичеств диоксида углерода, а также паров воды в очищаемый газ в определенных случаях вводится небольшая добавка третьего компонента. Этот компонент образует с молекулами примесей химические соединения, обладающие низкой летучестью и прочно удерживаемые адсорбентом.

Очистка газов от аммиака.

Цеолиты обладают высокой адсорбционной способностью по аммиаку, молекулы которого имеют большой дипольный момент. Хорошей поглотительной способностью по аммиаку отличаются аммонийные формы цеолитов. Равновесие на цеолите при высоких температурах устанавливается в течение нескольких минут, а при низких температурах и давлениях время установления равновесия достигает 30 мин.

В металлургической промышленности при получении водорода и азота из аммиака применение цеолитов позволило резко улучшить показатели очистки. точка росы при этом снижается до -70 °С, а содержание аммиака до 1 %.

Содержание влаги в органических жидкостях в значительной степени изменяет свойства материалов. В связи с этим их осушка имеет большое значение.

Осушка фреоновых холодильных масел.

Надежность и долговечность герметичных холодильных машин во многом зависит от чистоты хладагентов и смазочных масел. До 80 % образующихся во фреоновых холодильных машинах загрязнений, вызывающих коррозию системы и, в конечном итоге, сгорание встроенных электродвигателей связано с присутствием влаги [1].

При осушке масла цеолитами без связующего (NaA) степень осушки, время защитного действия слоя и динамическая активность значительно возрастают.

Удаление радионуклидов из жидких отходов ядерных энергетических установок.

Синтез керамических матриц методом сорбции радионуклидов на цеолиты с последующим превращением их в полевые шпаты позволяет с применением простой технологической схемы удалять радионуклиды из жидких отходов. Данный метод основан на способности синтетических цеолитов с высокой селективностью реагировать по отношению к Sr, Cs. Цеолиты полностью изохимичны полевым шпатам, более того, процесс ионообменной сорбции дает возможность получать цеолиты заданного состава, причем процесс этот относительно легко контролируется и управляется. Ионный обмен на цеолитах хорошо технологически отработан и широко применяется в промышленности для очистки жидких отходов.

Библиографический список

1. Бараненко А.В. Холодильные машины. Учебник для ВУЗов / А.В. Бараненко. – СПб: Политехника, 1997. – 992 с.
2. Капранов В.А. Исследование методов заправки перспективного разгонного блока криогенными компонентами топлива / В.А. Капранов // В книге: Гагаринские чтения - 2019. Сборник тезисов докладов XLV Международной молодежной научной конференции. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2019. С. 583-584.
3. Курылев Е.С. Холодильные установки. Учебник для ВУЗов. / Е.С. Курылев. – СПб: Политехника, 2002. – 576 с.
4. Платонов А.А. Анализ энергетических характеристик двигателей автомобильной техники на комбинированном ходу / А.А. Платонов, А.Ю. Коверина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 212-215
5. Шишков В.А. Развитие методов снижения выбросов двухфазного криогенного продукта при испытании энергетической установки / В.А. Шишков // В сборнике: Проблемы и перспективы развития двигателестроения. Материалы докладов международной научно-технической конференции. 2016. С. 49-50.

УДК 378:004

Оценка адекватности математической модели учебного имитатора технической системы

Мищенко М.В., Чередов А.А., Сархан Хикмет
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: В статье раскрывается один из основных вопросов моделирования систем и процессов, который определяет степень подобия модели объекту моделирования. Его решение сказывается на сложности полученной модели, от которой с одной стороны зависит ее адекватность, а с другой ресурсоемкость разработки и использования. При недостаточной адекватности модель не сможет обеспечить требуемую достоверность имитации процессов, а при чрезмерной ресурсоемкости возникает предпосылка к утрате технической целесообразности применения метода моделирования.

Abstract: The article reveals one of the main issues of modeling systems and processes, which determines the degree of similarity of the model to the object of modeling. Its solution affects the complexity of the resulting model, on which, on the one hand, its adequacy depends, and on the other, the resource intensity of development and use. If the model is not sufficiently adequate, it will not be able to provide the required reliability of process simulation, and if the resource intensity is excessive, there is a prerequisite for the loss of the technical feasibility of using the modeling method.

Ключевые слова: имитаторы технических систем, математическая модель, экспертная оценка, унификация оценки моделей имитаторов.

Keywords: simulators of technical systems, mathematical model, expert evaluation, unification of evaluation of simulators ' models.

Внедрение имитаторов технических систем, предназначенных для отработки практических навыков операторов опасного и дорогостоящего оборудования, это перспективный путь развития технических средств обучения, в виду того, что позволяют создавать учебные ситуации, недостижимые при использовании реальной техники [1]. Как известно, имитаторы технических систем широко используются в составе тренажеров для отработки практических навыков управления воздушным, автомобильным, морским, железнодорожным и другими видами транспорта. Такие средства находят применение и при подготовке операторов технологического оборудования энергетической отрасли и химических производств, где при возникновении аварийных и нештатных ситуаций от оператора требуются быстрые, правильные действия и цена ошибки может быть достаточно высока. Задача создания учебного имитатора технической системы при такой постановке вопроса является достаточно актуальной. Основная сложность при создании учебных имитаторов технических систем возникает в процессе абстрагирования, когда определяются наиболее весомые в кон-

тексте поставленной задачи свойства системы. Процесс абстрагирования происходит на логическом уровне создания модели имитатора, и в значительной степени сказывается на ее адекватности. Основу программного обеспечения компьютерной модели учебного имитатора оборудования, всегда составляет математическая модель физического объекта.

Проблема «нахождения золотой середины» в моделировании считается классической [2], она заключается в сложности определения рационального баланса ее простоты и степени достоверности. Решение задачи достигается путем оптимизации сложности математической модели, при этом за целевую функцию принимается её минимум, а в качестве условия задается необходимая адекватность. В ходе проектирования компьютерного имитатора образца военной техники, выбор целевой функции очевиден, в виду того, что снижение сложности модели обеспечит уменьшение ресурсоемкости моделирующего алгоритма, и позволит применить аппаратное обеспечение умеренной расчетной производительности, это обеспечит экономию финансовых и временных затрат на техническое воплощение обучающего средства.

Оценка адекватности математических моделей, положенных в основу программ имитаторов, частным случаем которых являются имитаторы средств наземного обслуживания общего применения, зарубежные производители программного обеспечения: Paradigm Simulation, Inc., Coryphaeus Software, Thomson training & Simulation, Ivex Corporation, Virtual prototypes, MultiGen, применяют экспертную оценку качества [3]. При этом, математическая модель должна быть реализована в виде готовой тестовой программы и предоставляется большому количеству экспертов для оценки адекватности с учетом особенностей субъективного подхода [4, 5, 6].

При осуществлении экспертной оценки придерживаются определенной методики [3], которая подразумевает, привлечение обширной группы специалистов в соответствующей объекту предметной области. Обычно, с целью упрощения задачи подбора экспертов, используют ресурсы глобальной информационной сети Internet. При этом, качество подбора экспертов, являющихся специалистами в данной предметной области, оставляет желать лучшего. Более или менее удовлетворительная достоверность полученных данных, достигается за счет значительного числа экспертов. Возможности глобальной сети Internet используется при тестировании имитаторов виртуальной реальности, которые содержат модели биологических, технических и других систем, как правило развлекательного назначения [7]. Однако, надо учитывать и то обстоятельство, что опытом управления специализированными техническими системами, как правило владеет узкий круг специалистов.

С целью решения проблемы оценки адекватности математической модели имитатора изделия военной газозарядной техники средства наземного обслуживания общего применения предлагается методика, основанная на экспертном анализе результатов численного эксперимента. Функциональная схема реализации методики представлена на рис. 1.

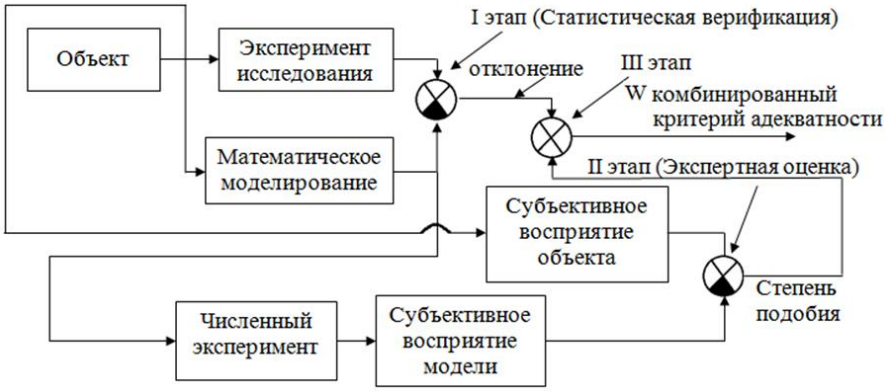


Рисунок 1 – Функциональная схема процесса оценки адекватности математической модели учебного имитатора технической системы, на основе экспертного анализа результатов численного эксперимента

На первом этапе оценки, осуществляется статистическая верификация данных математического моделирования по данным натурного экспериментального исследования процесса функционирования технической системы. Серию из 100 измерений использовали для оценки математического ожидания (среднего) и среднеквадратического отклонения для 22 значений времени. В каждой из этих точек оценивалась погрешность по правилу 3 (СИГМА). В результате была определена область на графиках, представленных на рис. 2, внутри которой с вероятностью 0,99 находятся результаты натурного эксперимента.

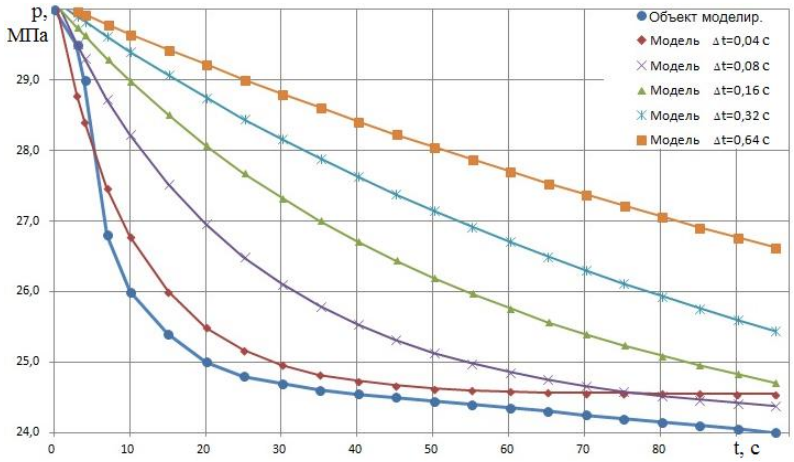


Рисунок 2 – Результаты натурного экспериментального исследования и математического моделирования с различной дискретностью расчёта

На втором этапе, по исследуемой математической модели, проводится экспертная оценка степени подобия результатов численного эксперимента объекту моделирования, результаты которой представлены на рис. 3.

На третьем этапе, на основе статистической (объективной) и экспертной (субъективной) оценки качества модели получается комбинированный показатель адекватности, отражающий потенциальную применимость модели, для создания моделирующего алгоритма обучающего имитатора технической системы, требуемой степени подобия.

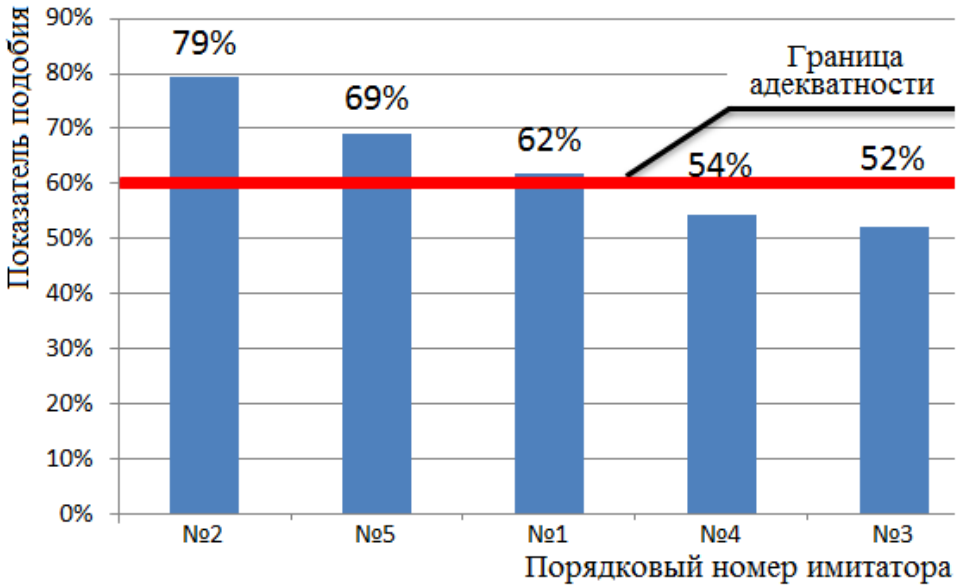


Рисунок 3 – Результаты экспертной оценки подобия имитатора объекту моделирования в зависимости от величины шага расчёта: $\Delta t_{№1}$=0.16 с, $\Delta t_{№2}$=0.04 с, $\Delta t_{№3}$=0.64 с, $\Delta t_{№4}$=0.32 с, $\Delta t_{№5}$=0.08 с

В результате анализа адекватности модели по методу экспертных оценок получается зависимость показателя адекватности поведения модели от величины шага расчета, определяется значение минимальной достаточной величины соответствия модели объекту моделирования.

Для унификации оценки моделей имитаторов без реализации моделирующего алгоритма в виде программного продукта, результаты экспертной оценки могут быть выражены в виде зависимости показателя качества модели по экспертной оценке от величины среднего квадратичного отклонения, как показано на рис. 4.

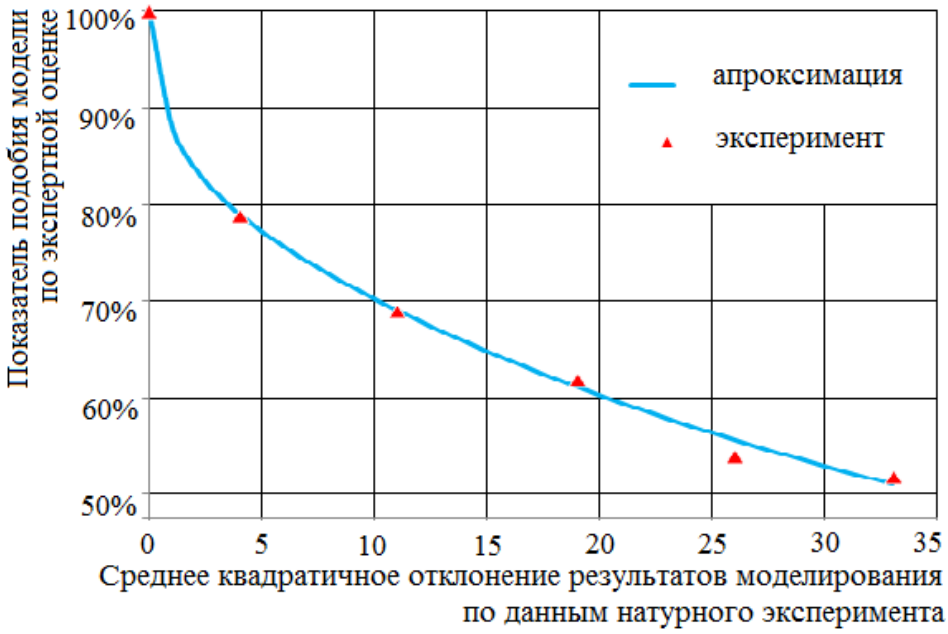


Рисунок 4 – Зависимость показателя качества модели по экспертной оценке от величины среднего квадратичного отклонения

Для удобства использования данной зависимости при оценке адекватности разрабатываемых моделей имитаторов, не прибегая к трудоемкому методу экспертных оценок данная зависимость может быть представлена в виде следующего эмпирического уравнения, представляющего из себя рациональную функцию со знаменателем второго порядка:

$$W = \frac{a + b\delta}{1 + c\delta + d\delta^2}$$

где W – комбинированный критерий адекватности математической модели имитатора, %. δ – среднее квадратичное отклонение выходного сигнала модели имитатора от экспериментальных данных; a=100, b=108, c=1.336, d=0.025 – эмпирические коэффициенты уравнения, при величине коэффициента корреляции ~0.999.

Таким образом, получен новый критерий оценки адекватности моделей имитаторов, позволяющий осуществить оптимизацию ресурсоемкости разрабатываемой математической модели еще на логическом уровне моделирования [2], что позволит в значительной степени снизить трудоемкость создания тренажеров технических систем.

Библиографический список

1. Жильцов В. Технологии виртуальных симуляторов в современном дистанционном образовании / В. Жильцов, Е. Павличева // ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ. – 2015. – №1.
2. Моделирование систем и процессов: Учебник для слушателей и курсантов инженерных вузов ВВС // Головин В.Я., Шаламов А.С., Кирсанов А.П. и др. – М: Изд. ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2010. – 432 с.
3. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. / Т. Саати, К. Керне. – М: Радио и связь, 1991. -224 с.
4. Майерс Г. Искусство тестирования программ: 3-е издание / Майерс Г., Баджетт Т., Сандлер К. – М: Диалектика, 2012. – 272 с.
5. Калбертсон Р. Быстрое тестирование / Р. Калбертсон, К. Браун, Г. Кобб. – М: Вильямс, 2002. – 374 с.
6. Криспин Л. Гибкое тестирование: практическое руководство для тестировщиков ПО и гибких команд / Криспин Л., Грегори Д... – М: Вильямс, 2010. – 464 с.
7. Шапиро Д.И. Виртуальная реальность и проблемы нейрокомпьютинга / Д.И. Шапиро. – М: Имидж-Лаб, 2014. – 454 с.

УДК 537.8

Перспективы промышленного использования установок активации процессов с вращающимся электромагнитным полем

Мищенко М.В., Чередов А.А., Фелисиану Саламу
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: В статье обобщаются сведения по использованию аппаратов с вращающимся электромагнитным полем. Показана физическая сущность процессов, которые происходят в их рабочей зоне. Также рассмотрены особенности промышленного использования установок активации процессов.

Abstract: The article summarizes the information on the use of devices with a rotating electromagnetic field. The physical nature of the processes that occur in their working area is shown. The features of industrial use of process activation units are also considered.

Ключевые слова: аппараты вихревого слоя, рабочее пространство, установки активации процессов, эффективные технологии.

Keywords: vortex layer apparatuses, working space, process activation installations, efficient technologies.

В последние годы активизировалось использование аппаратов вихревого слоя, но уже в новом обличии - в виде установок активации процессов. Последователь Д.Д. Логвиненко академик Н.П. Вершинин не только подтвердил сделанные ранее автором изобретения выводы, но пошел дальше, разработав новые, более производительные типы аппаратов, значительно расширив области их применения. Им сделан важный шаг в выяснении природы воздействия электромагнитных полей и их производных на вещество. Установлено, что огромная производительность и замеченные ранее аномалии хода процессов, по всей вероятности, являются следствием высвобождения внутренней энергии вещества, а сами аппараты - ее генераторами. Только этим можно объяснить широкие возможности установок активации процессов во всех областях техники, сельского хозяйства, быта и экологии. Этот, очень важный факт, возможно, послужит отправной точкой нового скачка в развитии теории и практики использования данной энергии. У людей с ясным умом и умелыми руками аппараты могут творить чудеса. Например, с их помощью можно поднять промышленный потенциал химической промышленности в 2 - 3 раза за 5 - 10 лет без особого вложения финансов, а также и страны в целом. Возможно, влияние установок активации процессов на социально-экономические проблемы окажется наиболее важным.

Долгое время считали, что рост производительности технологических линий или аппаратов на 10 - 15% - уже хорошо, а в 2 - 3 раза отлично. Однако Д.Д. Логвиненко созданы аппараты, способные поднять производительность в 100, 200, а то и в 1000 раз по сравнению с технологиями такого же назначения.

Ученый мир принимал такие сведения с недоверием. Создателю высокоэффективных установок активации процессов Д. Д. Логвиненко пришлось приложить немало усилий, для популяризации своих идей.

Анализ состояния научных и технических достижений во всем мире показал, что к первому десятилетию двадцать первого века человечество подошло без крупных, глобальных технологий, способных серьезно преобразовать и улучшить жизнь на планете. Имеются важные открытия, которые будоражат мир. Информационный взрыв, действительно, имеет место. Однако ухудшить экологическое состояние на планете человеческой цивилизации вполне удалось. Известно также, что неконтролируемая добыча, переработка нефти и сжигание нефтепродуктов экологически совершенно неприемлемы. Между тем, не описаны технологии, которые бы предотвратили эти беды, по крайне мере, они неизвестны. Имеются, конечно, отдельные всплески, но глобальные решения не обнаруживаются.

Применение высокопроизводительных и экономически эффективных технологий имеет не только важные технические и экологические, но и социально - экономические последствия, так как позволяют с наименьшей потерей времени и с минимальными капитальными затратами восстановить и даже переоснастить промышленность и сельское хозяйство страны и, следовательно, вывести страну на новый, более высокий промышленный уровень.

По теоретическим аспектам аппаратов вихревого слоя, конструкции аппаратов и отдельным областям их использования была написана книга [2], опубликованы статьи в отраслевых журналах. Однако книга была издана малым тиражом, а статьи почти не известны. Поэтому появление аппаратов вихревого слоя не произвело значительного эффекта.

Аппараты с вращающимся электромагнитным полем фактически существуют (их выпустил только Д.Д. Логвиненко около 2000 штук), успешно функционируют технологические линии, основой которых они являются, подтверждены все прогнозы технической целесообразности их использования. Казалось бы, в связи с прогнозируемым высоким экономическим эффектом использования установок активации процессов в различных отраслях народного хозяйства, необходимо активно развивать эти технологии. Но пока это, к сожалению не так, более того, сущность проблемы попросту настораживает ученый мир, по-видимому, по причине недостаточной популярности этой идеи.

Рассмотрим возможные области применения установок активации процессов. Условия, создаваемые в рабочем пространстве установок активации процессов, позволяют осуществить различные технологические процессы. Установки активации процессов высоко эффективны в производствах, где требуется быстрое и равномерное перемешивание. Перемешивание с использованием аппаратов вихревого слоя тем эффективнее, чем меньше относительная концентрация одного из компонентов. Использование аппаратов целесообразно, если нужно обработать суспензии независимо от физического состояния фаз (жидкость - твердое тело, несмешивающиеся жидкости, например, вода - мазут, газ - жидкость). Установки активации процессов могут быть эффективно использованы, когда требуется нанести тончайшие (мономолекулярные) пленки покры-

тий на частицы порошков или семян растений и многие другие. Всевозможные технологические процессы могут сопровождаться различными внешними условиями. Процессы с использованием установок активации процессов могут производиться в вакууме, в контролируемой атмосфере или без всякой защиты при нормальном давлении и при комнатной температуре.

Все процессы проходят в одном и том же рабочем пространстве, при одном и том же режиме. Для обработки в установках активации процессов пригодны вещества в любом состоянии, лишь бы их размеры (для твердых фаз) соответствовали размерам рабочего пространства и иголок, жидкости были достаточно подвижные, а порошки свободно пересыпались.

До недавнего времени производительность одного аппарата была сравнительно не велика и для того, чтобы обеспечить, например, нейтрализацию стоков крупного предприятия или города требовалось большое число единиц установок. Однако в настоящее время, как показано ранее, уже созданы аппараты и проекты аппаратов на 100 - 1000 $м^3$/час. Поэтому все проблемы по производительности снимаются.

Технологические линии, снабженные установками активации процессов, имеют непрерывный режим работы и у них отсутствуют непредусмотренные случаи взаимодействия с окружающей средой. Эти линии могут быть замкнутыми. Указанные особенности работы обеспечивают их высокую экологическую чистоту.

Широкой областью применения установок активации процессов является обработка водяных растворов. Рассмотрим вопрос очистки воды. Выше было показано, что аппараты способны осуществить в рабочих зонах кинетический режим при реализации различных технологических приемах. При этом обнаруживаются высокие скорости хода самых различных технологических процессов при значительно меньших капитальных и энергетических затратах. Не смотря на это, химические процессы остаются почти без изменения, в то же время некоторые физические явления претерпевают очень заметные изменения [1].

В рабочей зоне установок активации процессов на воду и содержащиеся в ней примеси воздействуют одновременно ударные волны большой мощности, кавитационные явления и ультразвуковое излучение. Применяемые добавки: известь в виде Ca(OH), сульфиты железа $FeS0_4$ и другие очень быстро распадаются на ионы и вступают в реакции с примесями, образуя нерастворимые соединения в виде гидроксидов металлов. Кроме того, вода под воздействием указанных и других факторов распадается на ионы H^+ и OH^-, которые в свою очередь вступают в реакции, образуя гидроксиды и другие соединения. Наличие в воде высокой концентрации отрицательных ионов приводит к гибели микрофлоры, паразитов и их яиц. Поэтому необходимость использования хлора полностью исключается или уменьшается в несколько раз [2].

Процессы получения порошков в аппаратах вихревого слоя также могут быть эффективно реализованы. Идея получения железа и других металлов прямым восстановлением предварительно подготовленных руд всегда была заманчивой и она в ряде случаев получила промышленное воплощение еще в XX веке. Однако технологические трудности, сложность оборудования, невысокая

скорость восстановления не позволили получать порошки железа в широком масштабе. Хотя прямое восстановление ниобия, тантала, вольфрама и некоторых других металлов из их соединений и в настоящее время является основным методом получения порошков металлов.

Особенности воздействия магнитных полей на вещество в рабочей зоне установок активации процессов дают основание предполагать, что восстановление железной руды в этом случае окажется технически целесообразным [3,1].

Одним из наиболее актуальных направлений использования установок активации процессов может быть переработка отходов деятельности человека. Нейтрализация и утилизация промышленных, бытовых и сельскохозяйственных сбросов, стоков и отходов. Существующие традиционные технологии нейтрализации и утилизации промышленных и бытовых стоков технически несовершенны, потребляют очень много энергии, материалов, занимают огромные площади и экологически опасны уже потому, что продукты нейтрализации всегда хоронят, где придется. Нетрудно подсчитать, что если полностью нейтрализовать стоки какого-либо предприятия, используя современные методы, то придется затратить энергии не на много меньше, чем на сам технологический процесс производства продукции, причем надежность в полноте нейтрализации невелика [1,2].

Для снижения влияния на природу Земли «парникового эффекта» нет не только технологий, но и подходов. Между тем кризис, созданный людьми, нарастает, что признала даже комиссия ООН.

К настоящему времени в мире создан гигантский арсенал всевозможных технологий и обеспечивающего их оборудования. Конечно, они, пусть и недостаточно полно, но выполняют свои функции. Стоит задача повысить их эффективность без значительных капитальных затрат и расхода энергии. И теперь это можно сделать [1, 4].

Установки активации процессов, как и аппараты вихревого слоя, обладают очень важной особенностью: они без особых трудов и затрат встраиваются в существующие технологические линии, значительно повышая их производительность и улучшая качество продукции. Это обстоятельство открывает широкие возможности для быстрой и недорогой реконструкции уже существующих очистных сооружений любого типа. Но главное внимание в настоящей работе сосредотачивается на создании новых высокоэффективных очистных сооружений, использующих технические особенности установки активации процессов [5].

В настоящее время формируется великое множество типов стоков, сбросов и отходов разного состава и в очень больших количествах и разобраться в них, а тем более классифицировать очень трудно. Поэтому предлагается своего рода концепция подхода к решению этих задач. Она должна учитывать фактическое состояние и давать некоторые рекомендации [5].

Так, например, сбросы, содержащие нефтепродукты, относятся к группе отходов наиболее трудно поддающихся нейтрализации. Можно сказать, что почти нет сточных вод, которые не содержали бы нефтепродуктов. Особо трудными для переработки являются многочисленные шламы, содержащие кроме

нефтепродуктов, металлическую стружку, песок, волокно и другие включения, как твердые, так и жидкие. Поэтому классифицировать их весьма затруднительно. В ряде случаев их разделяют на виды: «горючие» или «не горючие».

Практически не существует предприятия, которое могло бы представить данные об успешной очистке промышленных вод от нефтепродуктов. Типичная традиционная система нейтрализации нефтесодержащих стоков, которая не предусматривает их утилизацию, с трудом и далеко не всегда укладывается в нормы ПДК. Таким технологиям присущи недостатки:

– многоступенчатая система технологической линии;
– высокие материальные и энергетические затраты;
– большие производственные площади;
– расход дорогостоящих добавок;
– наличие фильтрующих систем;
– сравнительно низкая производительность.

Применение установок активации процессов, которые позволяют осуществить вместо диффузионного кинетический тип переноса вещества, дает возможность почти полностью устранить указанные недостатки [1,5].

В заключении необходимо подчеркнуть, что с помощью внедрения установок активации процессов в различные технологические линии ожидается экономия электроэнергии, так как установки активации процессов потребляют ее в несколько раз меньше, чем мешалки аналогичной производительности. Таким образом, установки активации процессов очевидно окупят финансовые затраты на их внедрение в короткие сроки.

Библиографический список

1. Вершинин И.Н. Аппараты с вращающимся электромагнитным полем / И.Н. Вершинин, Н.П. Вершинин. – Сальск-Москва: Передовые технологии XXI века, 2007. – 368 с.
2. Логвиненко Д.Д. Интенсификация технологических процессов в аппаратах вихревого слоя / Д.Д. Логвиненко, О.П. Шеляков. – Киев: Техника, 1976. – 113 с.
3. Основы металлургии. Тяжелые металлы. – М: Изд. «Металлургия», 1962.
4. Всемирная конференция по изменению климата. Тезисы докладов. Россия. Москва. 2003. 29.11-10.12.
5. Вершинин Н.П. Установки активации процессов / Н.П. Вершинин. – Ростов-на-Дону: Инноватор, 2004. – 96 с.

УДК 621.59

Газификаторы криогенных жидкостей

Овчаров В.Г., Николашин В.В., Худойбердыев И.Ш.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные виды газификационных установок нашедших широкое применение в медицине, сельском хозяйстве и промышленности. Их основные характеристики и особенности конструкции.

Abstract. This article discusses the main types of gasification installations that are widely used in medicine, agriculture and industry. Their main characteristics and design features.

Ключевые слова: газификатор, криогенная жидкость, баллоны.

Keywords: gasifier, cryogenic liquid, cylinders.

Газификаторы криопродуктов используются для перевода жидкого азота, аргона и кислорода в газообразное состояние в тех случаях, когда потребитель использует продукты разделения воздуха в виде газа или сжатого газа.

Основным преимуществом такой схемы снабжения потребителя газообразным продуктом является большой объем хранения криопродукта в жидком виде и низкие затраты на транспортировку тары. Вес криогенных емкостей, которые используются в качестве конструктивной базы газификаторов многократно ниже веса аналогичного по объему количества баллонов для транспортирования продуктов в сжатом виде. Поэтому в конце XX века криогенные газификаторы продуктов разделения воздуха получили широкое распространение не только в промышленности, но и в медицине и сельском хозяйстве [1].

По принципу действия газификаторы делятся на два класса:

- «холодные» газификаторы;
- «теплые» газификаторы или газификационные установки

Принцип построения холодных газификаторов мало отличается от транспортной емкости, так как давление газообразного продукта на выходе из газификатора равно давлению паров в объеме криогенной цистерны [3, 4].

Пример холодного газификатора приведен на рис. 1, построенный на базе криогенной цистерны ЦТК-0,5. Газификационная установка создана путем добавления к криоцистерне внешнего испарителя криопродуктов. В связи с тем, что количество газифицированного продукта определяется количеством теплоты, подведенной из окружающей среды к криогенной жидкости а штатный испаритель используется только для подъема давления паров внутри емкости. Под этим давлением жидкость выдавливается во внешний испаритель, который иногда принудительно обдувают атмосферным воздухом, подогревают при помощи воды или электронагревателя.

Рисунок 1 – Внешний вид «холодного» газификатора на базе цистерны криогенной транспортной ЦТК-0,5/0,25.

Технические характеристики газификаторов показывают, что все холодные газификаторы российского производства рассчитаны на максимальное давление 1,6 МПа.

На рис. 2 приведена схема холодного газификатора ГХК-3/1,6. этот газификатор представляет собой вертикально установленную цистерну с системой управления выдачи жидкости или газа.

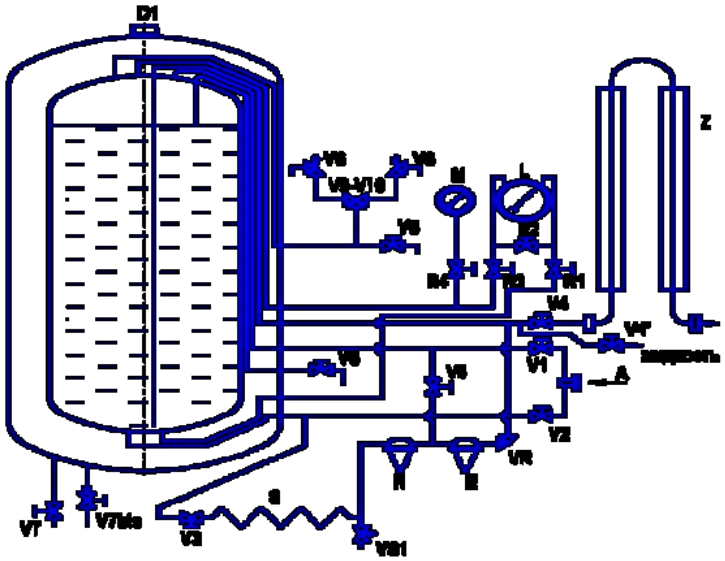


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема холодного газификатора ГХК-3/1,6-200

В отличие от криогенной цистерны этот газификатор имеет дополнительный внешний испаритель, который обеспечивает достаточно высокий расход газообразных продуктов. В отдельных случаях можно отбирать из газификатора и сжиженный продукт, для этого он снабжен дополнительным вентилем. В остальном принцип действия органы управления газификатора мало отли-

чаются от устройства криогенных емкостей. Емкость газификаторов варьируетсяот 1 м^3 до 25 м^3. Криогенные жидкости несжимаемы, поэтому используя жидкостной насос, можно добиться значительного повышения давления и эти установки используют преимущественно для заправки баллонов вне воздухоразделительных предприятий.Как видно установки этого типа могут быть рассчитаны до давления 20 МПа, а в отдельных случаях до 40 МПа, что особенно важно на станциях заправки компримированным природным газом. Производительность в таких установках может достигать 3150 м^3/ч.

На повышения давления затрачивается существенное количество энергии, поэтому потребляемая мощность газификационных установок этого типа составляет от 20 до 110кВт. В отдельных случаях газификационные установки размещают на автомобильном шасси [2], что позволяет наполнять баллоны на удаленных объектах.

Различают 2 типа газификационных установок. Это установки с погружным жидкостным насосом и внешним жидкостным насосом. Установка построена на базе цистерны ЦТК-1,6 к которой добавлен блок газификации, состоящий из пульта управления и жидкостного насоса представлена на рис. 3. Так как эксплуатация таких установок сопряжена с некоторыми трудностями, в связи с тем что на линии криопродукта неизбежно подводится теплота из окружающей среды, возможно его частичное вскипание перед насосом, что увеличивает время подготовки газификатора к работе и расход жидкого криопродукта.

Рисунок 3 – Газификационная установка на базе криогенной транспортной цистерны ЦТК-1,6/0,25 с внешним насосом для криоагента

Для того чтобы этого избежать, в отдельных случаях жидкостной насос погружает в криогенную жидкость (рис. 4). В данном случае газификационная установка создана на базе серийной емкости ЦТК-1,0, а насос размещен над емкостью. На рисунке виден только редуктор насоса, сам насос погружен в жидкость, забор жидкости производится прямо из объема хранения. Управление технологическим процессом осуществляется при помощи пульта. Данная схема имеет свои недостатки, так размещения насоса в изолированном про-

странстве снижает качество тепловой изоляции, большое количество теплоты переносится по движущимся частям насоса и испаряемость такого вида газификационной установки выше. Поэтому данная схема рекомендована для мобильных газификаторов, в которых, как правило, не осуществляется длительное хранения продукта в жидком виде.

Рисунок 4 – Газификационная установка с погружным насосом для криопродукта на базе ЦТК-1,0/0,25:

Схема с внешней установкой жидкостного насоса применяется, когда испаряемость продукта относительно не велика и основной функцией криогенной цистерны является его хранение. В настоящее время на рынке РФ присутствует большое количество криогенных сосудов газификаторов импортного производства, построенных по холодной схеме.

Библиографический список

1. Баранов А.Ю. Хранение и транспортировка криогенных жидкостей. Часть 1: Учебное пособие / А.Ю. Баранов, Е.В. Соколова. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 95 с.
2. Платонов А.А. Унификация названий транспортных средств на комбинированном ходу / А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. С. 224.
3. Разделение воздуха методом глубокого охлаждения. Технология и оборудование. В двух томах. Под ред. Епифановой В.И. и Аксельрода Л.С. Т.2. Промышленные установки, машинное и вспомогательное оборудование. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – М: Машиностроение, 1973. – 568 с.
4. Тонконог В.Г. Технологические схемы регазификации криогенных жидкостей / В.Г. Тонконог, А.Л. Тукмаков, Н.А. Тукмакова // В сборнике: ТРУДЫ СЕДЬМОЙ РОССИЙСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ТЕПЛООБМЕНУ. В 3х томах. 2018. С. 199-202.

УДК 625.144.6

Вариативность технологических процессов удаления нежелательной растительности по территориям линейных инфраструктурных объектов

Платонов А.А.
Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: При содержании ряда линейных инфраструктурных объектов находят применение различные технологические процессы удаления нежелательной растительности, как с применением большой доли ручного труда, так и с привлечением различных машин (механизмов). В статье анализируются применяемые на указанных территориях технологические процессы, формулируется вывод о возможностях их дальнейшей систематизации.

Abstract: When maintaining a number of linear infrastructural objects, various technological processes for removing unwanted vegetation are used, both with the use of a large share of manual labor and with the involvement of various machines (mechanisms). The article analyzes the technological processes used in the indicated territories, formulates a conclusion about the possibilities of their further systematization.

Ключевые слова: нежелательная растительность, удаление, технологический процесс, перечень, систематизация.

Keywords: unwanted vegetation, removal, technological process, listing, systematization.

Введение.

В настоящее время при содержании ряда линейных инфраструктурных объектов (ЛИО) продолжает оставаться актуальным вопрос удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР) с территорий указанных объектов [1, 10] к которым относятся в частности охранные зоны трасс высоковольтных линий (трасс ВЛ), трасс магистральных газо-, нефте- и продуктопроводов, полос отвода автомобильных и железных дорог [2, 9]. Основанием для очистки территорий ЛИО от НДКР являются нормативные документы соответствующих акционерных обществ [8], предусматривающие необходимость поддержания указанных объектов в надлежащем состоянии. Для своевременной и качественной очистки территорий ЛИО от НДКР организациями-исполнителями работ заранее разрабатываются Технологические Карты (ТК) и сметы на выполнение работ, а также Проекты Производства Работ (ППР), предусматривающие особенности организации и выполнения (для принятого в работу ЛИО) технологического процесса удаления нежелательной растительности, в том числе применяемые машины и механизмы.

Целью исследования является анализ применяемых на территориях линейных инфраструктурных объектов технологических процессов удаления нежела-

тельной растительности и выявление возможностей их дальнейшей систематизации.

Материалы и методы.

В исследование нами были приняты технологические процессы [5], предусматривающие исключительно механические способы удаления НДКР, к наиболее распространённым из которых относятся срезание и вырубание растительности [6, 7]. При этом в качестве нежелательной растительности нами рассматривались кустарник, мелколесье, подлесок и поросль.

Выполненными исследованиями нормативных документов (ТК, ППР, смет и т.д.), обуславливающих технологические (а также иные) указания к выполнению рассматриваемого вида работ [3], нами было установлено следующее распределение количества существующих технологических процессов (ТП), применяющихся на территории тех или иных линейных инфраструктурных объектов (рис. 1).

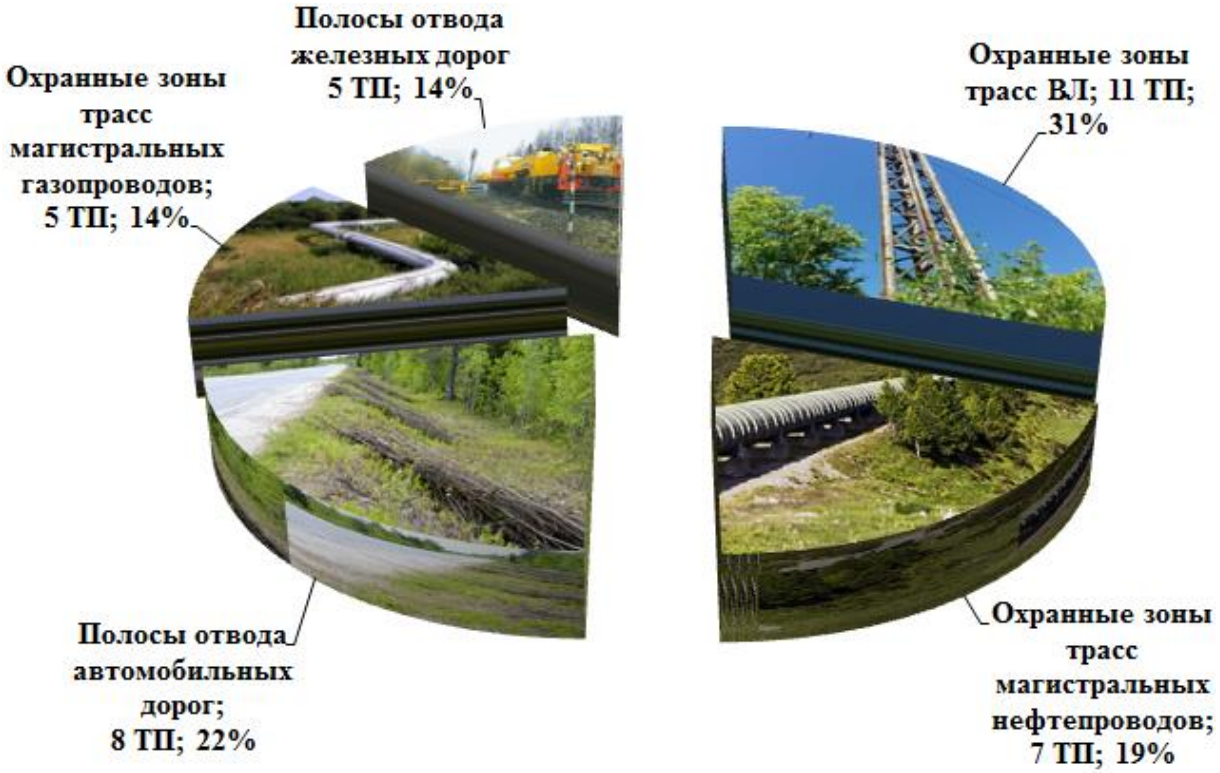


Рисунок 1 – Распределение существующих технологических процессов удаления нежелательной растительности по территориям ЛИО

Результаты и обсуждение.

Анализ вышеприведённого распределения позволил выявить следующее.

Наибольшее количество ТП удаления кустарника, мелколесья, подлеска и поросли наблюдается при работах в охранных зонах трасс ВЛ, при этом одним из объяснений этого может служить факт традиционно большой протяжённости указанных линий (по данным [4] на территории Российской Федерации протяжённость линий электропередач на 01.01.2019 г. составляла 2,35 млн. км), что в свою очередь обуславливает большой объём работ по недопущению произрастания нежелательной растительности. Практически одинаковое количество ТП

было выявлено нами для работ по полосам отвода автомобильных дорог и в охранных зонах магистральных нефтепроводов.

Отдельное внимание следует уделить установленному нами количеству технологических процессов удаления НДКР по полосам отвода железных дорог. В отличие от ПАО «Россети», ПАО «Газпром» и ПАО «Транснефть» в ОАО «РЖД» механический способ борьбы с НДКР традиционно не относят к преимущественной сфере направлений развития железных дорог (предпочитая при этом удаление растительности химическими методами), что и обуславливает не развитость соответствующих технологических процессов.

Для каждого из вышеприведённых линейных инфраструктурных объектов нами были проанализированы соответствующие им и применяемые в настоящее время технологические процессы удаления НДКР. При выполнении анализа нами учитывалось, что каждый технологический процесс состоит из ряда технологических операций, при этом вспомогательные технологические операции (например, доставка дереводробильной машины с подвижным агрегатом на гусеничном ходу до места проведения работ, смена оборудования на базовой машине и т.д.) нами на данном этапе не принимались во внимание.

Общий результат выполнения $P_{ТП}$ каждого технологического процесса (освобождение территории ЛИО от НДКР) был представлен нами в виде условной функции воздействия на растительность ряда основных технологических операций TO_i:

$$P_{ТП} = \sum_{i=1}^{n} TO_i$$

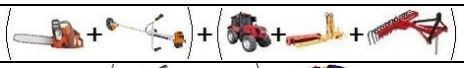
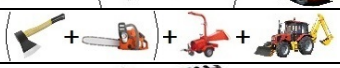
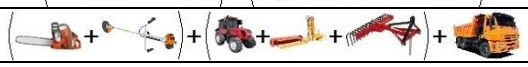
где i – количество технологических операций в исследуемом ТП.

С учётом вышеизложенного, в табл. 1…5 приведены существующие технологические процессы удаления НДКР с территорий линейных инфраструктурных объектов. В качестве пояснений следует отметить, что символьная визуализация ТП в данных таблицах характеризует применяемые в том или ином ТП основные машины, механизмы и оборудование, в то время как указанное условное описание ТП характеризует все основные технологические операции. При этом символьная визуализация охватывает все возможные первичные (непосредственного удаления) и последующие способы воздействия на НДКР, а именно: ручной (топорами, бензопилами, ручными кусторезами), механизированный (тракторами на колёсном и/или гусеничном ходу с навесными кусторезами, корчевателями, лесными граблями и т.д.), а также комбинированный (предусматривающий ручное и механизированное воздействие на растительность).

При составлении символьной визуализации ТП нами не рассматривалась теоретическая максимально возможная степень механизации соответствующего технологического процесса. В частности, например для ТП2 в охранной зоне трасс ВЛ предусмотрено лишь ручное сгребание вырубленной растительности, в соответствии с чем нами не указывалось возможное механизированное сгребание НДКР.

Таблица 1

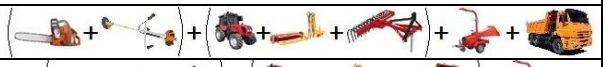
Технологические процессы удаления нежелательной растительности в охранной зоне трасс ВЛ

№ ТП	Параметры технологических процессов	
	Условное описание	**Символьная визуализация**
1	$P_{ТП} = Срз + Сгр$	
2	$P_{ТП} = Врб + Сгр + Ввз$	
3	$P_{ТП} = Срз + К_{пн} + Сгр$	
4	$P_{ТП} = Срз + К_{пн} + Дрб$	
5	$P_{ТП} = Срз + К_{пн} + Сжг$	
6	$P_{ТП} = Врб + Дрб$	
7	$P_{ТП} = Срз(к) + Ввз(С_{жг})$	
8	$P_{ТП} = Врб + Дрб + Зкп$	
9	$P_{ТП} = [Срз + Дрб]$	
10	$P_{ТП} = Срз + К_{пн}$	
11	$P_{ТП} = Срз + Сгр + Ввз$	

Примечание: Срз – срезание НДКР; Сгр – сгребание НДКР; Врб – вырубание НДКР; Ввз – вывозка порубочных остатков; Кпн – корчевание пней; Дрб – дробление порубочных остатков; Сжг – сжигание порубочных остатков; Срз(к) – срезание камышовой поросли; Зкп – закапывание порубочных остатков;[*Срз+Дрб*] *– мульчирование НДКР.*

Таблица 2

Технологические процессы удаления нежелательной растительности в охранной зоне трасс магистральных нефтепроводов

№ ТП	Параметры технологических процессов	
	Условное описание	**Символьная визуализация**
1	$P_{ТП} = Срз + Сгр + Дрб + Ввз$	
2	$P_{ТП} = Срз + К_{пн} + З_{ям} + Дрб$	
3	$P_{ТП} = Срз + Сгр + Ввз$	
4	$P_{ТП} = [Срз + Дрб]$	
5	$P_{ТП} = Срз + К_{пн} + Сгр + Дрб$	
6	$P_{ТП} = Срз + Дрб$	
7	$P_{ТП} = Срз + К_{пн} + Сгр$	

Примечание: Зям – засыпка ям.

Таблица 3

Технологические процессы удаления нежелательной растительности в полосах отвода автомобильных дорог

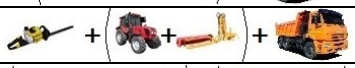
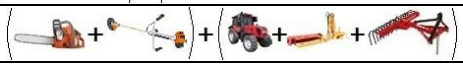
№ ТП	Параметры технологических процессов	
	Условное описание	**Символьная визуализация**
1	$P_{ТП} = Срз + Ввз$	
2	$P_{ТП} = Срз(к) + Ввз(С_{жг})$	
3	$P_{ТП} = Срз + Сжг$	
4	$P_{ТП} = Срз + Дрб$	
5	$P_{ТП} = Врб + К_{пн} + Дрб + Зкп$	
6	$P_{ТП} = [Срз + Дрб]$	
7	$P_{ТП} = Врб + К_{пн} + Сгр$	
8	$P_{ТП} = Срз + Сгр$	

Таблица 4

Технологические процессы удаления нежелательной растительности в охранной зоне трасс магистральных газопроводов

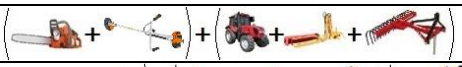
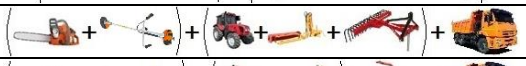
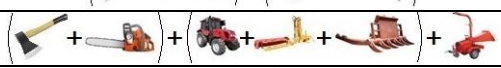
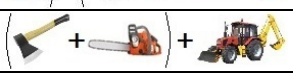
№ ТП	Параметры технологических процессов	
	Условное описание	**Символьная визуализация**
1	$P_{ТП} = Срз + Сгр + Сжг$	
2	$P_{ТП} = Срз + Сгр + Ввз$	
3	$P_{ТП} = Срз + Дрб + Ввз$	
4	$P_{ТП} = Срз + К_{пн} + Сгр + Ввз$	
5	$P_{ТП} = [Срз + Дрб]$	

Таблица 5

Технологические процессы удаления нежелательной растительности в полосах отвода железных дорог

№ ТП	Параметры технологических процессов	
	Условное описание	**Символьная визуализация**
1	$P_{ТП} = Врб + Сгр + Сжг$	
2	$P_{ТП} = Врб + К_{пн} + Дрб$	
3	$P_{ТП} = Врб + Зкп(Сжг)$	
4	$P_{ТП} = [Срз + Дрб]$	
5	$P_{ТП} = Срз + Сгр + Ввз$	

Аналогично, в ТП1 и ТП2 при удалении растительности в полосах отвода автомобильных дорог не предусмотрена механизированная погрузка порубочных остатков, вследствие чего она также не нашла отражения в символьной визуализации соответствующих технологических процессов. Кроме того, по ряду ТП не указана символьная визуализация технологической операции сжигания порубочных остатков, выполняемая нередко также без соответствующих средств механизации.

Анализ приведённых в табл. 1…5 сведений позволил сделать следующие выводы.

Целый ряд технологических процессов как общем (по всем рассматриваемым линейным объектам инфраструктуры), так и в рамках одного ЛИО нередко дублируют друг друга. В частности, нами выявлено 8 ТП, предусматривающих преимущественно ручное срезание (бензопилами, кусторезами) и/или вырубку растительности топорами с последующим сгребанием порубочных остатков (иногда – с корчеванием пней, в некоторых случаях – с дальнейшим сжиганием порубочных остатков), применяемых фактически в каждом из рассматриваемых ЛИО (при этом в охранной зоне трасс ВЛ – 3 ТП, в полосах отвода автомобильных дорог – 2 ТП). Установлено применение 9 ТП, предусматривающих вырубку/срезание растительности с её последующим сгребанием ручным и/или механизированным способом и вывозкой для дальнейшей утилизации, применяемых в каждом из рассматриваемых ЛИО, при этом в охранной зоне трасс ВЛ нами выявлено сразу 3 таких ТП, а в полосах отвода автомобильных дорог и в охранной зоне трасс магистральных газопроводов – по 2 ТП. По ряду ЛИО нами были установлены ТП, предусматривающие вырубку/срезание нежелательной растительности с последующим дроблением порубочных остатков, при этом в ряде случаев в ТП были добавлены такие технологические операции, как корчевание пней (охранные зоны трасс ВЛ – 2 ТП, трассы магистральных нефтепроводов – 3 ТП, полосы отвода железных дорог – 1 ТП). Технологические процессы с вывозкой подробленных порубочных остатков представлены вариантами, предусматривающими предварительное срезание/вырубку НДКР с ручным или механизированным сгребанием порубочных остатков. Нами были также установлены ТП с захоронением (закапыванием) порубочных остатков механизированным способом с предварительным вырубанием НДКР (в некоторых случаях – с корчеванием пней), а также ТП, предусматривающие сжигание порубочных остатков (в том числе – в охранной зоне трасс магистральных газопроводов), при этом в некоторых случаях в таких ТП предусмотрено корчевание пней и/или сгребание порубочных остатков. Отдельное внимание следует уделить технологическим процессам, предусматривающим срезание НДКР на корню с одновременным дроблением порубочных остатков (так называемое «мульчирование»). Практически для каждого из исследованных нами линейных инфраструктурных объектов предусмотрены подобные ТП, отличающиеся однако при этом применяемыми машинами и механизмами, и, как следствие, рядом подготовительных и завершающих технологических операций.

Заключение.

С учётом вышеизложенного, можно сделать следующий вывод.

Выявленное нами в данном исследовании многообразие технологических процессов удаления с территории линейных инфраструктурных объектов нежелательной древесно-кустарниковой растительности, сопровождаемое их многократным дублированием по всем рассматриваемым ЛИО, требует проведения дальнейшей систематизации рассматриваемых технологических процессов с целью дальнейшего повышения качества работ по удалению НДКР.

Библиографический список

1. Герасимов Г.В. Комплексная безопасность инфраструктурного объекта / Г.В. Герасимов // Академическая публицистика. 2021. № 4. С. 84-87.
2. Меркулов А.С. Железнодорожный транспорт России как инфраструктурный объект / А.С. Меркулов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2017. Т. 2. С. 164-169.
3. Минаков Д.Е. Современные требования к текущему содержанию земельных участков полосы отвода и охранных зон транспортной инфраструктуры / Д.Е. Минаков, А.А. Платонов, Е.Ю. Минаков // В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 230-236.
4. О компании // ПАО «Россети» [сайт] [2019]. – URL: http://www.rosseti.ru /about/ company/(дата обращения: 25.10.2019).
5. Платонов А.А. Структура формирования технологических процессов удаления нежелательной растительности с эксплуатационных объектов инфраструктуры / А.А. Платонов // Ползуновский альманах. 2020. № 1. С. 65-68.
6. Платонов А.А. Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации / А.А. Платонов // Resources and Technology. 2017. Т. 14. № 2. С. 33-48.
7. Платонов А.А. Традиционные технологические процессы удаления нежелательной поросли в полосе отвода железных дорог / А.А. Платонов // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 114-118.
8. Правила эксплуатации магистральных газопроводов: СТО Газпром 2-3.5-454-2010: утв. распоряжением ОАО «Газпром» от 24 мая 2010 г. № 130: ввод в действие с 24.05.2010. – М: Газпром, 2010. – 164 с.
9. Храменок М.А. Проблемы безопасности эксплуатации объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта / М.А. Храменок // Безопасность регионов - основа устойчивого развития. 2012. Т. 1-2. С. 186-189.
10. Шабалин Н.Г. Принципы организации систем управления техническим состоянием инфраструктуры железнодорожного транспорта для обеспечения безопасности движения поездов: автореф. дис. … докт. техн. наук: 05.22.01 / Н.Г. Шабалин. – Новосибирск: 2004. – 39 с.

УДК 625.144.6

Измельчители и кусторезы – как технические средства удаления нежелательной поросли на линейных инфраструктурных объектах

Платонов А.А.
Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: При выполнении работ по очистке территорий ряда инфраструктурных объектов от нежелательной растительности с целью уменьшения доли ручного труда нередко применяют средства механизации непрерывного воздействия на данную растительность. В статье рассматриваются вопросы привлечения к указанным работам навесных кусторезов (косилок-кусторезов) и средств измельчения порубочных остатков, приводятся их технические характеристики, формулируется вывод о преимущественном применении рассмотренных средств механизации.

Abstract: When performing work on cleaning the territories of a number of infrastructure facilities from unwanted vegetation in order to reduce the share of manual labor, the means of mechanizing continuous impact on this vegetation are often used. The article discusses the issues of attracting mounted brush cutters (mowers-brush cutters) and tools for crushing felling residues to the specified work, gives their technical characteristics, formulates a conclusion about the predominant use of the considered mechanization tools.

Ключевые слова: нежелательная растительность, удаление, средства механизации, характеристики.

Keywords: unwanted vegetation, removal, means of mechanization, characteristics.

При выполнении периодических работ по нормативному содержанию ряда линейных инфраструктурных объектов (газо-, нефте, продуктопроводов, авто- и железных дорог, водоводов, трасс линий электропередачи и т.д. [2]) нередко предусмотрены технологические процессы удаления с вышеозначенных территорий нежелательной древесно-кустарниковой поросли [7, 8]. Выполненным нами анализом ряда нормативных документов, обуславливающих правила выполнения работ по удалению нежелательной поросли с территорий линейных инфраструктурных объектов (ЛИО) было установлено, что в настоящее время целым рядом данных технологических процессов предусмотрены технологические операции с достаточно большой долей ручного труда, нередко достигающей 100% [13], а средствами механизации в этом случае являются бензопилы и ручные кусторезы (рис. 1).

Однако для увеличения производительности труда при одновременном повышении качества выполненных работ целесообразно уменьшать долю ручного труда путём применения таких средств механизации, которые могут обеспечить непрерывное, а не дискретное (как показано выше) воздействие на нежелательную поросль.

а) б) в)

Рисунок 1 – Расчистка охранных зон от нежелательной растительности с применением ручного труда
а) трассы высоковольтной линии, Ставропольский край
б) полосы отвода железной дороги, Московская обл.
в) полосы отвода автомобильной дороги, Кабардино-Балкария

В частности, такими техническими средствами, осуществляющим непосредственное срезание нежелательной растительности (в том числе, при работах на территории ЛИО), являются кусторезы, навешиваемые на тракторы и применяемые при механизированном (исключительно) или комбинированном (ручном и механизированном) способе воздействия на растительность (рис. 2).

а) б)

Рисунок 2 – Технические средства непрерывного срезания нежелательной поросли
а) кусторез К-1.7 + трактор МТЗ-80;
б) косилка-кусторез БЛ-2 + трактор Belarus-82.1

Отдельно отметим, что в настоящее время существуют некоторые разночтения в понимании того, что именно может называться «кусторезом», при этом для борьбы с нежелательной растительностью может быть задействовано множество технических средств с таким названием, конструктивные и эксплуатационные характеристики которых разительно отличаются друг от друга [1]. Так, в [10] указывается, что кусторезы «…представляют собой переносные инструменты одиночного управления с дисковыми или цепными пильными аппаратами», что в целом соответствует ручным кусторезам. Более развёрнутое определение приводится в ГОСТ Р 51389-99 «Машины для лесного хозяйства. Кусторезы и мотокосы бензиномоторные» [3], где под кусторезом понимается «… инструмент, в состав которого входит вращающееся полотно, изготовлен-

ное из металла или пластика, предназначенный для срезания сорной травы, кустарника, тонких деревьев и другой аналогичной растительности». В тоже время традиционное и сложившееся десятилетиями понимание сущности кусторeза было приведено в лесной энциклопедии [6], где кусторезом называется «…орудие для срезки кустарника и мелколесья при реконструкции малоценных насаждений, освоении закустаренных земель, улучшении сенокосов и пастбищ, расчистке трасс в мелиоративном и дорожном строительстве» (рис. 3, а, б). Даже с учётом указанного в [5, 6] разделения на кусторезы с активными и пассивными рабочими органами традиционно под кусторезом понимается техническое средство, состоящее из трактора и навесного/прицепного устройства, собственно и удаляющего нежелательную растительность.

а)

б)

в)

Рисунок 3 – Примеры традиционных кусторезов и современных косилок
а), б) Трактор-кусторез Т-10М
в) МТЗ-82 + манипуляторные косилки FERRI

Аналогично раскрытым нами проблемам при обозначении такого технического средства как «кусторез» нами также было выявлено несколько определений, связанных с добавлением к слову «кусторез» слова «косилка». Выполненным нами поиском по многочисленным (энциклопедическим, толковым, сельскохозяйственным и т.д.) словарям [9] было установлено, что все они в той или иной степени определяют «косилку» как машину (вариант – механизированное

орудие) для скашивания травы (вариант – водорослей). Навесная косилка (равно как и навесной кусторез) является техническим средством без рабочего места оператора под управлением и обслуживанием механизатора (тракториста) и нередкое присовокупление к наименованию «кусторез» слова «косилка» объясняется на наш взгляд логичным стремлением производителя уже на вербальном уровне показать особенности работы данного технического средства.

Нами было выявлено, что при организации работ на ЛИО применяются навесные кусторезы (косилки-кусторезы) целого ряда российских и зарубежных производителей, обеспечивающих срезание растительности диаметром до 200 мм и ширину захвата рабочего органа 900…2000 мм. При этом отдельно следует отметить таких производителей из Республики Беларусь, как «Амкодор», «Блюминг» и «Евромаш», формирующих приемлемое (для отечественных компаний-исполнителей работ удаления НДКР) соотношение цены оборудования (200…300 тыс. руб.), его производительности и общей надёжности. Некоторые технические характеристики применяемых при удалении НДКР на территории ЛИО кусторезов (косилок-кусторезов) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики применяемых при удалении НДКР на территории ЛИО кусторезов (косилок-кусторезов)

	Параметры кустореза (косилки-кустореза)				
Модель	Косилка - кусторез К-78М	Кусторез НО-82.31	Косилка-кусторез К-1,7	Кусторез КРТ-1Б	Косилка-кусторез БЛ-2
Ширина захвата рабочего органа (не менее), мм	1600	2000	1700	900	1500
Рабочая скорость, км/ч	0,5 … 5,0	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 7
Диаметр отдельно стоящего срезаемого ствола растительности, мм	до 20	до 150	до 200	до 100	до 150
Масса, кг	970	1200	520	260	400
Изображение					

Приведённые нами в табл. 1 модели кусторезов (косилок-кусторезов) являются по нашим данным хотя и наиболее распространёнными техническими средствами, посредством которых осуществляется удаление нежелательной растительности на ряде линейных инфраструктурных объектов, но не един-

ственно возможными. В частности, для работ на железной дороге можно отметить такие специализированные машины, как машину кусторезную SP-93R (производства ОАО «Рempутьмаш», Россия; рис. 4, а) и Kershaw Model 60 (производства «KERSHAW», США; рис. 4, б), способных осуществлять непрерывное воздействие на нежелательную поросль с обеих сторон железной дороги. В качестве универсальных можно отметить Tiger RailKut (производства «Tiger Corporation», США; рис. 4, в) на комбинированном (автомобильном и железнодорожном) ходу [4].

а) б)

в)

Рисунок 4 – Машины для удаления нежелательной растительности

Независимо от вида/модели применяемой машины/механизма кусторезного типа полученные в результате срезания нежелательной растительности порубочные остатки подлежат утилизации любым законным способом, одним из которых является их преобразование в щепу [12].

Измельчители порубочных остатков являются техническими средствами, предназначенными для измельчения удаляемой древесины в щепу с последующим откидыванием полученной субстанции в сторону или в кузов транспортного средства.

В соответствии с [11] технические средства для измельчения древесины классифицируются в зависимости от отрасли применения (лесозаготовка, утилизация отходов и т.д.), типу рабочего органа машины (исковые, барабанные и роторные), мобильности (стационарные и передвижные), типу загрузки (горизонтальная или наклонная), типу выгрузки и т.д. (рис. 5). Во многом как следствие этого, производителями предлагаются такие технические средства для измельчения древесины, как измельчители, дробилки, рубильные машины, щепорезы, шредеры, щековые дробилки и т.д.

а) б)

Рисунок 5 – Измельчение порубочных остатков в зоне ЛЭП
а) Черноголовка, Московская обл., ноябрь 2017 г.
б) Воскресенский район, Московская обл., февраль 2019 г.

Основными критериями выбора измельчителя порубочных остатков являются характеристики измельчаемой растительности (например, преобладающий породный состав, диаметр, влажность и т.д.), тип исполнения (стационарный или мобильный), мощность и скорость работы, вид привода, совместимость с базовым транспортным средством и т.д.

В настоящее время на российском рынке представлены такие зарубежные компании-производители измельчителей порубочных остатков, как Redwood Global Ltd, GreenMech (Великобритания); Europe Forestry (Голландия); Husmann Umwelt, Jenz GmbH, Hammel, Laimet, Heizomat GmbH (Германия); Miller Srl, Pezzolato, GandiniI Meccanica, Caravaggi (Италия); Weifang Fred Machinery (Китай); Remet CNC Technology, Teknamotor (Польша); Morbark, Bandit, Echo Bear Cat, Salsco, Dynamic Manufacturing , Terex Environmental Equipment (США); Arpal, Олнова (Украина); Farmi Forest, Junkkari Oy (Финляндия); Urban Kovo, Laski (Чехия). Среди российских производителей можно отметить «СтанкоЛесТрейд», ВЗБО, ПКБ «Автоматика», «Агрокон», «Авангард», «Рубмастер», Ряжский АРЗ, Красноярский завод мелкосерийного оборудования. Отдельно следует выделить белорусских производителей технических средств по измельчению порубочных остатков («Амкодор», «Евромаш», «Мозырьмаш», «Техагрокомплект», «Сифания-Экотехника», «Дорвектор»), чья продукция традиционно пользуется спросом. Несмотря на большую конкуренцию со стороны зарубежных производителей, отечественные (российские и отнесённые нами сюда же белорусские предприятия) выглядят на наш взгляд достойно на рынке измельчителей древесины, предлагая исполнителям работ по удалению растительности качественную продукцию по приемлемым ценам, совместимую к тому же с имеющимся парком машин.

В целом нами было выявлено, что при выполнении работ по удалению нежелательной поросли на территории ЛИО применяются технические средства по измельчению порубочных остатков преимущественно производителей «Евромаш», «Мозырьмаш», «Рубмастер», Teknamotor, Farmi Forest, при этом наибольшим спросом среди организаций-исполнителей работ пользуются измельчители ценой от 200 тыс. руб. до 300 тыс. руб., обеспечивающие переработку растительности диаметром до 260 мм с производительностью по щепе 5…40 $м^3$/час. Выборочные технические характеристики применяемых при уда-

лении нежелательной поросли на территории ЛИО некоторых измельчителей порубочных остатков представлены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики применяемых при удалении НДКР на территории ЛИО некоторых измельчителей порубочных остатков

	Параметры измельчителя				
Наименование, модель	Измельчитель веток ЕМ-160	Машина древесно-рубильная МДР-0,8	Установка дереводробильная Farmi CH260 DF	Измельчитель древесных отходов BOXER BX92R	Машина рубильная навесная BELARUS МРН-1
Диаметр измельчаемой растительности, мм	до 160	до 200	до 260	до 260	до 100
Частота вращения рабочего органа, об/мин	1000	540… 1000	540… 1000	1000	1000
Производительность, $м^3$/час	5	7…20	10…40	25…40	5…10
Масса, кг	360	440	700	570	770
Изображение					

С учётом вышеизложенного, можно сделать следующий вывод.

При выполнении работ по нормативному содержанию ряда линейных инфраструктурных объектов в части удаления с их территорий нежелательной поросли выявлено преимущественное применение навесных кусторезов (косилок-кусторезов), обеспечивающих срезание растительности диаметром до 200 мм и ширину захвата рабочего органа 900…2000 мм, главным образом – белорусских производителей, формирующих приемлемое (для отечественных компаний-исполнителей работ удаления растительности) соотношение цены оборудования (200…300 тыс. руб.), его производительности и общей надёжности. Установлено, что наибольшим спросом среди организаций-исполнителей указанных работ пользуются измельчители ценой от 200 тыс. руб. до 300 тыс. руб., обеспечивающие переработку растительности диаметром до 260 мм с производительностью по щепе 5…40 $м^3$/час.

Библиографический список

1. Абдразаков Ф.К. Теоретическое обоснование использования кусторезов / Ф.К. Абдразаков, Д.А. Соловьев, Р.Н. Бахтиев, Д.Г. Горюнов // Строительные и дорожные машины. 2004. № 3. С. 37-39.
2. Белый О.В. Транспортные сети России (системный анализ, управление, перспективы): монография / О.В. Белый, С.А. Попов, Р.Э. Францев. – СПб: Издательство СПбГУВК, 1999. – 147 с.
3. ГОСТ Р 51389-99 Машины для лесного хозяйства. Кусторезы и мотокосы бензиномоторные. Требования безопасности. Методы испытаний: введен в действие Постановлением Госстандарта России от 30 ноября 1999 г. № 487-ст. – М: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 26 с.
4. Драпалюк М.В. Современные машины и оборудование для лесного хозяйства на комбинированном ходу / М.В. Драпалюк, А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 12.
5. Ивашнев М.В. Технология защиты линий электропередачи от деревьев и кустарников с использованием кустореза с активным рабочим органом / М.В. Ивашнев, И.Р. Шегельман // Глобальный научный потенциал. 2012. № 4 (13). С. 105-107.
6. Лесная энциклопедия: В 2-х т. / Под ред. Г.И. Воробьева; Ред. кол.: Ану-чин Н.А., Атрохин В.Г., Виноградов В.Н. и др. – М: Сов. энциклопедия, 1985-1986.
7. Платонов А.А. Особенности формирования капитальных вложений для создания систем машин удаления нежелательной растительности / А.А. Платонов, О.В. Терновская // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 3 (39). С. 164-174.
8. Платонов А.А. Структура формирования технологических процессов удаления нежелательной растительности с эксплуатационных объектов инфраструктуры / Платонов А.А. // Ползуновский альманах. 2020. № 1. С. 65-68.
9. Техника. Энциклопедия / под ред. Г.И. Белов, А.П. Горкин. – М: Росмен-Пресс, 2006. – 488 с.
10. Технология и машины лесосечных работ: учебник / В.И. Патякин [и др.]; под ред. В.И. Патякина. – СПб: СПбГЛТУ, 2012. – 362 с.
11. Тикачев В.И. Машины для измельчения древесины / В.И. Тикачев // ЛесПромИнформ. – 2010. - №2 (68). – с. 92-104.
12. Энергетическое использование древесной биомассы: заготовка, транспортировка, переработка и сжигание: учеб. пособие / авт.-сост. В.С. Сюнёв и др. – Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2014. – 123 с.
13. Ersson B.T. Analysis of the information content of tenders for the removal of unwanted vegetation / B.T. Ersson, A. Platonov, S.V. Zimarin // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Forestry Forum «Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions». 2020. С. 012022. – DOI: 10.1088/1755-1315/595/1/012022

УДК 625.144.6

Комплекс выводов и рекомендаций по результатам исследования информационного наполнения конкурсных заявок по удалению нежелательной растительности с территории инфраструктурных объектов

Платонов А.А.
Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: При содержании транспортных сетей в надлежащем состоянии актуальной продолжает оставаться проблема удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности с территории инфраструктурных объектов. В статье формулируются выводы и рекомендации производству, полученные по результатам исследования наиболее востребованных технологических операций при выполнении работ по удалению нежелательной растительности.

Abstract: With the maintenance of transport networks in proper condition, the problem of removing unwanted tree and shrub vegetation from the territory of infrastructure facilities continues to be relevant. The article formulates conclusions and recommendations for production, obtained based on the results of a study of the most demanded technological operations when performing work to remove unwanted vegetation.

Ключевые слова: инфраструктура, нежелательная растительность, удаление, наименования работ, систематизация.

Keywords: infrastructure, unwanted vegetation, removal, job titles, systematization.

Введение

В настоящее время продолжается работа по повышению надёжности работы различных видов транспорта [3, 4, 6] с целью комплексного решения такой стратегической научно-технической задачи, как обеспечение безопасного функционирования соответствующих транспортных сетей [1, 11]. Среди целого комплекса работ, которые позволяют обеспечить содержание сетей автомобильного, железнодорожного и трубопроводного транспорта в надлежащем состоянии [10], необходимо отметить работы по удалению и предотвращению дальнейшего роста нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР) с территории различных объектов соответствующих инфраструктур [2, 12]. Основанием для выполнения таких работ является ряд нормативных документов соответствующих акционерных обществ, а также межгосударственные и иные стандарты [9]. При этом несмотря на то, что выполнение работ по удалению НДКР через систему подачи конкурсных заявок [7] нередко поручается специализированным организациям, обладающим необходимым оборудованием и квалифицированным персоналом, разработка Технических заданий (ТЗ), Правил Производства Работ и Технологических Карт осуществляется бесси-

стемно, а лишь на основе предпочтений лиц, ответственных за разработку указанных Правил/Карт и сложившихся в данных организациях традиций.

Цель исследования

С учётом вышесказанного, целью исследования являлось формирование объективной информации о наиболее востребованных технологических операциях при выполнении работ по удалению нежелательной древесно- кустарниковой растительности.

Материалы и методы исследования.

Для реализации цели исследования в 2019 г. нами было проанализировано более 8100 конкурсных заявок (тендеров), посвящённых необходимости удаления НДКР с территории различных инфраструктурных объектов. Поиск данной информации осуществлялся на официальном сайте Единой информационной системы в сфере закупок (далее – Официальный сайт ЕИС) [5] со следующими установленными для поиска параметрами:

– ключевое слово поиска: «растительность» (с учётом всех возможных форм указанного слова);

– дата размещения конкурсные заявки: с 2012 года (получено автоматически Официальным сайтом ЕИС).

При принятии/непринятии в анализ той или иной конкурсной заявки нами учитывался целый ряд разработанных нами критериев, а именно:

– объект воздействия;

– начальная цена лота, руб.;

– объём выполняемых работ, га;

– место выполнения работ.

В данной работе приводятся основные выводы, полученные по результатам указанного исследования, а также сформулированные на их основе рекомендации производству.

Результаты исследования и их обсуждение

В целом, выполненный нами анализ наименований работ, принятых нами в исследование 1172 конкурсных заявках по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности (а именно, кустарника и мелколесья, в том числе подлеска и поросли; рис. 1), позволил установить, что за исследованный период времени Заказчиками было использовано 81 наименование работ, определяющих тот или иной тип воздействия на НДКР, а в целом – требуемый технологический процесс.

Рассматриваемые наименования работ были разбиты нами на 6 групп, распределённых по тому или иному виду воздействия на нежелательную растительность на различных объектах инфраструктуры [8]:

I группа. Работы, имеющие чётко определённое воздействие на наземную часть НДКР – выражаются её отделением (освобождением) от окружающей основы (оставляемой в почве корневой части) и заключаются в основном в срезании/вырубании нежелательной растительности с дальнейшим её измельчением или утилизацией любым другим законным методом.

II группа. Работы с неопределённым воздействием на НДКР – выражаются прекращением её существования на какой-либо поверхности, принятой к

рассмотрению, и заключаются в основном в расчистке объектов инфраструктуры от нежелательной растительности с дальнейшим её измельчением/дроблением и вывозкой для утилизации любым законным методом.

а) б)

в) г)

Рисунок 1 – Визуализация воздействия на нежелательную древесно-кустарниковую растительность
а) расчистка трассы ЛЭП, Московская обл., июнь 2019 г.
б) уборка полосы отвода железной дороги, Октябрьская ЖД, апрель 2019 г.
в) сжигание порубочных остатков, Московская обл., сентябрь 2014 г.
г) расчистка полосы отвода автодороги, Мурманская обл., июнь 2018 г.

III группа. Работы с определённым воздействием на наземную и/или подземную части НДКР (в том числе, на окружающее её пространство) – выражаются её извлечением из какой-либо окружающей основы и заключаются в основном в вырывании (удалении) нежелательной растительности вместе с корнями из окружающей различные объекты инфраструктуры среды.

IV группа. Работы с определённым воздействием на наземную и/или подземную части НДКР (в том числе, перемещённую с места своего произрастания) – выражаются в её разделении на мелкие части и заключаются в основном в дроблении порубочных остатков (в том числе, в щепу) и мульчировании.

V группа. Работы с определённым или неопределённым воздействием на НДКР (в том числе, её остатки) – выражаются её устранением из первоначально окружавшего пространства, и заключаются в основном в вывозке нежелательной растительности (порубочных остатков) с дальнейшим прекращением её (их) существования любым законным методом.

VI группа. Работы с определённым воздействием на приземлённую НДКР (в том числе, на окружающее её пространство) – заключаются в основном в сборе и сосредоточении порубочных остатков в выбранном месте с целью их дальнейшей вывозки, дробления или сжигания.

Анализ указанных групп работ позволил нам выявить следующее.

Установлено, что работы, имеющие чётко определённое воздействие на наземную часть НДКР, выражаются её отделением (освобождением) от окружающей основы (оставляемой в почве корневой части) и заключаются в основном в срезании/вырубании нежелательной растительности с дальнейшим её измельчением или утилизацией любым другим законным методом. Показано, что работы с неопределённым воздействием на НДКР выражаются прекращением её существования на какой-либо поверхности, принятой к рассмотрению, и заключаются в основном в расчистке объектов инфраструктуры от нежелательной растительности с дальнейшим её измельчением/дроблением и вывозкой для утилизации любым законным методом.

Выявлено, что работы с определённым воздействием на наземную и/или подземную части НДКР (в том числе, на окружающее её пространство) выражаются её извлечением из какой-либо окружающей основы и заключаются в основном в вырывании (удалении) нежелательной растительности вместе с корнями из окружающей различные объекты инфраструктуры среды. Показано, что работы с определённым воздействием на приземлённую НДКР (в том числе, на окружающее её пространство) заключаются в основном в сборе и сосредоточении порубочных остатков в выбранном месте с целью их дальнейшей вывозки, дробления или сжигания.

Установлено, что работы с определённым воздействием на наземную и/или подземную части НДКР (в том числе, перемещённую с места своего произрастания) выражаются в её разделении на мелкие части и заключаются в основном в дроблении порубочных остатков (в том числе, в щепу) и мульчировании. Показано, что работы с определённым или неопределённым воздействием на НДКР (в том числе, её остатки) выражаются её устранением из первоначально окружавшего пространства, и заключаются в основном в вывозке нежелательной растительности (порубочных остатков) с дальнейшим прекращением её (их) существования любым законным методом.

Выявлено, что более половины (53%) всех работ, указываемых в конкурсных заявках по удалению НДКР (в том числе, более 90% – содержащих работы по расчистке) посвящено удалению нежелательной растительности из охранных зон линий электропередач (трасс высоковольтных линий). Установлено, что ряд работ с неопределённым воздействием на НДКР, а также 32% всех конкурсных заявок, содержащих работы по сгребанию/сбору порубочных остатков, не предусматривают дальнейшего влияния на удалённую растительность. Показано, что в более чем 31% тендерных заявок (содержащих требование разделения НДКР на мелкие части) такая технологическая операция как «дробление растительности в щепу» применяется обособленно. В остальных же случаях разделение НДКР на мелкие части применяется как итог одной или нескольких предыдущих технологических операций, или как промежуточная ступень,

предваряющая окончательное прекращение существования удаляемой растительности. Установлено, что в наименованиях более 92% работ, связанных с устранением нежелательной растительности из первоначально окружавшего пространства присутствуют производные от глагола «утилизировать», при этом выявлено, что более 50% работ, связанных с «утилизацией» НДКР (в том числе, её остатков) не предусматривают прекращение существования нежелательной растительности с получением для общества какой-либо пользы (выгоды). Показано, что лишь 42,7% всех работ с присутствующими в их наименованиях производных от глагола «утилизировать» сопровождаются сведениями о необходимом оборудовании для сопутствующей переработки порубочных остатков (например, мульчер, щеподробильная установка, установка дробительная передвижная и т.д.). Выявлено несогласованное присутствие в названиях работ сокращений слов удаляемых объектов воздействия (а именно, НДКР и ДКР).

Показано, что требуемый объём работ по удалению НДКР в достаточно большой степени формируется не спонтанно, под действием различного рода влияющих факторов, а планомерно, учитывая будущий (на последующие года) рост и размножение нежелательной растительности, при этом в формировании таких «перспективных» заявок практически в 100% случаев участвуют предприятия и организации, являющиеся дочерними обществами крупных естественных монополий. Выявлено, что отличительной чертой удаления нежелательной растительности с территории ряда инфраструктурных объектов является выполнение работ по так называемым «погонным километрам», когда очистка от НДКР ведётся сравнительно узкой полосой вдоль линейной части инфраструктурного объекта. Получена величина среднегодового объёма удаления НДКР в 57363,3 га, соответствующая общей протяжённости среднегодовой виртуальной полосы удаления НДКР вдоль линейных частей инфраструктурных объектов в 29019 пог. км. Определено, что фактический среднегодовой объём работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности вдоль линейных частей ряда инфраструктурных объектов соответствует 39000…44000 пог. км.

Выводы и рекомендации.

Для повышения качества осуществления технологического процесса удаления кустарника и мелколесья (подлеска, поросли) с территорий различных инфраструктурных объектов организациям-Заказчикам работ при формировании конкурсных заявок рекомендовано:

1. Уменьшить (вплоть до полного прекращения) практику использования:

1.1 Таких названий, как «Вырубка ДКР» и «Спиливание ДКР», а также одновременное применение в названиях работ производных от глаголов «вырезать» и «срезать».

1.2 Производных от глаголов с «неопределённым» (например, «ликвидировать», «расчищать», «сводить», «убирать», «удалять», «уничтожать», «чистить» и т.д.) и с «определённым» («переработать», «приземлять», «собирать») влиянием на растительность.

1.3 Термина «отходы», особенно в совокупности с производными от глагола «утилизировать», более тщательно подходя к формулировкам оконча-

тельного прекращения существования удалённой с объектов инфраструктуры растительности путём учёта планируемого к применению при удалении НДКР соответствующего оборудования. Производные от глагола «утилизировать» допустимо применять лишь в случаях, если работа по удалению НДКР предусматривает дальнейшее использование древесных отходов (порубочных остатков) с получением для общества какой-либо пользы (выгоды).

2. Увеличить практику использования производных от глаголов:

2.1 «Срезать»/«Вырывать» – для работ по воздействию на наземную часть НДКР;

2.2 «Дробить»/«Мульчировать» – для работ по воздействию на наземную и/или подземную части НДКР (в том числе, перемещённую с места своего произрастания);

2.3 «Сгребать» – для работ по воздействию на приземлённую НДКР (в том числе, на окружающее её пространство);

2.4 «Вывозить» – для работ по воздействию на остатки НДКР.

3. Увеличить объёмы выполнения таких работ, как «Корчёвка кустарника и мелколесья» при одновременном уменьшении доли работ, связанных с корчеванием оставленных корней нежелательной растительности.

4. Предусматривать в технологическом процессе ряд технологических операций, позволяющих оказывать дальнейшее влияние на первоначально удалённую нежелательную растительность (в частности для конкурсных заявок, содержащих работы по сгребанию/сбору порубочных остатков, следует исключить практику не предоставления сведений о каком-либо дальнейшем воздействии на удалённую (собранную в кучи) растительность).

5. Расширить на базе таких способов утилизации НДКР, как «дробление растительности в щепу» и «мульчирование», формирование так называемых «обособленных» технологических процессов с использованием современных средств механизации.

6. Стремиться к предоставлению как в названиях работ, так и в тексте технического задания (ТЗ) большей информации не только о будущих объектах воздействия (т.е. НДКР), но и об окружающей их инфраструктуре, в том числе приводить в тексте ТЗ сведения об основных машинах и механизмах для выполнения работ по удалению НДКР, сопровождая их сведениями о необходимом технологическом процессе воздействия на нежелательную растительность с поясняющими фотографиями и схемами.

7. Активизировать деятельность по удалению нежелательной растительности организациями, занимающимися эксплуатацией и техническим обслуживанием магистрального трубопроводного транспорта газа, а также содержанием и эксплуатацией железных дорог необщего пользования.

Кроме вышеуказанного, нам представляется целесообразным при продолжении исследований разработать более чёткие формулировки воздействий на камыш, а также выработать соответствующие рекомендации по возможным сокращениям слов удаляемых объектов воздействия (а именно, НДКР, ДКР и т.д.).

Библиографический список

1. Белый О.В. Транспортные сети России (системный анализ, управле-ние, перспективы): монография / О.В. Белый, С.А. Попов, Р.Э. Францев. – СПб: Издательство СПбГУВК, 1999. – 147 с.
2. Ивашнев М.В. Теория и практика создания техники для непрерывного срезания древесно-кустарниковой растительности: моногр. / М.В. Ивашнев. – Петрозаводск: Verso, 2015. –56 с.
3. Котов В.К. Научно-методические основы управления надежностью и безопасностью эксплуатации сетей связи железнодорожного транспорта: монография / В.К. Котов, В.Р. Антонец, Г.П. Лабецкая, В.В. Шмытинский. – М: УМЦ ЖДТ, 2012. – 193 с.
4. Курганов В.М. Обеспечение надежности в системе управления перевозками и производством на автомобильном транспорте: монография / В.М. Курганов, М.В. Грязнов. – Магнитогорск: Магнитогорский дом печати. 2012. – 125 с.
5. О системе ЕИС // Единая информационная система в сфере закупок [сайт] [2019]. – URL: http://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html (дата обращения: 29.11.2019)
6. Петрова Т.А. Создание сети транспортных артерий в Российской Федерации как фактор развития внешнеэкономической деятельности / Т.А. Петрова, Р.Д. Иванов, Н.Н. Чеканов, В.А. Карданов. – М: Компания КноРус, 2018. – 118 с.
7. Платонов А.А. Критические замечания к содержанию технических заданий конкурсных заявок по удалению нежелательной растительности / А.А. Платонов, Л.Н. Богданова // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 2 (102). С. 199-211.
8. Платонов А.А. О местах воздействия на нежелательную растительность при её удалении с территорий транспортных инфраструктур / А.А. Платонов // В сборнике: Актуальные проблемы развития лесного комплекса. Материалы XVII Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Ю.М. Авдеев. 2019. С. 216-218.
9. Правила эксплуатации магистральных газопроводов: СТО Газпром 2-3.5-454-2010: утв. распоряжением ОАО «Газпром» от 24 мая 2010 г. № 130: ввод в действие с 24.05.2010. – М: Газпром, 2010. – 164 с.
10. Сирина Н.Ф. Совершенствование системы управления транспортной инфраструктурой полигона железных дорог / Н.Ф. Сирина, С.С. Юшкова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. № 2 (62). С. 98-108.
11. Cats O., Jenelius E. Planning for the Unexpected: the Value of Reserve Capacity for Public Transport Network Robustness. Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2015. vol. 81. pp. 47-61.
12. Platonov A.A. Modern state of technical means to remove uncontrolled vegetation / A.A. Platonov // Lesnoy Vestnik. Forestry Bulletin. 2021. Т. 25. № 1. С. 115-122.

УДК 625.144.6

Навесные мульчеры – как средства механизации удаления нежелательной поросли в охранных зонах транспортных инфраструктур

Платонов А.А.
Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: При удалении нежелательной растительности, произрастающей в охранных зонах линейных инфраструктурных объектов, нередко применяются различные средства механизации, в частности - мульчеры. В статье приведены технические характеристики наиболее распространённых навесных мульчеров, указаны критерии «популярности» подобных технических средств.

Abstract: When removing unwanted vegetation growing in the protective zones of linear infrastructure facilities, various means of mechanization are often used, in particular, mulchers. The article presents the technical characteristics of the most common mounted mulchers, indicates the criteria for the «popularity» of such technical means.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, охранная зона, нежелательная растительность, удаление, механизация.

Keywords: transport infrastructure, buffer zone, unwanted vegetation, removal, mechanization.

При удалении с территорий различных транспортных инфраструктур (полос автомобильных и железных дорог, трасс газо-, нефте- и продуктопроводов, а также трасс высоковольтных линий [2, 3, 10]) нежелательной древесно- кустарниковой растительности (НДКР) нередко применяются различные средства механизации указанных видов работ [1], способствующие повышению производительности труда при одновременном формировании достаточно высокого уровня качества выполненных работ. Среди подобных средств механизации не последнее место занимают специализированные технические средства, именуемые «Мульчеры навесные», агрегатируемые или с тракторами на пневмоколёсном (гусеничном) ходу, или с многофункциональными машинами, снабжёнными управляемой рукоятью.

Как отмечается в [8], термин «мульчер» происходит от известной ещё с XVII в. операции мульчирования, которая (в соответствии с [4]) заключается в покрытии поверхности почвы вокруг растений (полностью или частично) различными материалами – мульчой, в качестве которой могут быть задействованы торфяная крошка, опилки, измельчённая солома и другие материалы. При выполнении очистки территории линейных инфраструктурных объектов (ЛИО) от нежелательной растительности организации-исполнители работ, применяя традиционную технологию, используют нередко длинные технологические цепочки, задействуя в процессе различные (в том числе, по производительности и стоимости) машины, механизмы и оборудование [14], например, вырубку, сгре-

бание, погрузку и вывозку порубочных остатков. Нередко срезанная или вырубленная нежелательная растительность «утилизируется» практически на месте выполнения работ путём её сжигания или закапывания, что часто производят в районах, удалённых от развитых транспортных сетей, где товарная стоимость вывозимых порубочных остатков является низкой, а возможные потребители щепы (которую также перед этим необходимо получить методом измельчения порубочных остатков) очень удалены. Кроме вышеуказанных, на территориях ЛИО иногда применяется очень энергоёмкая и малопроизводительная (особенно, при ручном способе выполнения) операция корчёвки пней и удаления крупных корней. Следует также отметить, что заказчики работ по очистке территорий ЛИО от НДКР производят оплату не за объём срубленной нежелательной растительности, а за расчищенную площадь, величина которой обычно велика при длине инфраструктурного объекта, измеряемой десятками километров и ширине 10…50 м.

С учётом вышеизложенного, навесные мульчеры, применяемые при механизированном (исключительно) или комбинированном (ручном и механизированном) способе воздействия на НДКР, являются современными средством механизации удаления древесной и кустарниковой растительности (рис. 1):

а) б)

в) г)

Рисунок 1 – Удаление нежелательной древесно-кустарниковой растительности способом мульчирования

а) в охранной зоне трассы ВЛ, Московская обл., июнь 2019 г.

б) в охранной зоне трассы ВЛ, Чувашия, май 2018 г.

в) в полосе отвода автомобильной дороги, Архангельская обл., июль 2016 г.

г) в полосе отвода железной дороги

Как указывается в [12] для измельчения древесно-кустарниковой растительности применяют технологии дискового и роторного измельчения. Основным рабочим органом машин, работающих по дисковой технологии (Rotary Disc Mulching (RDM) Technology), является дисковая фреза с закреплёнными на ней зубьями из твердосплавного материала (рис. 2, а, б). Однако выполненными нами исследованиями нормативных документов, посвящённых правилам организации и выполнения работ по удалению НДКР на ряде линейных инфраструктурных объектов, было установлено, что машины, работающие по дисковой технологии, на территориях ЛИО практически не применяются [13]. На наш взгляд, этому «способствуют» такие причины, как отсутствие информации (в том числе, рекламного характера) о таком способе удаления НДКР, которую можно было бы донести до сведения организаций-исполнителей работ, а также высокая начальная стоимость связки «навесной дисковый мульчер» + «базовое транспортное средство». В связи с этим, в данном исследовании нами рассматривались лишь навесные мульчеры, выполненные по роторной технологии.

а) б)

Рисунок 2 – Дисковые рабочие органы машин, агрегатированные со многофункциональной машиной на базе шасси …
а) «экскаватор»; б) «мини-погрузчик»

В целом, применяемые на территориях ЛИО навесные мульчеры являются техническими средствами, предназначенными для срезания и (практически одновременно с этим) измельчения древесно-кустарниковой растительности на корню посредством вращающегося барабана (ротора) с расположенными на нём рабочими органами, представляющими собой подвижные молотки либо зафиксированные ножи (резцы). В соответствии с [6, 7], основными критериями выбора мульчера, навешиваемого на трактор (рис. 1, а, б), являются характеристики измельчаемой растительности (например, преобладающий породный состав, диаметр, густота и т.д.) и совместимость с базовым трактором. Эти, а также целый ряд других критериев, обуславливают популярность данных средств механизации работ на территориях линейных инфраструктурных объектов. В частности, как отмечалось в [11], в каждом производственном отделении филиала ПАО «Россети»-«Чувашэнерго» на расчистке трасс высоковольтных линий «…задействована мульчерная техника, которая позволяет существенно уско-

рить процесс расчистки от древесно-кустарниковой растительности и решить проблему её утилизации. Измельченная древесная масса, смешиваясь с верхним слоем почвы, не наносит ущерба окружающей среде, при этом весь цикл расчистки, измельчения и удаления древесной щепы выполняется за одну операцию». Приведённый пример наглядно свидетельствует о том, что технология удаления НДКР навесными мульчерами является весьма популярной в реальной производственной среде.

Выполненным информационным поиском в информационно- телекоммуникационной сети Internet нами было установлено, что в настоящее время на российском рынке представлены такие компании-производители навесных мульчеров, как итальянские Delta, Seppi M, Ferri, FAE Group, Orsi Group, Agrimaster, немецкая AHWI Prinoth, канадская Denis Cimaf, испанские TMC Cancela, NIUBO, французская Galotrax и др. К российским компаниям, выпускающим навесные мульчеры, относятся «Эксмаш», «Измельчитель», «ТайгаМаш», «Промышленный меридиан», «ТПИ Импульс» и др.

Однако при этом нами было выявлено, что при организации работ на ЛИО применяются навесные мульчеры преимущественно производителей Seppi M, FERRI, FAE Group, «Промышленный меридиан» и Agrimaster с минимальной мощностью двигателя базового трактора 58…73 кВт (80…100 л.с.), обеспечивающие измельчение растительности диаметром до 250 мм. Наибольшим спросом среди организаций-исполнителей работ пользуются мульчеры среднего класса мощности ценой от 500 тыс. руб. до 1300 тыс. руб., при этом суммарные капитальные вложения на формирование связки «трактор + мульчер» могут достигать величины от 1800 до 3700 тыс. руб. и выше [9]. Некоторые технические характеристики применяемых при удалении НДКР на территории ЛИО ряда навесных мульчеров представлены в табл. 1.

При этом следует отметить, что представленная таблица не претендует на полноту освещения применяемых при удалении нежелательной растительности навесных мульчеров ввиду большого (как отмечалось выше) количества отечественных и зарубежных производителей подобных технических средств, не только предлагающих мульчеры с приблизительно сходными техническими характеристиками, но и обеспечивающими приемлемое (для отечественных компаний-исполнителей работ) соотношение цены оборудования и производительности.

Кроме мульчеров, навешиваемых на трактор, на линейных инфраструктурных объектах применяются и мульчеры [5], навешиваемые на конец рукояти стрелы многофункциональных машин (рис. 1, в, г), однако следует отметить выявленную нами несоизмеримо меньшую частоту применения технических средств «многофункциональная машина + мульчер» по сравнению с частотой применения «трактор + мульчер». Аналогично навесному «тракторному» мульчеру основными критериями выбора мульчера, навешиваемого на многофункциональную машину, являются характеристики измельчаемой растительности, совместимость с базовой машиной, а также масса данной машины.

Таблица 1

Технические характеристики применяемых при удалении НДКР на территории ЛИО некоторых мульчеров, навешиваемых на трактор

	Параметры мульчера				
Модель мульчера	UM-Forest 140	FERRI TFC/R 2000	Orsi W-forrest 1400	FAE UML/DT 200	Agrimaster AF 200
Минимальная мощность двигателя базового трактора, л.с.	70	100	80	80	80
Диаметр измельчаемой растительности, мм	до 200	до 200	до 180	до 250	до 150
Рабочая ширина захвата, мм	1400	2000	1400	2060	2000
Частота вращения ротора, об/мин	2100	2000	2025	2100	2000
Масса, кг	1150	1520	1060	1500	915
Изображение					

Отдельно следует отметить последний критерий, который влияет на безопасность работы связки «машина + мульчер» ввиду особенностей работы последнего на конце стрелы машины и опасности возникновения общего момента опрокидывания. Нами было установлено, что при организации работ на ЛИО применяются навесные мульчеры преимущественно производителей Seppi M, FERRI и Denis Cimaf с необходимой массой многофункциональной машины 15…30 т, обеспечивающие измельчение растительности диаметром до 400 мм и ценовой категории в пределах 2…2,5 млн. руб. Именно большие капитальные вложения на формирование связки «мульчер» + «многофункциональная машина» (цена которой варьируется в пределах 7…10 млн. руб. и выше) и объясняет на наш взгляд определённую «непопулярность» подобных технических средств при удалении НДКР с территорий линейных инфраструктурных объектов. Некоторые технические характеристики применяемых при удалении НДКР на территории ЛИО ряда мульчеров, навешиваемых на многофункциональные машины, представлены в табл. 2.

С учётом вышеизложенного, можно сделать следующий вывод.

При осуществлении работ по удалению нежелательной растительности с территорий линейных инфраструктурных объектов при помощи навесных мульчеров в подавляющем большинстве случаев используются мульчеры. выполненные по роторной технологии.

Таблица 2

Технические характеристики применяемых при удалении НДКР на территории ЛИО мульчеров, навешиваемых на многофункциональные машины

	Параметры мульчера			
Модель мульчера	FERRI THFP/F 160	FERRI THFM/F 130	SEPPI BMS 125	DENISCI-MAF DAH-150E
Необходимая масса многофункциональной машины, т	18…25	10…18	15…30	20…27
Диаметр измельчаемой растительности, мм	до 400	до 300	до 300	до 400
Рабочая ширина захвата, мм	1600	1300	1250	1450
Необходимый поток масла в гидравлической системе машины, л/мин	170…180	120..130	80…260	150…160
Необходимое давление в гидравлической системе машины, бар	300	270	300	275
Масса мульчера, кг	1560	990	1080	1650
Изображение				

Наибольшим спросом среди организаций- исполнителей работ пользуются мульчеры среднего класса мощности ценой от 500 тыс. руб. до 1300 тыс. руб., агрегатируемые с тракторами на пневмоколёсном (гусеничном) ходу, при этом суммарные капитальные вложения на формирование связки «трактор + мульчер» могут достигать величины от 1800 до 3700 тыс. руб. и выше. Большие капитальные вложения на формирование связки «мульчер» + «многофункциональная машина» (цена которой варьируется в пределах 7…10 млн. руб. и выше) формирует определённую «непопулярность» подобных технических средств при удалении НДКР с территорий линейных инфраструктурных объектов.

Библиографический список

1. Дручинин Д.Ю. Механизация работ по удалению нежелательной растительности при выращивании лесных культур / Д.Ю. Дручинин, Е.В. Агупов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2020. Т. 8. № 3 (50). С. 197-202.
2. Камольцева А.В. Производственно-техническая инфраструктура автомобильного транспорта: состояние, проблемы, перспективы: монография / А.В. Камольцева. – Красноярск: Издательство СибФУ, 2019. – 140 с.
3. Лапидус Б.М. Железнодорожный транспорт: философия будущего: монография / Б.М. Лапидус, Л.В. Лапидус. – М: Прометей, 2015.. – 232 с.
4. Лесная энциклопедия: В 2-х т. / Под ред. Г.И. Воробьева; Ред. кол.: Анучин Н.А., Атрохин В.Г., Виноградов В.Н. и др. – М: Сов. энциклопедия, 1985-1986.
5. Мамонтов И.М. Экскаватор вытесняет ручной труд на вырубке кустарника / И.М. Мамонтов // Гудок: Восточно-Сибирский путь (транспортная газета). – 2018. – № 171. – с. 7
6. Малюков С.В. Анализ конструкций мульчеров и ротоваторов / С.В. Малюков, Е.А. Панявина, А.А. Аксенов // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 1 (33). С. 159-167.
7. Малюков С.В. Классификация мульчеров / С.В. Малюков, А.А. Аксенов, М.А. Малюкова // Воронежский научно-технический Вестник. 2020. Т. 4. № 4 (34). С. 44-50.
8. Мульчеры: что мы о них знаем // Журнал «Основные средства» [сайт] [2020]. – URL: https://os1.ru/article/9568-tipy-i-marki-mulcherov-predstavlennyh-na-rossiyskom-rynke-mulchery-chto-my-o-nih-znaem (дата обращения: 23.07.2020).
9. Платонов А.А. Особенности формирования капитальных вложений для создания систем машин удаления нежелательной растительности / А.А. Платонов, О.В. Терновская // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 3 (39). С. 164-174.
10. Солодкий А.И. Транспортная инфраструктура: учебник / А.И. Солодкий, А.Э. Горев, Э.Д. Бондарева. – М: Издательство Юрайт, 2020. – 290 с.
11. Сотрудники филиала «Чувашэнерго» продолжают работу по расчистке трасс воздушных линий // Официальный портал органов власти Чувашской Республики [сайт] [2020]. – URL: http://cap.ru/news/2019/07/09/news-4111642 (дата обращения: 21.07.2020).
12. Тикачев В.И. Мульчеры и измельчители пней / В.И. Тикачев // ЛесПромИнформ. – 2010. - №4 (70). – с. 76-81.
13. Ersson B.T. Analysis of the information content of tenders for the removal of unwanted vegetation / B.T. Ersson, A. Platonov, S.V. Zimarin // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Forestry Forum «Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions». 2020. С. 012022. – DOI: 10.1088/1755-1315/595/1/012022
14. Platonov A.A. Modern state of technical means to remove uncontrolled vegetation / A.A. Platonov // Lesnoy Vestnik. Forestry Bulletin. 2021. Т. 25. № 1. С. 115-122.

УДК621.577.42-843.3

Роль и предназначение тепловых насосов

Попов А.Н., Мокшин Д.А., Эргашев С.С.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы применения тепловых насосов в различных областях деятельности, а также перспективы развития элементов тепловых насосов.

Abstract: The article discusses the use of heat pumps in various fields of activity, as well as the prospects for the development of elements of heat pumps.

Ключевые слова: низкотемпературные энергетические ресурсы, тепловые ресурсы, хладагент, тепловые насосы, низкопотенциальная энергия.

Keywords: low-temperature energy resources, heat resources, coolant, heat pumps, low-grade energy.

Низкотемпературные энергетические ресурсы имеют, как правило, низкий потенциал энергии, их нельзя транспортировать на значительные расстояния, они зависят от технологического процесса и этим предопределяется сложность их использования [1, 2].

Одним из эффективных способов использования низкопотенциальной тепловой энергии является применение теплонасосных установок (ТНУ). В настоящее время ТНУ широко применяется за рубежом. Количество работающих ТНУ на 2000г. в ряде зарубежных стран составляет порядка 35 млн. больше всего их в США. В развитых странах в качестве источников низкопотенциальной теплоты (ИНТ) широко используются: грунт, грунтовые воды, солнечная энергия, воздух, вода рек, озер, морей, очищенные бытовые стоки. Для утилизации низкопотенциальной теплоты эксплуатировались в большинстве случаев ТНУ небольшой мощности от 3 до 30 кВт, которые устанавливались в системах теплоснабжения, кондиционирования воздуха. Более мощные тепловые насосы от 30-1000 кВт применялись для теплоснабжения зданий общественного назначения.

Международное энергетическое агентство (IEA) разработало программу «тепловые насосы». Программа включает исследования, разработку и содействие распространению технологии тепловых насосов. В настоящее время исследования сосредоточены на свойствах и использовании экологически приемлемых рабочих тел. Обмен информацией в этой области является стратегическим приоритетом программы. В России эксплуатируется всего несколько десятков ТНУ. С 1990 года специализированные организации в стране дополнительно ввели в эксплуатацию ТНУ общей мощностью около 50 МВт.

Одной из наиболее энергоемких отраслей промышленности является целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП). Энергетическая составляющая в себестоимости продукции этой отрасли достигает 20-25 %.Увеличение этой

составляющей обуславливается ростом стоимости топлива.

В то же время на предприятиях ЦБП имеется большое количество энергоресурсов, к которым относятся теплота сбросной воды технологических цехов, паровоздушная смесь отходящая от картоноделательных машин и др. Более полное использование внутренних энергоресурсов может снизить себестоимость вырабатываемой продукции, что возможно путем применения ТНУ.

Теплонаносные установки (ТНУ), осуществляя обратный термодинамический цикл на низкокипящем рабочем веществе, черпают возобновляемую низкопотенциальную тепловую энергию из окружающей среды, повышают ее потенциал до уровня, необходимого для теплоснабжения, затрачивая в 1,2-2,3 раза меньше первичной энергии, чем при прямом сжигании топлива. Применение ТНУ - это и сбережение невозобновляемых энергоресурсов и защита окружающей среды, в том числе и за счет сокращения выбросов CO2 (парникового газа) в атмосферу.

Наибольшее применение ТНУ получают для теплоснабжения, горячего водоснабжения, обеспечение тепловой энергией нужного потенциала некоторых технологических процессов [5], тепло- и холодоснабжения сельскохозяйственных объектов.

ТНУ, использующие различные источники низкопотенциального тепла с температурой от 5ºС (атмосферный воздух) до 40-70°С (высокотемпературные атмосферные сбросы), способные обеспечить нагрев среды в диапазоне температур от 27°С (вода для плавательных бассейнов) до 110ºС [3, 4].

С учетом уже выявившихся технологических и экологических недостатков традиционной теплофикации, ТНУ предназначаются для перехода к децентрализованным системам теплоснабжения (без протяжения тепловых сетей), когда тепловая энергия генерируется вблизи ее потребителя, а топливо сжигается вне населенного пункта. Внедрение таких экономичных и экологически чистых технологий теплоснабжения необходимо в первую очередь в строящихся жилых кварталах и городах с полным исключением применения электрокотельных, потребление энергии которых в 3-4 раза превышает потребление ее ТНУ. Важнейшей особенностью ТНУ является универсальность по отношению к виду первичной энергии.

Это позволяет оптимизировать топливный баланс энергоисточника путем замещения более дефицитных энергоресурсов менее дефицитными.

Еще одно преимущество ТНУ - универсальность по уровню мощности, изменяющейся от долей до десятков тысяч киловатт и, по существу, перекрывающей мощности любых существующих теплоисточников, в том числе малых и средних ТЭЦ. Применение ТНУ весьма перспективно в комбинированных системах в сочетании с другими технологиями использования возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой, биоэнергии), т.к. позволяет оптимизировать параметры сопрягаемых систем и достигать наиболее высоких экономических показателей.

Указанные преимущества применения ТНУ обусловили их широко и все возрастающее применение в развитых странах и во всем мире. Ставится задача не о локальном или ограниченном применении теплонасосного теплоснабже-

ния, а о максимальном отказе от прямого сжигания для этих целей органического топлива.

Применение ТНУ вносит наибольший вклад в экономию невозобовляемых энергоресурсов с помощью технологий нетрадиционной энергетики. Для ее распространения в необходимых масштабах требуется государственное стимулирование, как производителя этой техники, так и ее пользователя. Такое стимулирование имеет место во всем мире.

Имеются успешно работающие ТНУ и в России. В последние годы наблюдается развитие отечественного производства ТН. Россия располагает необходимым научным, инженерным и промышленным потенциалом для освоения и производства современных тепловых насосов всех типов.

Теплонасосная установка (ТНУ) состоит из собственно теплового насоса (ТН) и системы, обеспечивающей подвод и отвод из источника низкопотенциальной теплоты (ИНТ), подачу нагретой в ТН среды потребителю и ее возврат к ТН (рис. 1). В ТНУ могут входить несколько тепловых насосов.

Рисунок 1 – Общий принцип работы теплового насоса

В испарителе ТН низкокипящее рабочее вещество кипит при низком давлении, отнимая теплоту у ИНТ. затем при подводе энергии извне (механической или тепловой) давление рабочего вещества повышается до уровня, позволяющего отдать теплоту конденсации нагреваемой среде источника высокопотенциальной теплоты (ИВТ). Давление сконденсированного рабочего вещества снижается в дросселе до давления кипения. Таким образом, реализуется непрерывный круговой процесс переноса теплоты с подводом энергии из вне, затрачиваемой на повышение давления парообразного рабочего вещества (обратный термодинамический цикл). По существу тепловыми насосами является большинство широко распространенных холодильных машин, в том числе бытовых холодильников, так как они по тому же принципу отнимают от охлаждаемого объекта и при более высокой температуре отдают ее окружающей среде. Тепловые насосы в сравнении с холодильными машинами работают в диапазоне более высоких рабочих температур. Это, однако, не мешает использовать в тепловых насосах и холодильных машинах одни и те же элементы (компрессоры , теплообменные аппараты и т.д.), а также одни и те же или родственные рабо-

чие вещества (с температурой кипения от -40°С до +10ºС при атмосферном давлении).

Тепловые насосы вышли из недр холодильной техники и, как правило, создаются и выпускаются заводами холодильного машиностроения. Это одно из важнейших пересечений техники низких температур с энергетикой.

Коэффициент преобразования ТН (отношение отдаваемой теплоты к затраченной энергии) зависит от разности требуемой температуры потребителя (Тивт) и температуры холодного источника (Тинт), термодинамических свойств рабочего вещества и особенностей термодинамического цикла ТН, технического совершенства конструкции теплового насоса. В первом приближении можно считать, что этот коэффициент зависит только от разности температур (Тивт-Тинт).

Чем меньше разность, тем выше коэффициент. Для сопоставления эффективности ТН и традиционных генераторов теплоты, например котельных, а также сравнения ТН разных принципов действия, например парокомпрессионного с приводом компрессора от электродвигателя и абсорбционного, потребляющего тепловую энергию, применяют обобщенный критерий-коэффициент использования первичной энергии К. Он определяется как отношение полезной теплоты ТН к теплотворной способности израсходованного топлива (обычно условно 7,0 Гкал/т).

Удачное сочетание параметров ИНТ и требуемых параметров теплоты у потребителя – важнейшее условие Эффективного применения ТН. Сближение температур ИНТ и ИВТ достигается совершенствованием систем использования теплоты. Так., например, для современной системы напольного отопления достаточна температура 25...35°С, тогда как для традиционной системы отопления ИВТ должен иметь температуру 70...100ºС.

Библиографический список

1. Бараненко А.В. Холодильные машины: учеб. для вузов / А.В. Бараненко. – М: Политехника, 1997. – 992 с.
2. Курылев Е.С. Холодильные установки: учеб. для вузов / Е.С. Курылев. – СПб: Политехника, 2002. – 576 с.
3. Федосов С.В. Система автоматизированного управления мощностью электрического котла теплового насоса, отапливающего автономно текстильные цеха и производства / С.В. Федосов, В.Н. Федосеев, А.Б. Петрухин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2020. № 6 (390). С. 150-154.
4. Шавра В.М. Основы холодильной техники и технологии пищевых отраслей промышленности / В.М. Шавра. – М: ДеЛи, 2002. – 126 с.
5. Ersson B.T. Analysis of the information content of tenders for the removal of unwanted vegetation / B.T. Ersson, A. Platonov, S.V. Zimarin // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Forestry Forum «Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions»» 2020. С. 012022.

УДК 674.8

Анализ влияния различных параметров на свойства биокомпозитов для вагоностроения

Сафонов А.О., Бондарев А.Е.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: В статье рассматриваются зависимости влияния различных условий проведения производственного процесса на физико-механические свойства древесных биокомпозитов. Представлены результаты научных исследований для процесса изготовления биокомпозитов.

Abstract: The article examines the dependence of the influence of various conditions of the production process on the physical and mechanical properties of wood biocomposites. The results of scientific research for the process of manufacturing biocomposites are presented.

Ключевые слова: возобновляемый, источник, плотность, пресс, производство, процесс, сырье, температура.

Keywords: renewable, source, density, press, production, process, raw materials, temperature.

Технологии изготовления биокомпозитов из древесины и другого растительного сырья имеют ряд особенностей, определяющих эффективность проведения процесса. Эффективность производства этого вида материалов для вагоностроения зависит как от содержания и свойств применяемых отходов различных деревоперерабатывающих производства, так и от общей организации процесса. Отходы могут отличаться размером с требованием обязательного измельчения до заданного размера, влажностью с необходимостью сушки, степенью загрязненности, организацией последующей очистки. Каждая вспомогательная операция имеет определенные энергетические и иные затраты. Следовательно, даже при правильной и технологически оптимальной схеме организации процесса, некоторые виды древесного сырья могут значительно снижать технико-экономическую эффективность процесса. Здесь же важную роль играет квалификация персонала, обслуживающего оборудование, рациональность выбираемых им режимов измельчения, сушки и прессования сырья. Достаточно часто возникает задача необходимости исключения субъективности управления применяемыми агрегатами и вспомогательного оборудования. При применении, например, пресса непрерывного действия технология производства биокомпозитов характеризуется различными режимными параметрами: количеством подаваемого в пресс сырья и его свойствами, давлением прессования, скоростными параметрами пресса или матрицы, а также другими управляющими воздействиями, зависящими от характеристики оборудования и свойств конкретного древесного сырья.

Также есть достаточное число нерегулируемых факторов, которые могут влиять на эффективность, например, начальная температура сырья и температура воздуха в цехе, насыпная плотность измельченной древесины. При этом следует отметить, что качественные показатели биокомпозитов должны соответствовать национальными стандартами Российской Федерации, регламентирующим характеристики и свойства конструкционных материалов для вагоностроения.

Рассмотрим основные показатели, влияющие на физико-механические свойства производимых в прессовом оборудовании биокомпозитов.

Температура.

Этот показатель играет важную роль в процессе прессования и должен находится в определенном диапазоне, обусловленном пожаробезопасностью процесса и возможностью пластификации компонентов используемого сырья. Также температура прессования определяет общую экономическую эффективность и себестоимость процесса, так как для нагрева сырья путем принудительного нагрева плит пресса или трения о стенки матрицы требуются значительные затраты энергии. Это обстоятельство в конечном счете определяет конкурентоспособность произведенной продукции на рынке конструкционных материалов.

L.G. Tabil обнаружил, что повышение температуры прессования более чем на 90°C значительно улучшает прочностные показатели композиционных материалов [1]. Автор рекомендовал в технологиях прессования биомассы различного происхождения применять ее предварительный нагрев до 90 °C для улучшения адгезионных свойств частиц и повышения прочности древесных биокомпозитов. Однако, следует учитывать, что предварительный нагрев повышает общие расходы на изготовление биокомпозитов. N. Kaliyan и R.V. Morey проводили исследования температуры отверждения лигнина с целью поиска закономерностей процесса прессования биомассы [2]. Ученые проводили эксперимент с тремя различными температурами, две из которых находились в пределах температуры отверждения лигнина 75 и 100 °C и одна превышала эти пределы – 150 °C. Установлено, что прочность биокомпозитов при нагреве выше температуры отверждения лигнина была ниже по сравнению с температурой от 75 до 100°C, что вероятно обусловлено деструкцией этого компонента, выступающего в качестве связующего.

Исследования влияния температуры на прессование биомассы проводил I. E. Smith с соавторами [3]. Была найдена зависимость изменения плотности композиционных материалов из сырья растительного происхождения в диапазоне от 60 до 140 °C. Оказалось, что плотность биокомпозитов повышалась при увеличении температуры до 90 °C. Затем рост температуры не сопровождался увеличением плотности спрессованного биокомпозитов. Было высказано предположение, что вещества, содержащиеся в биомассе растительного происхождения при высокой температуре выступают в качестве связующего между волокнами. Ученые отметили, что формоизменение биокомпозитов было ниже при температуре прессования 90…140 °C. При этом поверхность биокомпози-

тов обугливалась и изменила цвет при температуре более 110 °С из-за химического разрушения компонентов.

Исследователь G.E. Hall с соавтором установили, что при постоянной влажности сырья, но при повышении температуры матрицы, давление, необходимое для прессования композиционных материалов заметно уменьшается [4]. B. Hill и D.A. Pulkinen определили, что прочность биокомпозитов увеличивается примерно на 30…35 % при увеличении температуры прессования сырья биомассы от 60 до 104 °С [5]. Кроме того, выявлено, что увеличение температуры прессования уменьшает трение в пресс-канале матрицы. Объясняется это тем, что экстрактивные вещества, мигрирующие к поверхности композиционных материалов при повышенных температурах, снижают трение в пресс-канале.

Давление прессования.

Давление прессования в большей степени влияет на прочность древесных биокомпозитов. Как правило, при увеличении давления прессования повышаются прочностные характеристики композиционных материалов. Однако, следует помнить, что прочность древесных биокомпозитов ограничивается свойствами древесинного вещества. Давление прессования зависит в свою очередь от возможностей используемого оборудования и многих режимных параметров. Поэтому исследование этого управляющего воздействия изучается многими учеными с целью поиска необходимого и достаточного значение для различных особенностей конструкций прессов и различных свойств перерабатываемой биомассы.

J.S. Tumuluru определял коэффициент расширения композиционных материалов с использованием данных их диаметра, собранных для измерения удельной плотности [6]. Диаметрический коэффициент расширения ER был рассчитан с использованием приведенного ниже уравнения:

$$ER=D^2/d^2, \quad (1)$$

где D - диаметр экструдированных композиционных материалов, мм; d - диаметр матрицы, мм.

Фактическое значение определялось как среднее по результатам 10 измерений.

Исследованию механических воздействий на биомассу в прессе непрерывного действия посвящены работы J.K. Holm, N.P.K. Nielsen с соавторами [7]. Ученые установили, что основной силой, действующей на древесное сырье в прессе, является сила трения между частицами древесины и стенкой. Трение порождает обратное давление, которое в стационарных условиях в равновесии с противоположно направленным давлением со стороны роликов выражается формулой [8]:

$$P_x = \frac{P_{NO}}{\upsilon_{LR}} \left(e^{2\mu\upsilon_{LR}x/r} - 1 \right). \quad (2)$$

Зависимость (2) была проверена экспериментально на пресс-прессе и оптимизирована. Авторы утверждают, что это уравнение может применяться для анализа прессования новых видов биомассы, отличающихся исходными свойствами.

Другие исследования также рассматривают зависимость сил, наблюдаемых в пресс-канале от температуры, что важно для оценки проведения процесса. Nielsen N. с соавторами изучили процесс прессования и выделили три компонента, которые в сумме определяют общее потребление энергии: сжатие, поток сырья и трение.

При этом установлено, что увеличение давления прессования выше некоторого значения, может стать причиной разрушения биокомпозитов. Для определенного размера плит пресса по площади существует давление, выше которого практически не повышается эффективность сцепления частиц [9].

Обобщая результаты проведенных экспериментальных исследований и теоретических разработок можно сделать заключение, что с повышением давления увеличивается плотность спрессованной биомассы. Наряду с плотностью также увеличиваются другие физико-механические свойства композиционных материалов, что может позитивно сказываться на расширении возможностей их использования в вагоностроении.

Однако, следует иметь ввиду, что увеличение давления приводит к росту расхода энергии. Из рассмотренных выше результатов видно, что имеется предел давления, выше него происходит перегрев сырья в и снижается качество композиционных материалов.

Геометрия матрицы и частота вращения.

Геометрия прессующей матрицы характеризуется ее диаметром, длиной и размером каналов, формой. Эти параметры регулируют количество сырья, которое можно одновременно прессовать и энергию для уплотнения биомассы. Длина и диаметр пресс-каналов матрицы влияет на величину сжатия частиц сырья при прессовании. Увеличение длины канала способствует увеличению давления прессования, а увеличение диаметра канала снижает этот показатель, и соответственно плотность производимых композиционных материалов. Вопросами поиска оптимальных размеров матрицы и пресс-каналов занимался ряд зарубежных ученых. Так, J.L. Butler и H.F. McColly обнаружили, что при подаче постоянного количества сырья в пресс плотность и длина биокомпозитов становится больше для пресс-каналов матрицы меньших размеров при неизменном давлении [10]. Оказалось, что композиционные материалы, полученные на маленькой матрице меньших размеров имели более высокие показатели прочности. Это вывод также встречается в результатах научно-исследовательской работы других ученых [7]. Научные работы показали, что диаметр канала матрицы изменяется в зависимости от заданного диаметра биокомпозитов в диапазоне 6…25 мм.

Характеристики сырья.

Влагосодержание биомассы различного происхождения при проведении ее прессования улучшает солюбилизацию растительных волокон, клейстеризацию крахмала, денатурацию, входящего в состав белка. Обработанное паром сырье

имеет повышенные характеристики, так как такое тепловое воздействие изменяет не только физические, но и химические свойства биомассы, что приводит к значительному повышению связи между частицами и улучшению процесса прессования [11]. Многие ученые установили, что требуемое содержание влаги для биокомпозитов из различной биомассы заметно отличается. Например, требуемое влагосодержание для прессования бука составило 6…10 % [12], для ели 9…10 % [12], сосны от 6…8 %.

Далее рассмотрим результаты научно-исследовательских работ, направленных на установление влияния размеров частиц биомассы на показатели прессования. Измельчение сырья перед прессованием до заданного размера частиц является обязательной технологической операцией. Такая обработка частично разрушает лигноцеллюлозные связи, увеличивает удельную площадь частиц и повышает характеристики склеивания. Исследования ученых позволили сделать вывод, что гранулометрический состав сырья оказывает значительное влияние на склеивание частиц между собой и механические свойства биокомпозитов. Известно, что физико-механические характеристики древесных биокомпозитов обратно пропорциональны размеру частиц. Это обусловлено тем, что частицы небольшого размера имеют высокую площадь контакта во время прессования. Так, J.D. Payne обнаружил, что для увеличения характеристик прессования и снижения затрат требуется определенный процент мелких частиц. Существует критический размер частиц, ниже которого прессование не целесообразно ввиду того, что слишком мелкие частицы могут снижать эффективность работы пресса.

Многие ученые определяли оптимальные размеры биомассы для достижения лучшего качества биокомпозитов по физико-механическим показателям. J.B. Dobie определил, что из мелких частиц сырья можно производить биокомпозиты с более высокой прочностью и плотностью. При этом повышается производительность оборудования, так как сырье легче проходит через пресс непрерывного действия. Полученные результаты показывают, что частицы грубой обработки приводят к получению более прочных биокомпозитов, так как образуют естественные связи, повышая прочностные показатели этих конструкционных материалов для вагоностроения. Исследования других ученых показывают, что трение в канале матрицы повышается с уменьшением гранулометрического состава сырья из бука за счет увеличения площади поверхности контакта между частицами и стенками пресс-канала.

Таким образом, видно, что при прессовании биокомпозитов значительное влияние оказывают различные параметры как отдельности, так и во взаимных сочетаниях, что, несомненно, определяет физико-механические свойства биокомпозитов и его качественные характеристики.

Библиографический список

1. Tabil L.G. Binding and pelleting characteristics of alfalfa [Text] / L.G. Tabil // Ph.D. dissertation. - Department of Agricultural and Bioresource Engineering, University of Saskatchewan, Canada, 1996.

2. Kaliyan N. Densification characteristics of corn stover and switchgrass [Text] / N. Kaliyan, R.V.Morey // Trans. ASABE. – 2009. – № 52(3). – pp. 907–920.
3. Briquetting of wheat straw [Text] / I.E. Smith [et al.] // J. Agric. Eng. Res. – 1977. – № 22(2). – pp. 105–111.
4. Hall G.E. Heated-die wafer formation of alfalfa and bermudagrass [Text] / G.E. Hall, C.W. Hall // Transactions of the ASAE. – 1968. – № 11. – pp. 578–581.
5. Hill B. A Study of factors affecting pellet durability and pelleting efficiency in the production of dehydrated alfalfa pellets [Text] / B. Hill, D.A. Pulkinen / Saskatchewan Dehydrators Association. – Canada: Tisdale, SK, 1988. – 25 p.
6. Tumuluru J.S. High moisture corn stover pelleting in a flat die pellet mill fitted with a 6 mm die: physical properties and specific energy consumption [Text] / J.S. Tumuluru // Energy Science and Engineering. – 2015. – № 3(4) – pp. 327–341. DOI: 10.1002/ese3.74.
7. Experimental verification of novel pellet model using a single pelleter unit [Text] / J. K.Holm [et al.] // Energy Fuels. – 2007. – № 21(4). – pp. 2446–2449.
8. Toward an understanding of controlling parameters in softwood and hardwood pellets production [Text] / J.K. Holm [et al.] // Energy Fuels. – 2006. – № 20(6). – pp. 2686–2694.
9. Ndiema C.K.W. Influence of die pressure on relaxation characteristics of briquetted biomass [Text] / C.K.W. Ndiema, P.N. Manga, C.R. Ruttoh // Energy Conversion and Management. – 2002. – № 43. – pp. 2157–2161.
10. Butler J.L. Factors affecting the pelleting of hay [Text] / J.L. Butler, H.F. McColly // Agricultural Engineering. – 2009. – № 45. – pp. 129-135.
11. Thomas M. Physical quality of pelleted animal feed. 2. Contribution of processes and its conditions [Text] / M. Thomas, D.J.van Zuilichem, A.F.B.van der Poel // Anim. Feed Sci. Technol. – 1997. – № 64(2–4). – pp. 173–192.
12. Importance of temperature, moisture content and species for the conversion process of wood into fuel pellets [Text] / N.P.K. Nielsen [et al.] // Wood fiber sci. – 2009. – № 41. – pp. 414–425.

УДК 656.2

Обоснование выбора антифрикционного материала для узлов трения железнодорожного подвижного состава

Серебрянский А.И., Богатырева Ж.И., Ермаков М.Ю.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: Одним из путей повышения износостойкости пар трения, применяемых в железнодорожном подвижном составе, является применение смазок. В статье рассматриваются вопросы обоснования работоспособности и интенсивности изнашивания ряда антифрикционных материалов, приводятся результаты исследования величины их линейного износа, формулируется вывод о возможностях повышения рабочего ресурса подшипников скольжения шарнирных соединений подвижного состава железных дорог.

Abstract: One of the ways to increase the wear resistance of friction pairs used in railway rolling stock is the use of lubricants. The article discusses the issues of justifying the performance and wear rate of a number of antifriction materials, provides the results of a study of the magnitude of their linear wear, formulates a conclusion about the possibilities of increasing the working life of sliding bearings of hinged joints of railway rolling stock.

Ключевые слова: подвижной состав, подшипник, износостойкость, материал, характеристики.

Keywords: rolling stock, bearing, wear resistance, material, characteristics.

В железнодорожном подвижном составе для соединения деталей широко используются подшипники скольжения. Однако, очень часто, рабочий ресурс подобных соединений значительно ниже ресурса соединяемых деталей из-за высоких удельных нагрузок и, часто, реверсивного характера трения. Отсюда возникает необходимость исследований пар трения, их антифрикционных и конструкционных материалов, с целью увеличения срока службы узлов трения.

Одним из путей повышения износостойкости пар трения является применение смазок. Однако, вопросу смазки шарнирных соединений подвижного железнодорожного состава необходимо уделить особое внимание. Под влиянием больших удельных нагрузок и реверсивности трения смазка выдавливается из зоны контакта и смазывание трущихся поверхностей шарнира происходит в граничном, сухом, редко, полужидкостном режиме. Это отрицательно влияет на износостойкость шарниров, так как возникают такие явления как схватывание и заедание. К тому же жидкая смазка без соответствующих присадок интенсифицирует водородное и окислительное изнашивания. Очевидно, что для смазки подшипников скольжения шарниров наиболее рационально было бы предположить твердую смазку, которая обеспечила бы устойчивое промежуточное тело между трущимися поверхностями, и которое в какой-то мере было бы способно противостоять высокому нормальному давлению и гасить сдвиговые

напряжения не передавая их на основной материал. Применение твердых смазок позволит снизить влияние водородного и окислительного изнашивания, действие пластических деформаций, повысить сопротивление усталостному изнашиванию, исключить схватывание и заедание.

В настоящее время, в большинстве случаев, в качестве антифрикционного материала в шарнирных соединениях железнодорожного подвижного состава используется Бр О5Ц5С5, в отдельных случаях стали и антифрикционные чугуны. Однако, существует несколько классов перспективных антифрикционных материалов, которые возможно использовать в подобных шарнирных соединениях. К ним относятся полимеры (полиамиды, полиформальдегиды полиуретаны и т.д.), антифрикционные пластики типа АМАН (ЭСТЕРАН, ТЕСАН, ВИЛАН), материалы на основе древесины (АПД – 1, АПД – 2 и др.), ленточные (слоистые) материалы (М1, Л90, 4 – ДВ и т. д.), углеграфитные материалы (АО – 600, АГ – 1500, АФГМ), металлокерамические материалы (ЖГр – 1 – 20, АЖГр – 6 – 3 и т.д.).

Для использования эффекта избирательного переноса можно использовать металлоплакирующие смазочные материалы, обеспечивающие сервовитную пленку на трущихся поверхностях (Свинцоль 01, ВНИИ НП – 254, ЦИАТИМ – 201, MoS2, ЦИАТИМ – 203, ЦИАТИМ – 201+30% MoS2 и некоторых других), а так же при специальном подборе материалов трущихся поверхностей. Применять антифрикционный материал какого – либо из перечисленных классов необходимо исходя из прочностных свойств материалов, а также эффективности и рентабельности.

Как видно из выше изложенного, пластичные смазки не полностью оправдывают своего применения в подшипниках скольжения шарниров железнодорожного подвижного состава. Очевидно, необходимо применять при технологической разработке шарнирного соединения такие материалы, при использовании которых дополнительный подвод смазки не требуется. При выборе материалов для подшипниковых узлов необходимо разработать основные требования, предъявляемые к ним. Для подшипников скольжения, в узлах трения шарнирных соединений подвижного состава, эти требования можно изложить следующим образом: материалы должны обладать более высокой износостойкостью, чем сплавы цветных металлов, используемых в подшипниках скольжения; используемые материалы при работе в паре с металлами не должны образовывать задиры на сопряженных поверхностях трения; следует снизить износ металлической оси, работающей в паре с антифрикционным материалом; подшипники из этих материалов должны сохранять свою работоспособность в случае проникновения в зону трения жидкости с наличием абразивных частиц; допустимая температура эксплуатации материалов должна быть не ниже 80^0 С; уменьшение диаметров втулок в этих материалах в результате повышения температуры и влажности окружающей среды должно обеспечить возможность работы подшипников при сборочном диаметральном зазоре не более 0,1…0,3 мм; характеристики трения новых материалов по стали должны быть не хуже, чем у сплавов цветных металлов; материалы не должны быть дефицитными, дорогими, токсичными; методы изготовления деталей из этих материалов должны

быть удобны для организации централизованного производства взаимозаменяемых деталей, при этом трудоемкость и доля ручного труда при изготовлении подшипников должны быть минимальными.

Материалы, отвечающие указанным требованиям, позволят снизить себестоимость и трудоемкость изготовления подшипников скольжения, повысить надежность и долговечность работы узлов, упростить их эксплуатацию и ремонт.

Для изготовления антифрикционной втулки из всех рассмотренных типов и классов антифрикционных материалов, после сравнения их физических, химических и физико – механических свойств, были выбраны самосмазывающиеся антифрикционные пластики типа АМАН. В пользу такого выбора говорит то, что они имеют достаточно высокий предел прочности (80…100 МПа) [7], низкий коэффициент трения по стали, бензо- и маслостойки, вибропрочны, не боятся влаги. Эти пластики значительно дешевле и менее дефицитны, чем цветные сплавы [1]. При работе в паре с пластиками значительно меньше изнашиваются металлические детали. Пластики имеют меньшую твердость, чем металлы, поэтому при одинаковой нагрузке площадь пятна контакта пластиковой и металлической детали всегда больше, чем при сопряжении двух металлических деталей. Благодаря этому величина максимальных контактных напряжений в полимерном подшипнике гораздо ниже, чем в металлическом, что благоприятно сказывается на сроке службы полимерной втулки и металлического вала. Ударные нагрузки в пластиковых подшипниках вызывают гораздо меньшие разрушения. Практика позволила установить еще одно преимущество пластиков перед металлами, которое заключается в более высокой абразивной износостойкости. Податливость пластика позволяет твердым частицам погрузиться в тело втулки, благодаря чему износ подшипника резко уменьшается. Проведенные в проектноконструкторском бюро Главстроймеханизации Минстроя СССР лабораторные и эксплуатационные испытания на изнашивание подшипников такого типа, работавших в абразивной среде, показали, что их износостойкость на 25 – 40% выше по сравнению с бронзой [2]. Пластики типа АМАН представляют собой многокомпонентные системы, в которых в качестве связующего использованы полимеры. В качестве наполнителя в их состав входят твердые смазки со слоистой структурой [3].

Перерабатываются пластики методом компрессионного и литьевого прессования под давлением от 40 до 100 МПа при температуре (в зависимости от применяемого связующего) 230 - 500°С.

Для обоснования работоспособности и интенсивности изнашивания выбранных антифрикционных материалов необходимо провести исследования с целью определения величины линейного износа последних. Такие исследования авторами были проведены на специально разработанном лабораторном стенде, описание которого представлено в работе [6].

Линейный износ подшипников скольжения с антифрикционными втулками из ЭСТЕРАНа – 29, ВИЛАНа – 9 и АМАНа – 13 определялся при вращательном и реверсивном движении.

Антифрикционные пластики исследовались при скоростях скольжения V=0,08 м/с и V=0,13 м/с и удельных давлениях P=1,06 МПа и P=1,7 МПа в течении 150 часов. Исследовались пары трения сталь 40Х – антифрикционный пластик. Основываясь на более ранних исследованиях и априорной информации величину зазора при исследованиях принимаем $\Delta = 0{,}35$мм.

Результаты исследований сведены в таблицы 1…6.

Таблица 1

Величина износа при вращательном движении ВИЛАН – 9

Износ втулки, мм.									
V, м/с.	P, МПа.	$Д_1$	$Д_2$	$Д_3$	$д_1$	$д_2$	$Д_3$	$Д_{ср}$	$д_{ср}$
0,08	1,06	0.05	0,08	0,07	0,06	0,07	0,1	0,067	0,077
0,13	1,7	0,1	0,08	0,1	0,09	0,1	0,12	0,093	0,1
Износ вала, мм.									
0,08	1,06	0	0,01	0,03	0	0,02	0,01	0,013	0,01
0,13	1,7	0,02	0,01	0	0,01	0	0,01	0,01	0,006

Таблица 2

Величина износа при вращательном движении ЭСТЕРАН – 29

Износ втулки, мм.									
V, м/с.	P, МПа.	$Д_1$	$Д_2$	$Д_3$	$д_1$	$д_2$	$Д_3$	$Д_{ср}$	$д_{ср}$
0,08	1,06	0	0,03	0,03	0	0,04	0,05	0,02	0,03
0,13	1,7	0,01	0,04	0,05	0,02	0,03	0,06	0,033	0,037
Износ вала, мм.									
0,08	1,06	0	0	0	0	0	0	0	0
0,13	1,7	0,02	0	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,007

Таблица 3

Величина износа АМАН – 13 при вращательном движении

Износ втулки, мм.									
V,м/с.	P,МПа.	$Д_1$	$Д_2$	$Д_3$	$д_1$	$д_2$	$Д_3$	$Д_{ср}$	$д_{ср}$
0,08	1,06	0,07	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,087
0,13	1,7	0,06	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07	0,063	0,073
Износ вала, мм.									
0,08	1,06	0,02	0	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,017
0,13	1,7	0,01	0,01	0	0,02	0,02	0	0,007	0,013

Таблица 4

Величина износа ВИЛАН – 9 при реверсивном движении

Износ втулки, мм.									
V, м/с.	P, МПа.	$Д_1$	$Д_2$	$Д_3$	$д_1$	$д_2$	$Д_3$	$Д_{ср}$	$д_{ср}$
0,08	1,06	0,09	0,14	0,15	0,11	0,13	0,18	0,127	0,14
0,13	1,7	0,17	0,15	0,19	0,18	0,21	0,24	0,17	0,21
Износ вала, мм.									
0,08	1,06	0,06	0,08	0,04	0,03	0,05	0,04	0,06	0,04
0,13	1,7	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,037	0,043

Таблица 5

Величина износа ЭСТЕРАН – 29 при реверсивном движении

Износ втулки,мм.									
V,м/с.	P, МПа.	$Д_1$	$Д_2$	$Д_3$	$д_1$	$д_2$	$Д_3$	$Д_{ср}$	$д_{ср}$
0,08	1,06	0,04	0,08	0,07	0,05	0,08	0,09	0,063	0,073
0,13	1,7	0,03	0,09	0,08	0,06	0,08	0,1	0,067	0,08
Износ вала, мм.									
0,08	1,06	0,01	0	0,02	0,03	0	0,01	0,01	0,013
0,13	1,7	0	0,02	0,02	0,01	0,02	0	0,013	0,01

Таблица 6

Величина износа АМАН – 13 при реверсивном движении

Износ втулки, мм.									
V, м/с.	P, МПа.	$Д_1$	$Д_2$	$Д_3$	$д_1$	$д_2$	$Д_3$	$Д_{ср}$	$Д_{ср}$
0,08	1,06	0,12	0,1	0,13	0,11	0,11	0,12	0,117	0,113
0,13	1,7	0,09	0,11	0,09	0,1	0,1	0,09	0,15	0,179
Износ вала, мм.									
0,08	1,06	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,023	0,02
0,13	1,7	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,017	0,013

Как видно из приведенных таблиц 1…6, линейный износ подшипников скольжения с антифрикционными втулками, изготовленными из пластиков ЭСТЕРАН – 29, ВИЛАН – 9 и АМАН – 13 невелик, что подтверждается и априорной информацией, в которой интенсивность линейного изнашивания пластиков типа АМАН фиксируется в пределах $0{,}5...0{,}7 \times 10^{9}$.

Таблица 7

Физико – механические свойства АСП – пластиков

Параметры	ЭСТЕРАН-1	ТЕСАН-6	ЭСТЕРАН-21	ВИЛАН-20
Плотность, г/см^3.	3,6	3,5	3,1	3
Ударная вязкость, кг×см/см^2	1,5	2,5	3	3
Твердость по Бринелю, кг/мм^2.	25	28 - 30	22 – 25	25
Коэффициент трения	0,05	0,06	0,08	0,1
Предел прочности при сжатии, кгс/см^2.	800	1000	800	1000
Интенсивность линейного изнашивания.		$0{,}7\times10^{-9}$	$0{,}5\times10^{-9}$	
Максимальная рабочая температура.	220	300	200	300

Таблица 8

Физико – механические свойства материалов типа АМАН

Параметры	АМАН -7	АМАН – 12	АМАН - 13	АМАН – 21	АМАН – 23	АМАН – 25
Плотность, г/см^3.	2,5	3,0	3,0	2,7	3,2	3,5
Предел прочности при сжатии, МПа.	120	130	130	80	100	150
Ударная вязкость, Мпа×см.	0,5	0,6	1,0	0,3	0,5	0,2
Твердость по Бринелю.	180… 200	200… 230	160… 180	200… 230	200… 230	230… 250
Коэффициент трения.	0,08	0,04	0,1	0,08	0,06	0,08
Верхний предел рабочих температур.	150	300	120	200	170	150

Учитывая ранее рассчитанный на основе теории подобия коэффициент перехода от образцов, используемых в экспериментах, к натуральным подшипникам скольжения, а также при учете таблиц 7 и 8, и анализируя полученные результаты исследований можно сделать следующие выводы.

Антифрикционные пластики ЭСТЕРАН – 29, ВИЛАН – 9 и АМАН – 13 можно эффективно использовать вместо стали 45 и Бр.О5Ц5С5 при малых нагрузках и больших скоростях скольжения или при больших нагрузках и малых скоростях скольжения.

Антифрикционные пластики типа АМАН, в отличии от стали 45 и Бр.О5Ц5С5, не подвержены задирам и заеданиям, что существенно повышает рабочий ресурс подшипников скольжения, в которых они используются.

При реверсивном характере трения линейный износ пластиков типа АМАН выше чем при одностороннем, отсюда вытекает необходимость уменьшения или ликвидации влияния отрицательного эффекта реверса.

В тяжелонагруженных шарнирных соединениях железнодорожного подвижного состава в качестве антифрикционного материала рекомендуется использовать АМАН – 13, в силу его физико – механических характеристик.

Применение пластиков типа АМАН в качестве антифрикционного материала упразднит необходимость периодической подачи смазки в зазор шарнирного соединения. В результате чего отпадет необходимость в масляных каналах. Кроме того, металлы, из которых изготовлены вал и охватывающая проушина сопрягаются с более мягким антифрикционным материалом, следовательно износ поверхностных слоев сопрягаемых деталей за счет упругих и пластических деформаций будет происходить в основном в антифрикционной втулке, в меньшей мере передаваясь на палец и охватывающую проушину.

Таким образом, предлагаемые антифрикционные материалы могут существенно повысить рабочий ресурс подшипников скольжения шарнирных соединений железнодорожного подвижного состава, что подтверждается проведенными исследованиями [4, 5].

Библиографический список

1. Башкарев А.Я. Пластмассы в строительных и землеройных машинах / А.Я. Башкарев. – Л: «Машиностроение», 1981. - 191 с.
2. Гаркунов Д.Н. Повышение износостойкости деталей конструкций самолетов / Д.Н. Гаркунов, А.А. Поляков. - М: «Машиностроение», 1974. - 200 с.
3. Серебрянский А.И. О целесообразности изменения смазочного материала в шарнирных соединениях лесных манипуляторов / А.И. Серебрянский, Н.С. Смогунов // Повышение технического уровня машин лесного комплекса: Материалы Всероссийской научно – практической конференции. – Воронеж: 1999. - С. 83-85.
4. Серебрянский А.И. Влияние статических нагрузок на износостойкость пластиков типа АМАН: деп. рукопись. № 975-В2002. – Воронеж: 2002. - 34 с.
5. Серебрянский А.И. Повышение износостойкости шарнирных соединений манипуляторов при ремонте / А.И. Серебрянский, Д.Н. Афоничев, А.В. Ворохобин // Вестник Воронежского аграрного государственного университета. Теоретический и научно-практический журнал. – 2012. - Вып. 2 (33). - С. 107-111.
6. Смогунов Н.С., Серебрянский А.И., Рубахин В.И. Экспериментальная установка для исследования подшипников скольжения, работающих в условиях реверсивного трения / Н.С. Смогунов, А.И. Серебрянский, В.И. Рубахин. - ВИНИТИ, № 3576-В98, 1998. – 6 с.
7. Трение изнашивание и смазка. Справочник. / Под ред. И.В. Крагельского и В.В. Алисина. Т. 1. - М: «Машиностроение», 1978. – 400 с.

УДК 621.574.041

Использование хладагентов и их смесей в специальных системах жизнеобеспечения

Скрипкин В.В., Маслов В.А., Бунин Р.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. В статье проведено исследование свойств хладагентов и их смесей, оценена возможность замены в отдельных случаях «хладонов-оригиналов» «хладонами-заменителями» по причине отсутствия необходимых хладагентов.

Abstract. The paper studied the properties of refrigerants and their mixtures, estimated the possibility of replacing, in some cases, «Freon-originals» «chladones-substitutes» because of the lack of refrigerant.

Ключевые слова: хладагент, специальные системы жизнедеятельности, аэродромные кондиционеры, авиация.

Keywords: refrigerant, special life-support systems, aircraft air conditioners, aircraft.

В настоящее время в системах кондиционирования объектов авиации применяется великое множество хладагентов. Но большая их численность приводит к тому, что подчас затруднительно бывает найти для заправки в систему или дозаправки хладон, который обозначен для использования производителями кондиционеров. Особенно остро эта проблема стоит в отдаленных гарнизонах, где вопросы логистики, касающиеся поставок хладагентов, затруднены. Поэтому очень актуален вопрос возможной замены в отдельных случаях «хладонов-оригиналов» «хладонами-заменителями». Наиболее интересными и перспективными в этой роли нам представляются смеси хладонов, так как смешение позволяет добиться необходимых термодинамических и эксплуатационных характеристик.

Исследования свойств хладагентов и их смесей, проведенные нами, а также анализ этих исследований, позволяют сделать выводы по возможности замены хладагентов, используемых в аэродромных кондиционерах авиации (рис. 1) без ухудшения технических характеристик холодильных машин.

К хладагентам предъявляются термодинамические, физико-химические, физиологические и экономические требования. К термодинамическим требованиям относят минусовую температуру кипения при атмосферном давлении, низкое давление конденсации, высокую объемную холодопроизводительность, высокий коэффициент теплопроводности и теплопередачи.

Физико-химическими требованиями к хладагентам являются: малая плотность и вязкость, обеспечивающие незначительное сопротивление хладагента при циркуляции в агрегате; химическая пассивность к металлам, материалам изоляции обмоточных проводов электродвигателя; химическая стойкость; негорючесть; малая способность проникать через неплотности; способность растворять воду и т.д.

Рисунок 1 – Применение кондиционера для обслуживания самолетов

Холодильные агенты должны быть безвредными для здоровья человека (физиологическое требование) и иметь низкую стоимость (экономическое требование).

Термодинамические свойства характеризуют хладагент с точки зрения энергетической эффективности его использования, то есть обеспечения минимального расхода энергии на единицу холодопроизводительности.

Величиной, представляющей отношение полученной холодопроизводительности Q_o к единице затраченной мощности N, является холодильный коэффициент $\varepsilon = \frac{Q_o}{N}$. Обычно эту величину используют в холодильной технике как характеристику энергетической эффективности холодильной машины [1].

Наиболее важным свойством хладагента, влияющим на холодопроизводительность и холодильный коэффициент, является скрытая теплота парообразования r, кДж/кг. Если высокое значение r сочетается с низким удельным объемом пара ν, $м^3/кг$, то при малом расходе энергии будет требоваться также меньшая объемная производительность компрессора.

Важнейшими эксплуатационными характеристиками являются давление и соответствующая им температура насыщения при кипении и конденсации хладагента. При эксплуатации холодильной машины желательно, чтобы давление кипения было выше атмосферного. В этом случае исключается возможность попадания в систему машины воздуха из окружающей среды. От величины разности давлений кипения и конденсации зависит толщина стенок сосудов (конденсаторов, ресиверов и др.), а следовательно - и металлоемкость машины. Важно также и отношение величин давлений кипения и конденсации, которое называют иногда «степень сжатия». Более правильно его называть «степень повышения давления».

Желательно чтобы эта величина была малой, так как с ее увеличением растет расход энергии, падает холодопроизводительность машины и ухудшаются объемные и энергетические характеристики компрессора.

Крайне желательна низкая (адиабатная) температура конца сжатия пара в компрессоре. От ее значения зависит нагрев компрессора, надежность работы

нагнетательных клапанов и возможный срок работы без ремонта. Во многом ее значение определяет конструкцию компрессора: необходимость устройства охлаждающей рубашки, использование встроенного электродвигателя и др.

Температура замерзания хладагента $t_з$ - это тот нижний предел, который ограничивает возможность использования данного хладагента. Критические температура $t_{кр.}$ и давление $P_{кр.}$ указывают верхний предел области, в которой хладагент может быть в жидком состоянии. Выше критических параметров хладагент находится в газообразном состоянии, когда невозможны процессы кипения и конденсации.

Теплофизические свойства хладагентов также очень важны для конструирования и правильной эксплуатации холодильных машин. Плотность хладагента ρ, кг/м^3, влияет на затраты энергии при его циркуляции в трубопроводах и на преодоление сопротивления в клапанах. Величина коэффициента теплопроводности хладагента λ, Вт/м ·°С, влияет на теплоотдачу хладагента при его конденсации и кипении в аппаратах. Динамическая вязкость μ, Па·с, также влияет на затрату энергии в клапанах компрессора.

К основным физико-химическим свойствам хладагентов относят их электропроводность, растворимость в воде и масле и воздействие на конструкционные материалы. Аммиак хорошо растворяется в воде и практически нерастворим в масле. Хладоны - наоборот: хорошо растворяют масло, но нерастворимы в воде и не проводят электрический ток. Исключительную значимость для безопасной эксплуатации холодильных установок имеют токсичность и пожаровзрывоопасность хладагентов. Эти свойства иногда называют физиологическими.

Токсичность - это относительное свойство, которое проявляется, если создается опасная степень концентрации хладагента в воздухе. Все хладагенты токсичны: при достаточно высокой концентрации в помещении они вытесняют воздух и вызывают удушье.

В молекулярной теории растворов различают зеотропные (неазеотропные) и азеотропные смеси.

Термодинамическое поведение смеси азеотропного состава аналогично поведению чистого вещества, поскольку состав паровой и жидкой фаз у нее одинаков, а давления в точках росы и кипения совпадают.

Концентрации паровой и жидкой фаз зеотропной смеси различаются; кипение при постоянном давлении происходит при увеличении температуры хладагента, а конденсация - при падении температуры.

Температура кипения и температура конденсации у зеотропной смеси хладагентов определяется иначе. Температуру кипения вычисляют как среднюю температуру между температурой точки росы при постоянном давлении всасывания и температурой, при которой хладагент попадает в испаритель. Температура конденсации определяется как средняя температура между температурой точки росы и температурой жидкости на выходе из конденсатора.

Перегрев всасываемого пара вычисляют как разность температуры на входе в компрессор и температуры точки росы хладагента при давлении всасывания. Это необходимо учитывать при регулировании холодопроизводительности

холодильных установок с помощью регулирующих вентилей. Переохлаждение жидкости вычисляют как разность между действительной температурой жидкости и температурой точки конца конденсации при давлении нагнетания.

Зеотропные смеси имеют свои преимущества и недостатки. Изменение состава рабочего тела при циркуляции его по контуру холодильной системы может привести к возрастанию холодопроизводительности и холодильного коэффициента по сравнению с этими характеристиками для чистых хладагентов. В то же время, применение зеотропных смесей приводит к снижению интенсивности теплообмена и к изменению состава смеси при возникновении утечек, что влияет на пожаробезопасность и холодопроизводительность установки.

Одним из наиболее интересных хладагентов признается R502 - зеотропнаяя смесь хладагентов R22 и R115 [2]. Массовая доля R22 составляет 48,8%, а R115 - 51,2%. Относится к группе ХФУ. Невзрывоопасен, малотоксичен и химически инертен к металлам. Растворимость R502 в маслах, коэффициент теплоотдачи при кипении и конденсации близки к соответствующим значениям для R22, малорастворим в воде. Объемная холодопроизводительность его выше, а температура нагнетания ниже примерно на 20°С, чем у R22, что положительно сказывается на температуре обмотки электродвигателя при эксплуатации спирального герметичного холодильного компрессора, как на аэродромном кондиционере АК-1,6-20-1-1, который предназначен для обслуживания воздушных судов дальней и военно-транспортной авиации.

Другим интересным с точки зрения использования в системах кондиционирования воздушных судов является хладагент R123, который относится к группе ГХФУ. Температура кипения при атмосферных условиях 27,9 °С. Потенциал разрушения озона ODP = 0,02, потенциал глобального потепления GWP = 90. Хладагент предназначен для холодильных установок, работающих на R11. Температура и давление конденсации ниже на 10° чем у R11. В системах кондиционирования можно использовать при циклах каскадных холодильных машин и в кондиционере АМК-24/56-131.

В качестве альтернативных хладагентов наиболее интересны R404a , R409a и R401a.

Хладагент R404A - зеотропная смесь R125/R143A/R134A с соотношением массовых долей компонентов 44/52/4. В зависимости от условий эксплуатации обеспечиваются повышение холодопроизводительности на 4...5 % и снижение температуры нагнетания в компрессоре до 8 % по сравнению с аналогичными характеристиками компонентов смеси. Целесообразно использовать в кондиционерах, рассчитанных на низкие и средние температуры кипения, заменяя хладагент R12 в аэродромном кондиционере АК-0,4-9А и АК-1,6-9А для обслуживания воздушных судов фронтовой авиации. R404A не следует смешивать с воздухом и допускать присутствия высоких концентраций воздуха с давлением выше атмосферного или при высоких температурах.

Хладагент R409A - смесь на основе ГХФУ: R22, R124 и R142. Массовые доли компонентов составляют соответственно 60/25/15. Температура кипения при атмосферных условиях -34 ºС. Потенциал разрушения озона ODP = 0,05. Хладагент негорюч и неядовит, совместим с минеральными, а также с ал-

килбензольными маслами. Предназначен для использования в парокомпрессионных холодильных установках с поршневыми и винтовыми компрессорами. Если проанализировать свойства хладагента R409A, можно сделать вывод о возможности замены данным хладагентом хладонов, использующихся в авиации Вооруженных Сил Российской Федерации.

Хладагент R401A - зеотропная смесь среднего давления с температурным глайдом Dt_{gl}=4...5К. В зависимости от условий эксплуатации холодопроизводительность холодильной системы, в которой ранее был R12, увеличивается на 5...8 %. Хладагент R401 несовместим с минеральными маслами, поэтому при замене R12 необходимо заправлять холодильный агрегат алкилбензольным маслом. R401A Хладагент рекомендуется применять в высоко- (выше О ^{o}C) и среднетемпературных холодильных установках (герметичные, бессальниковые компрессоры и компрессоры с открытым приводом). Холодопроизводительность холодильной системы, работающей на R401, сопоставима с холодопроизводительностью систем на R12 при температурах кипения выше -25 ^{o}C, что позволяет использовать хладон R401 в аэродромных кондиционерах типа АК-0,4-9А и АК-1,6-9А без ухудшения технических характеристик данных кондиционеров.

Для замены хладона R12 также может быть использован хладагент С10М1 - трехкомпонентная смесь на основе гидрохлорфторуглеродов R22/R21/R14. Предназначена смесь С10М1 для замены хладагентов холодильных систем, работающих в специальных системах жизнеобеспечения всех видов авиации. Анализ термодинамических и эксплуатационных свойств этого хладагента показывает возможность замены им R12. Хладагенты С10М1 нетоксичны, негорючи и по основным физико-химическим, термодинамическим и эксплуатационным свойствам сходны с хладагентом R12.

Анализ свойств данного хладагента показывает преимущества хладагента: относительная дешевизна - хладагент состоит из компонентов, выпускаемых заводами России, а его производство организовано также на территории России; простота транспортировки - транспортировать хладагент можно в контейнерах и баллонах, предназначенных для перевозки R12;

Перевод холодильного оборудования специальных систем жизнеобеспечения авиации (аэродромных кондиционеров) с R12 на смеси С10М1 осуществляют исключительно путем замены самого хладагента без какой-либо модернизации холодильного оборудования, без внесения изменений в конструкцию холодильной машины и без замены компрессорного масла (в холодильном оборудовании, работающем на R12, используют минеральное масло ХФ12-16). Переход на хладагент С10М1 не предусматривает дополнительной подготовки холодильной системы к работе, переобучения персонала, применения специального оборудования или инструмента для сервисного обслуживания холодильной техники, что особенно важно в условиях отдаленного базирования частей, когда затруднено обучение личного состава и ограничены возможности реконструкции и усовершенствования систем. Технология перевода действующей холодильной техники с хладагента R12 на смеси С10М1 отработана и оптимизирована в процессе опытной эксплуатации аэродромных кондиционеров АК-

0,4-9А и АК-1,6-9А. Обязательное условие применения смесей - заправка оборудования хладагентом в жидкой фазе, аналогично кондиционеру АК-0,4-9А.

В последние годы наиболее широко используемым хладагентом в парокомпрессионных холодильных низко- и среднетемпературных установках является R 134A. Такие преимущества данного хладагента, как высокая озонобезопасность и низкая температура кипения, нивелируются высокой стоимостью самого агента и необходимостью использовать импортные компрессорные установки.Поэтому в настоящее время идет активный поиск отечественной альтернативы R134A. В результате комплексных исследований отечественных научных подразделений и производственных предприятий разработан ряд многокомпонентных озонобезопасных хладагентов взамен R134A в качестве альтернативы R12. Наиболее перспективный из них хладагент С1 (азеотропная смесь R152/R600A), представляющий собой смесь углеводородов и фторуглеродов. Результаты исследований свидетельствуют о высоких теплофизических и эксплуатационных свойствах хладагентов и низком энергопотреблении холодильников, где используют эти хладагенты. Исследования показали, что холодопроизводительность и холодильный коэффициент компрессоров, заправленных смесью С1 в диапазоне температур кипения, соответствуют аналогичным параметрам для R12 и тем более для R134A. Анализ исследований смеси С1 показывает возможность замены этим хладагентом хладона R134A, используемый в аэродромных кондиционерах АК-1,0-30-1-1, который является самым современным средством кондиционирования воздушных судов фронтовой и дальней авиации.

На сегодняшний день в системах кондиционирования воздушных судов используются разнообразные хладоны, как современные, так и устаревшие (снятые с производства и запрещенные к эксплуатации). Поэтому возникают проблемы дозапраки и заправки специальных систем жизнеобеспечения хладонами, рекомендуемыми производителями кондиционеров. Постоянно ведется поиск наиболее дешевых, наиболее эффективных и безопасных хладагентов, способных заменить оригиналы. Нам представляется, что использование в холодильных машинах смесей, как зеотропных, так и азеотропных, есть ключ к решению проблемы поиска наиболее приемлемых хладагентов. Исследования и анализ свойств предлагаемых смесей хладагентов должны учитывать весь комплекс требований, предъявляемых к современным системам жизнеобеспечения воздушных судов.

Библиографический список

1. Бараненко А.В. Холодильные машины: учебник для ВУЗов / А.В. Бараненко. – СПб: Политехника, 1997. – 992 с.
2. Курылев Е.С. Холодильные установки: учебник для ВУЗов. / Е.С. Курылев. – СПб: Политехника, 2002. – 576 с.

УДК 629.4.012

Особенности обеспечения эксплуатационной надежности подвижного состава

Сливенко С.В.
Российский университет транспорта

Аннотация: Для решения системных задач по повышению эксплуатационной надёжности тягового подвижного состава на ряде железных дорог страны внедряются системы, обеспечивающие снижение затрат на эксплуатационную деятельность. В статье приводятся сведения о количестве и распределении отказов тягового подвижного состава, рассматриваются общие и частные факторы, влияющие на его эксплуатационную надёжность.

Abstract: To solve systemic tasks to improve the operational reliability of traction rolling stock on a number of railways in the country, systems are being introduced that reduce operating costs. The article provides information on the number and distribution of failures of traction rolling stock, considers general and particular factors that affect its operational reliability.

Ключевые слова: железная дорога, надёжность, перевозки, управление рисками, неисправности.

Keywords: railway, reliability, transportation, risk management, malfunctions.

Продолжающийся рост объемов перевозочной работы на магистральных железных дорогах предъявляет повышенные требования к эксплуатационной надежности и техническому состоянию локомотивного парка, что во многом обеспечивается своевременным и качественным техническим обслуживанием и ремонтом [2] (рис. 1):

Рисунок 1 – Этапы управления надёжностью локомотивов

Достаточно давно в компании ОАО «РЖД» был поставлен ряд системных задач по повышению эффективности локомотиворемонтного комплекса [1]. При этом в соответствии с комплексной программой повышения эксплуатационной надёжности тягового подвижного состава [3] ОАО «РЖД» ставит перед собой цель снизить количество отказов локомотивов при внедрении новых технологий ремонта как в заводских условиях, так и на полигонах.

Анализ технического состояния электровозного парка сети железных дорог ОАО «РЖД» за период 2006 – 2010 гг. выявил [2] высокое количество отказов, процент неисправных электровозов и число неплановых ремонтов. Если в 2009 г. было зафиксировано 16,25 случая заходов электровозов на неплановый ремонт на 1 млн км пробега, то в 2010 г. этот показатель возрос до 26,67 случая. При этом существенный процент неплановых ремонтов (25…30 %) обусловлен отказами деталей и узлов колесно-моторных блоков (КМБ): тяговых электродвигателей (ТЭД), тяговых зубчатых передач, колесных пар, моторно-осевых и буксовых подшипников и др. В большинстве случаев (65…75 %) это является следствием неудовлетворительного качества текущего ремонта и технического обслуживания [11].

В целом анализ статистики отказов технических средств показывает (рис. 2), что значительные потери ОАО «РЖД» несет из-за задержек поездов по причине выхода из строя электрических аппаратов электровозов (58 %) и тяговых электродвигателей ТЭД (15 %).

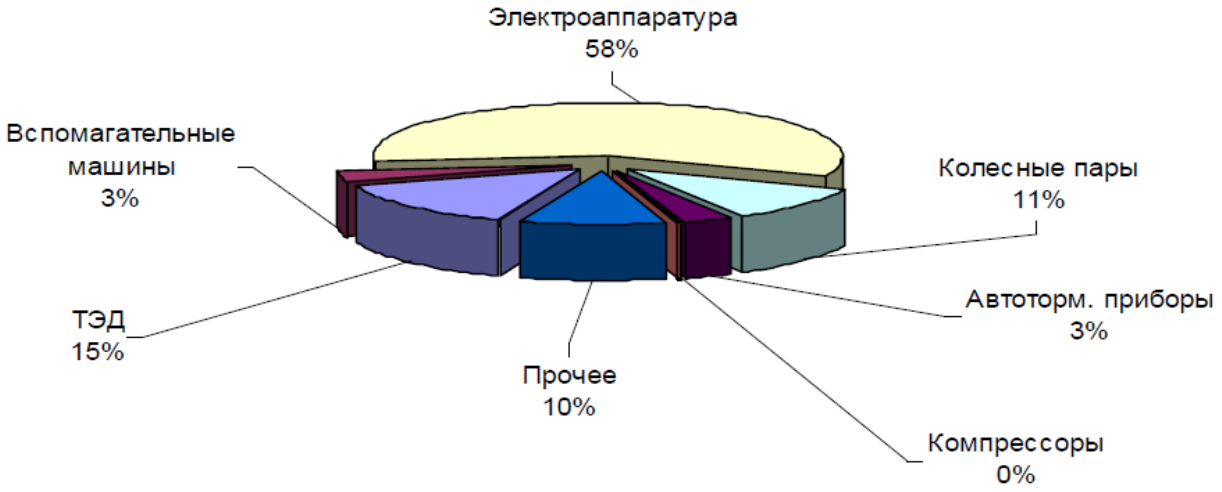


Рисунок 2 – Статистика отказов технических средств

Приведенное на рис. 2 распределение отказов подтверждается данными исследования [4], в котором был проведен анализ надежности электровозов Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД). При этом автором было отмечено дальнейшее снижение надежности существующих ТЭД. В значительной степени снижение надежности ТЭД вызвано повышенной влажностью, колебаниями температуры окружающей среды по сравнению с ТЭД электровозов железных дорог западного региона страны. В целом более половины повреждений тяговых электрических машин на ВСЖД приходится на изоляционные конструкции.

Схожая ситуация наблюдается и для тепловозов. Так, по результаты анализа неисправностей по основным узлам тепловозов за 2008-2013 гг. показывают, что наибольшее количество отказов (рис. 3) приходится на двигатель (около 40%) и электрическое оборудование (около 32%):

Узлы локомотива	Отчетный период, г						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	В среднем
Дизель	38,6	39,41	42,32	41,08	39,02	41,07	40,25
Вспомогательное и тормозное оборудование	15,16	14,49	14,09	15,89	15,66	15,14	15,07
Электрическое оборудование	33,84	32,72	32,76	30,80	31,21	31,95	32,21
Колёсные пары	6,84	6,48	6,51	7,05	6,98	7,15	6,84
Прочее оборудование	5,90	6,49	3,78	5,51	6,85	5,23	5,63

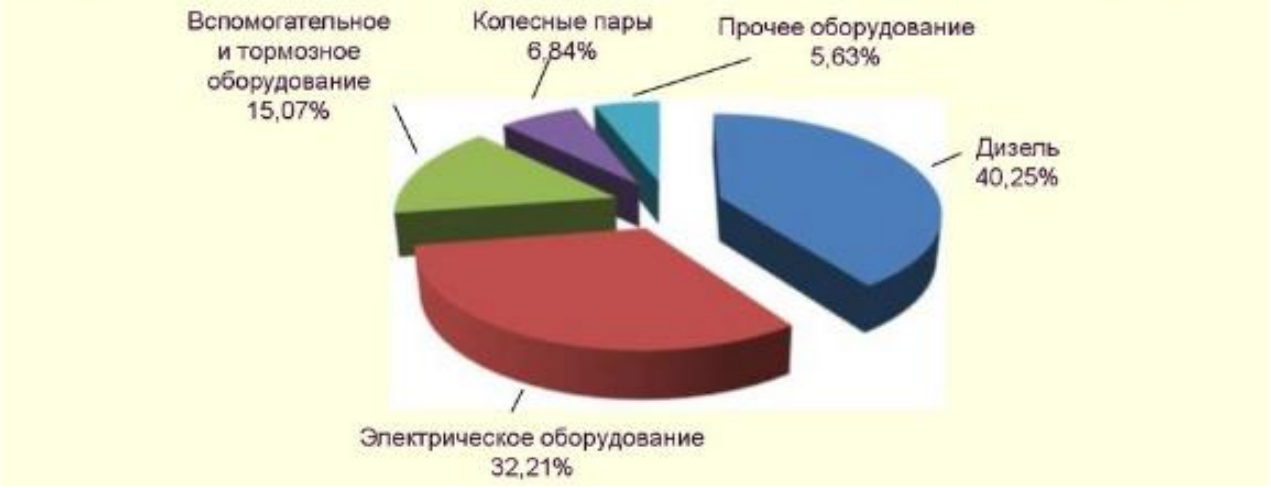


Рисунок 3 – Соотношение количества неисправностей по основным узлам тепловозов за 2008-2013 гг.

В 2011–2012 годах наметилась тенденция к увеличению эксплуатируемого локомотивного парка – из-за сокращения общего времени простоя локомотивов на ремонте, вывода их из запаса ОАО «РЖД» и закупки новой техники [6]. Количество неплановых ремонтов электровозов из-за отказов сократилось на 25%.

В соответствии с данными, приведенными в [3] для дальнейшего снижения количества отказов для разработки был предложен проект «Центр управления надёжностью локомотивов» на базе развития автоматизированной системы управления с использованием диагностической информации бортовых микропроцессорных систем управления локомотивов всех видов, данных стационарных и переносных микропроцессорных и компьютерных диагностических систем.

Основными задачами Центра управления надёжностью предполагался сбор и обработка системной информации о состоянии оборудования парка тяги и принятие решений по поддержанию заданного уровня его безотказности.

В 2011 году дирекция приступила к разработке АСУ ЦТР, интегрированной в основные информационно-управляющие системы компании. Был утверждён паспорт системы и начато пилотное внедрение её модулей.

Предполагалось, что АСУ ЦТР будет иметь в своём составе достаточное количество автоматизированных рабочих мест и специализированных модулей, наделённых минимально достаточной функциональностью. В её задачи должна была входить оценка объёма программы ремонта и производственное планирование, обеспечение процессов оптимальным количеством трудовых ресурсов, организация материально-технического снабжения и взаимодействие с поставщиками.

Предполагалось, что создание АСУ ЦТР сократит простой локомотивов в ремонте за счёт повышения ритмичности производства, а также в ожидании ремонта и отправки в эксплуатационные депо, при этом будут автоматизированы и оптимизированы заказ и снабжение материалами и запчастями, технологический документооборот.

В целом, при повсеместном внедрении АСУ ЦТР должна была стать неотъемлемой частью системы управления техобслуживанием, ремонтом и надёжностью тягового подвижного состава.

Тем не менее, в силу целого ряда причин в настоящее время а всех железных дорогах ОАО «РЖД» внедрена Система УРРАН (управления ресурсами, рисками и надёжностью). Данная система [9] ориентирована на управление надёжностью перевозочного процесса. Впервые на примере путевого хозяйства для оценки способности инфраструктуры к выполнению заданного объёма перевозок с установленной скоростью были введены показатели, характеризующие надёжность не конкретного технического средства или системы, а перевозочного процесса в целом. Она выражена эксплуатационным коэффициентом готовности, в котором учитываются не только параметры безотказности и ремонтопригодности, но и параметры перевозочного процесса: участковой скорости поездов, плановых и внеплановых технологических перерывов.

На основе принципов и системы показателей эксплуатационной надёжности и безопасности стало возможным разработать методики оптимизации управления инвестициями в хозяйствах компании на всех этапах жизненного цикла. Эти методики управления инвестициями напрямую связаны с текущими оценками рисков перевозочного процесса. Управление рисками и ресурсами позволяет исключить экономические риски в виде лавинообразного возрастания затрат на эксплуатационную деятельность.

Процесс управления рисками предусматривает идентификацию опасностей, определение частоты и последствий опасных событий, оценивание риска, его обработку и мониторинг.

Для определения частоты возникновения события на железнодорожном транспорте используются:

Рисунок 4 – Структура системы УРРАН

· оценка частоты возникновения определенного события в прошлом на основе статистических данных (данные, накопленные за некоторый период эксплуатации рассматриваемого объекта инфраструктуры или подвижного состава, содержащиеся в АСУ хозяйств отрасли или АС РБ) и прогнозирование частоты, с которой это событие станет возникать в будущем;

· оценка частоты возникновения определенного события на основе данных об отказах технических средств (данные, содержащиеся в системе КАС АНТ), произошедших за определенный период времени и приходящихся на единицу измерения эксплуатационной работы по каждому хозяйству железнодорожного транспорта;

· прогнозирование частот событий с использованием анализа диаграммы возможных отказов объекта инфраструктуры или подвижного состава (анализ «дерева отказов» – FTA) и анализ диаграммы возможных последствий определенного отказа («дерева событий» – ETA);

· оценка на основе показателей эксплуатационной надежности и безопасности функционирования для железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава пассажирских и грузовых перевозок со скоростями движения до 160 км/ч и для высокоскоростного движения;

· оценка на основе мнения экспертов. При проведении экспертных оценок следует учитывать любую доступную информацию об объекте инфраструктуры или подвижного состава: статистическую, экспериментальную, конструктивную и др.

В 2020 году в путевой комплекс планировалось внедрить один из блоков единой корпоративной платформы управления ресурсами, рисками и надёжностью ЕКП УРРАН [10]. Данный проект управления рисками и безопасностью

основывается на развитии рискориентированного подхода в управлении гарантированной надёжностью. ЕКП УРРАН даёт оценку ресурса и эффективности эксплуатации технических средств на протяжении всего их жизненного цикла, объединяет понимание оценки надёжности и требований безопасности [5]. Пробные расчёты по технологии Data Science провели на Куйбышевской дороге весной 2019 г. на основе данных, предоставленных автоматизированными системами, работающими на магистрали. При этом проанализировав порядка 60 факторов, характеризующих состояние пути по 4727 км, эксперты выделили из них 12 решающих (в их числе установленная скорость для грузовых и пассажирских поездов, количество негодных скреплений и просадок земляного полотна) и провели прогноз событий. Точность прогноза составила 94%.

Тем не менее, эксплуатационная надежность тягового подвижного состава, закладываемая ещё на этапе проектирования, корректируется существующей системой ремонта, у которой в свою очередь имеются определенные проблемы. К таким проблемам относятся:

– установка оборудования с разным остаточным ресурсом;

– ремонт оборудования, спроектированного более 30 лет назад, без учета передовых технических решений;

– ремонт и оплата работ без учета фактического состояния оборудования и срока службы, установленного заводом изготовителем;

– использование устаревшего технологического оборудования;

– низкая эксплуатационная надежность, заложенная при проектировании.

Указанные проблемы приводят к тому, что нередко несмотря на все прогнозы и опережающие воздействия отказы тягового подвижного состава происходят в процессе выполнения ими грузовой или пассажирской работы. В этом случае устранение неисправностей нередко ложится на плечи машиниста и помощника машиниста.

В частности, на ряде железных дорог в грузовом движении эксплуатируется электровоз переменного тока ВЛ80с [8]. Электровоз выпускался на Новочеркасском заводе с 1979 по 1995 год, при этом было выпущено 2746 единиц (рис. 5). Фактически ВЛ80с является электровозом ВЛ80т, дооборудованным для работы в составе более чем двух секций при управлении из одной кабины по системе многих единиц (СМЕ). Изначально электровоз строился с возможностью работы только двух или четырёх сцепленных секций.

Как показал многолетний опыт, при эксплуатации локомотива встречается целый ряд неисправностей, приносящих задержки в грузовом и пассажирском движении

К таким неисправностям относятся отключение главного выключателя; выход из строя вспомогательных машин; короткое замыкание в цепях управления; неисправность тяговых двигателей; слабая производительность компрессора и другие.

При возникновении вышеприведенных отказов тягового подвижного состава в процессе выполнения им грузовой или пассажирской работы локомотивная бригада зачастую пытается привести электровоз в работоспособное состояние.

Рисунок 5 – Электровоз переменного тока ВЛ80с

Как отмечалось в [7] работоспособностью называется состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданную функцию с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Наиболее часто встречающейся неисправностью является отсутствие набора позиций. Чаще всего причиной данной неисправности является выработанный срок службы аппаратов, некачественный плановый вид ремонта в объёме ТР-1 и ТО-2, а также (нередко) не грамотные действия локомотивной бригады при сборе аварийных схем в пути следования.

Целесообразность сборки подобных схем диктуется необходимостью продолжения движения с целью освобождения перегона до ближайшей станции. В результате для машинистов и помощников машинистов существуют рекомендации по приведению электровоза в работоспособное состояние в пути следования.

К подобным рекомендациям относится, например, отыскание обрыва цепи в цепях управления с помощью контрольной лампы. Практически обрыв электрической цепи в цепях управления бывает в контактах аппаратов, когда контакты не пропускают электрический ток. Одним из способов исправления ситуации является зачистка соответствующих контактов. Однако, эксплуатация электровозов показывает, что наблюдались также случаи попадания посторонних предметов (шайб) между сердечником и якорем электрического аппарата. Последствиями этого являлись не довключение аппарата при незамкнутых контактах.

Аналогичные рекомендации существуют и для большинства других неисправностей, встречающихся при эксплуатации электровозов.

С учётом вышеизложенного, можно сделать следующий вывод. Внедрение в современную практику перевозочной деятельности системы управления ресурсами, рисками и надёжностью позволяет выполнить оценку ресурса и эффективности эксплуатации технических средств на протяжении всего их жизненного цикла, объединяет понимание оценки надёжности и требований без-

опасности. Однако в случае возникновения неполадок в пути очень многое для восстановления работоспособности подвижного состава зависит от слаженной и грамотной работы локомотивной бригады.

Библиографический список

1. Зак В.В. Как оценить надежность тягового подвижного состава / В.В. Зак, И.П. Васильев, С.А. Дмитриев // Локомотив. 2019. № 8 (752). С. 40-42.
2. Лаптев А.А. Обеспечение работоспособности колесно-моторных блоков электровозов путем совершенствования технологии их ремонта: автореф. дисс. … канд. техн. наук. – Омск: ОмГУПС, 2011. – 16 с.
3. Лубягов А.Н. Отменённый отказ [Электронный ресурс] / А.Н. Лубягов // Гудок: ежедневная газета [сайт] [2013]. – URL: http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=683562 (Дата обращения: 16.04.2013).
4. Оленцевич Д.А. Совершенствование системы технического содержания изоляции тяговых двигателей электровозов: автореф. дисс. … канд. техн. наук. – Хабаровск: ИрГУПС, 2010. – 16 с.
5. Платонов А.А. Сервисное обслуживание техники на комбинированном ходу при текущем содержании железнодорожного пути / А.А. Платонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 196-199.
6. Платонов А.А. Перспективы внедрения инновационной путевой техники по сети железных дорог ОАО «РЖД» / А.А. Платонов // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2015. № 1 (69). С. 69-72.
7. Платонов А.А. Повышение эффективности работы лесовозных автопоездов при вывозке древесины в малолесных регионах: дисс. … канд. техн. наук. – Воронеж: ВГЛТА, 2000. – 204 с.
8. Электровоз ВЛ80с: руководство по эксплуатации. – М.: Транспорт, 1982. – 622с.
9. Управление ресурсами, рисками на всех этапах жизненного цикла [Электронный ресурс] // РЖД-Экспо: инновационный дайджест [сайт] [2021]. – URL: http://www.rzd-expo.ru/innovation/accelerating_and_increasing_the_reliability_of_the_service_life_of_facilities/resource_management_risk_to_the_life_cycle_and_reliability_analysis_of_urr/ (Дата обращения: 24.05.2021).
10. УРРАН на службе безопасности [Электронный ресурс] // АО «НИИАС» [сайт] [2021]. – URL: http://niias.ru/press-centre/259-urran-na-sluzhbe-bezopasnosti (Дата обращения: 24.05.2021)
11. Щербицкая Т.В. Оценка надежности подвижного состава железнодорожного транспорта / Т.В. Щербицкая, С.Т. Калиева, В.В. Иванов // Наука и образование транспорту. 2019. № 1. С. 119-120.

УДК 661.935+66.048.3

Верификация гидравлического сопротивления тарелок ректификационной колонны газодобывающей станции на азотном режиме

Слюсарев М.И., Пузыревич В.И., Хомич П.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: Подтверждена возможность использования разработанного программного комплекса для определения перепада давления на тарелках без уточнения начальных условий по их гидравлическому сопротивлению при переменных расходах пара и флегмы по высоте ректификационной колонны получения азота.

Abstract: The possibility of using the developed software package for determining the pressure drop across the trays without specifying the initial conditions for their hydraulic resistance at variable steam and reflux flow rates along the height of the rectification column for nitrogen production has been confirmed.

Ключевые слова: ректификационные колонны, математическое моделирование, гидравлическое сопротивление, ситчатые тарелки, получение азота.

Key words: rectification columns, mathematical modeling, hydraulic resistance, sieve trays, nitrogen production.

Давление является одним из основных параметров определяющих течение процесса разделения воздуха методом низкотемпературной ректификации [1]. Оно определяет температуру кипения жидкости на контактных устройствах и влияет на коэффициент относительной летучести компонентов смеси, что сказывается на выборе режимов орошения колонных аппаратов флегмой и числа ректификационных тарелок. Изменение рабочего давления влияет на скорость движения паров смеси в ректификационном аппарате и, следовательно, эффективность массообменных процессов, а также на движущую силу теплопередачи в конденсаторе и кипятильнике колонны. В связи с этим учет гидравлического сопротивления контактных устройств позволяет рассчитать характер изменения давления по высоте ректификационного аппарата и более точно установить характеристики потоков верхнего и нижнего продуктов.

Гидравлическое сопротивление ситчатых тарелок с переливными устройствами находили по соотношению [1]:

$$\Delta P_m = \Delta P_c + \Delta P_{cm} + \Delta P_\sigma , \qquad (1)$$

где ΔP_c – гидравлическое сопротивление сухой тарелки, Па; ΔP_{cm} – потери давления на преодоление статического давления столба жидкости, Па; ΔP_{cm} – потери давления на преодоление сил поверхностного натяжения, Па.

Динамическое сопротивление сухой тарелки рассчитывали по формуле Вейсбаха:

$$\Delta P_c = \varsigma \frac{\rho_n \omega_o^2}{2}, \qquad (2)$$

Здесь ς – коэффициент местного сопротивления, который для тарелок колонн разделения воздуха практически не зависит от геометрии отверстий и принят равным $\varsigma = 1{,}83$ [3]; ω_o – средняя скорость пара в отверстиях тарелки, м/с; ρ_n – плотность пара, кг/м^3.

Потери давления на преодоление сил поверхностного натяжения в момент отрыва парового пузырька в жидкой фазе вычисляли как:

$$\Delta P_\sigma = \frac{4\sigma_{см}}{d_o}, \qquad (3)$$

где $\sigma_{см}$ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости на тарелке, которую рассматривали как бинарную смесь азота и кислорода, н/м; $d_o = 0{,}001$ м – диаметр отверстий ситчатой тарелки.

Для воздухораспределительных установок статическое сопротивление столба жидкости определяли по уравнению:

$$\Delta P_{ст} = \left(0{,}195 \cdot h_{пер} + 0{,}691 \cdot \Delta h\right)\rho_{ж} g, \qquad (4)$$

где $h_{пер} = 0{,}015$ м – высота сливной перегородки; $\rho_{ж}$ – плотность смеси жидкой фазы на тарелке, кг/м^3; Δh – высота светлого слоя жидкости над гребнем сливной перегородки, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Величину Δh рассчитывали по соотношению:

$$\Delta h = l_0 - h_{пер}, \qquad (5)$$

где l_0 – высота светлого слоя жидкости на тарелке, которую находили через количество жидкости на контактном устройстве по выражению:

$$l_0 = \frac{M}{\rho_{ж} S}. \qquad (6)$$

Здесь $S = 0{,}0351$ м^2 – площадь барботажа.

Количество жидкости на тарелке и ее плотность, определяемую составом жидкой фазы на тарелке, рассчитывали с использованием уравнений материального и теплового баланса в динамике, которые для произвольного контакт-

ного устройства ректификационной колонны с номером i представлены ниже [4]:

$$\begin{aligned} &\frac{dM_i^L}{dt} = L_{i+1} - L_i + G_{i+1} - G_i, \\ &M_i^L(0) = M_{i0}^L \end{aligned} \qquad (7)$$

где M_i^L – удерживающая способность тарелки по жидкой фазе, кмоль; L_i, G_i – расходы жидкой и паровой фаз для тарелок с соответствующим номером, кмоль/с; M_{i0}^L – количество жидкой фазы на i-ой тарелке в начальный момент времени, кмоль;

$$\begin{aligned} &\frac{dx_i}{dt} = \frac{1}{M_i^L}\left[L_{i+1}(x_{i+1} - x_i) + G_{i-1}(y_{i-1} - x_i) - G_i(y_i - x_i)\right], \\ &x_i(0) = x_{i0} \end{aligned} \qquad (8)$$

где x и y – концентрации азота в жидкой и паровой фазах для тарелок с номером i, кмоль/кмоль; x_{i0} – концентрация азота на i-ой тарелке в начальный момент времени;

$$\frac{d\left(M_i^L h_i^L\right)}{dt} = L_{i+1}h_{i+1}^L - L_i h_i^L + G_{i-1}h_{i-1}^G - G_i h_i^G, \qquad (9)$$

где h_i^L, h_i^G – мольные энтальпии жидкости и пара на i-ой тарелке, кДж/кмоль.

Уравнения (7)-(9) вместе с использованными в [4] балансовыми соотношениями для теплоты и массы в испарителе и конденсаторе ректификационной колонны, а также с учетом уравнения динамики давления P_0 пара в кубе колонны позволили рассчитать давление на каждой тарелке и их гидравлическое сопротивление.

Парожидкостное равновесие определяли через относительную летучесть α по [5]. Содержание НКК в паровой фазе вычисляли с учетом эффективности тарелки по Мэрфи.

Динамическая модель процесса ректификации жидкого воздуха представляет собой систему нелинейных дифференциально-алгебраических уравнений, не допускающих ее аналитического решения. В связи с этим решение задачи находили численными методами с применением вычислительной среды MatLab/Simulink (решатель ode 15s).

Статические характеристики процесса разделения воздуха, в том числе гидравлическое сопротивление контактных устройств, в модельной колонне с 10 ситчатыми тарелками рассчитывали методом установления.

Результаты расчетов гидравлического сопротивления тарелок ректификационной колонны получения азота с исходными данными соответствующими [4] представлены на рис. 1.

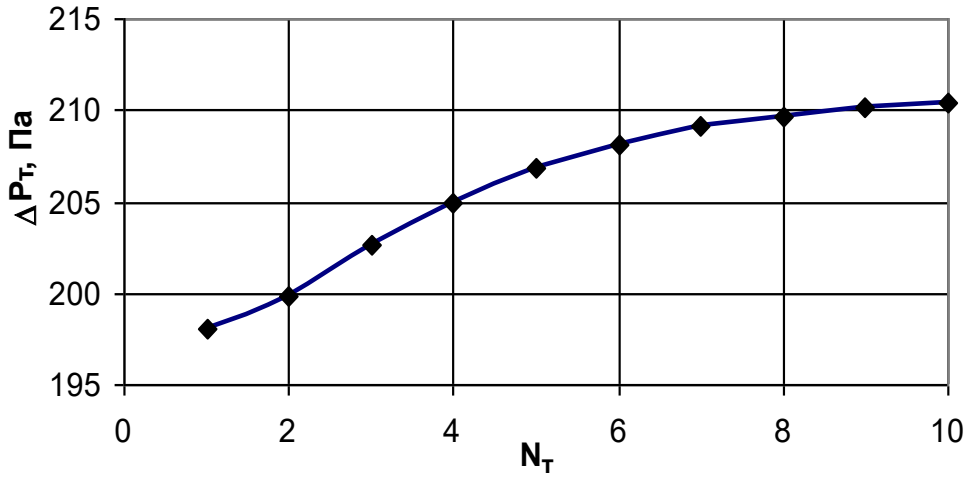


Рисунок 1 – Изменение гидравлического сопротивления тарелок по высоте колонны получения азота

Анализ показывает, что падение давления на нижней тарелке меньше чем на верхней примерно на 6 %, что связано с особенностью предложенной методики, позволяющей учитывать изменение как расхода флегмы, так и пара по высоте ректификационного аппарата. Полученные данные отвечают физической сущности процессов, происходящих в колонне разделения воздуха.

Разработанный программный комплекс дает возможность определять в ректификационной колонне перепад давления на тарелках без уточнения начальных условий по их гидравлическому сопротивлению, что упрощает расчеты и сокращает время вычислений.

Библиографический список

1.Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования / И.А. Александров. – М: Химия, 1971. – 296 с.
2. Григорьев В.А. Тепло- и массообменные аппараты криогенной техники / В.А. Григорьев, Ю.И. Крохин. – М.: Энергоиздат, 1982. – 312 с.
3. Алексеев В.П. Расчет и моделирование аппаратов криогенных установок / В.П. Алексеев, Г.Е. Вайнштейн, П.В. Герасимов. – М.: Энергоиздат, 1987. – 280 с.
4. Ряжских В.И. Стабилизация функционирования воздухоразделительной установки малой производительности в азотном режиме / В.И. Ряжских, А.М. Кокарев, М.И. Слюсарев // Труды Академэнерго. – 2019. – №3. – С. 52-70.
5. Хвостов А. А. Расчет коэффициента относительной летучести смеси азот-кислород по экспериментальным данным / А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, М.И. Слюсарев, А.А. Воробьев // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: матер. VI Междунар. науч.-техн. конф. / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2017. – С. 987-991.

УДК 629.7.064.5:681.5

Анализ систем диагностирования и контроля работоспособности современных электроагрегатов

Смыр Р.Р., Зобов П.В., Тади Марк Ян Крис Роди
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: В настоящий момент контроль электроагрегатов производится оператором визуально по приборам с большой периодичностью и малой точностью. Все это не дает возможность судить о работоспособности системы электроагрегата в каждый момент времени в процессе ее функционирования. Данная задача контроля основных параметров системы переменного трехфазного тока в установившихся режимах уже сейчас может быть решена путем создания устройства текущего автоматического контроля.

Abstract: At the moment, the control of electric units is carried out by the operator visually on the devices with greater frequency and low accuracy. All this does not make it possible to judge the performance of the electric unit system at any time during its operation. This task of monitoring the main parameters of the three-phase alternating current system in steady-state modes can already be solved by creating a device for current automatic control.

Ключевые слова: технические средства автоматического контроля и диагностирования, системы переменного трехфазного тока, последовательный поиск неисправностей.

Keywords: technical means of automatic control and diagnostics, systems of alternating three-phase current, sequential troubleshooting.

Обеспечение эксплуатации электроагрегатов предлагает разработку и осуществление комплекса мероприятий по обеспечению надежной работы и сохранению техники с момента поступления их на предприятия и до выхода в плановый ремонт и списание [3].

Обеспечение качества эксплуатации электроагрегатов, невозможно без широкого использования технических средств автоматического контроля и диагностирования [2].

В настоящий момент контроль электроагрегатов производится оператором визуально по приборам с большой периодичностью и малой точностью. Все это не дает возможность судить о работоспособности системы электроагрегата в каждый момент времени в процессе ее функционирования.

В настоящее время актуальной задачей для электроагрегатов при их эксплуатации является текущий автоматический контроль работоспособности электроэнергетического модуля. Такой контроль должен осуществляться в процессе работы агрегата на борту воздушного судна. Отсутствие текущего контроля изначально повышает вероятность питания потребителей воздушного судна некачествен-

ной электрической энергией и, как следствие, уменьшает вероятность безотказной работы самолетного оборудования [1].

Данная задача контроля основных параметров системы переменного трехфазного тока в установившихся режимах уже сейчас может быть решена путем создания устройства текущего автоматического контроля, способного оперативно определить выход напряжения и частоты за нормы, предусмотренные ГОСТ, а также предоставить статическую информацию о количестве таких отклонений в процессе эксплуатации электроагрегатов. Последнее, в свою очередь, позволяет судить о техническом состоянии электроагрегата.

Наибольшее функциональные возможности такой системы контроля можно реализовать с помощью современных микроконтроллеров (МК).

Основное назначение автоматического контроля и диагностирования состоит в повышении надежности объектов на этапе их эксплуатации. Повышение надежности обеспечивается улучшением этих показателей, как коэффициент готовности, коэффициент технического использования, время восстановления работоспособного состояния, а также ресурс или срок службы и наработка до отказа или наработка на отказ для резервированных объектов с восстановлением [4].

Автоматизация процессов может быть произведена на базе автоматических систем контроля (АСК), предназначенных для контроля работоспособности и диагностирования различных объектов.

Контроль работоспособности объекта и диагностирование его состояния могут проводиться только для объектов, которые обладают следующими свойствами:

- могут находиться, по крайней мере, в двух взаимоисключающих и различных состояниях: работоспособном и неработоспособном, т. е. в состоянии отказа;

- могут быть расчленены на функциональные элементы, каждый из которых, так же как и объект в целом, может одновременно находиться в одном из вышеуказанных различных состояний.

Основные задачи, решаемые АСК при контроле работоспособности электроагрегатов и его диагностировании, аналогичны, но не идентичны. Контроль работоспособности и диагностирование объекта могут осуществляться как путем логической обработки последовательно поступающих от источников АСК результатов измерений в контрольных точках объекта, так и на основе одновременно вводимой АСК информации о состоянии его различных элементов.

Основным режимом контроля диагностирования целостности системы является последовательный поиск неисправностей, а другой – режима параллельного или комбинированного поиска.

Последовательный поиск может проводиться в гибкой или жесткой программе.

Жесткой программой называют заданную последовательность контроля выходных параметров функциональных элементов объекта, не зависящую от того, который из них отказал.

Гибкая программа предусматривает изменение последовательности контроля выходных параметров функционирования элементов объекта в зависимости от то-

го, какой из них отказал. Это изменение осуществляется на основе логической обработки результатов контроля каждого выходного параметра.

В цифровых системах эти процессы реализуются в виде цифровой информации. Аналого-цифровые системы всю информацию о состоянии объекта принимают и обрабатывают в смешанной аналого-цифровой форме и обладают большими возможностями, чем аналоговые.

В отличие от АСК с жесткой программой поиска отказов АСК, реализующая гибкую программу диагностирования, имеет следующие преимущества:

- возможность реализации оптимальной гибкой программы технической диагностики состояния объекта;

- возможность применения унифицированных логических элементов цифровой техники.

Строго говоря, такой встроенный контроль должен осуществляться не только в установившихся, но и, что очень важно, в переходных динамических режимах.

Аналоговые АСК, осуществляющие контроль и программу поиска отказов, могут быть построены как на датчиках-преобразователях, так и на пороговых датчиках. Наиболее простое решение получается в последнем случае. Каждый из пороговых датчиков Д1, Д2, …, Дm встроен в объект контроля (АЭА) в выбранной контрольной точке т осуществляет допусковый контроль соответствующего параметра ЭЭС.

Если контролируемый сигнал находится в поле допуска, то датчик выдает высокий потенциал (логическую единицу «1»), в противном случае низкий потенциал (логический «0»).

На рис. 1 показана структурная схема аналоговой автоматической системы контроля.

В процессе работы электроагрегата на нагрузочный стенд (НС) непрерывно контролируются основные выходные параметры, определяющие его работоспособность. Пока параметры находятся в норме, устройство логической обработки (УЛО) выдает на индикаторное устройство (ИУ) сигнал «Все исправно». Генератор имитационных сигналов (ГИС) включается устройством УЛО для обеспечения контроля тех параметров, появление которых возможно только при подаче на вход соответствующего блока или элемента специальных сигналов. Схемы самоконтроля преобразуют опорное напряжение от источника опорного напряжения ИОН в сигналы, имитирующие Д1, Д2, …, Дm при исправном объекте и различных отказах его функциональных элементов.

Вследствие широкого применения специальной автомобильной техники в Воздушно-космических силах Российской Федерации, боевая готовность авиационных частей и подразделений во многом зависит от технического состояния средств аэродромно-технического обеспечения полетов авиации. В ходе данной статьи удалось повысить некоторые параметры контроля и диагностирования авиационного электрогагрегата. В заключение хочется сказать, что при помощи простых и недорогих устройств, и применении современных технологий, мы повышаем готовность специальной техники, а именно электроагрегатов.

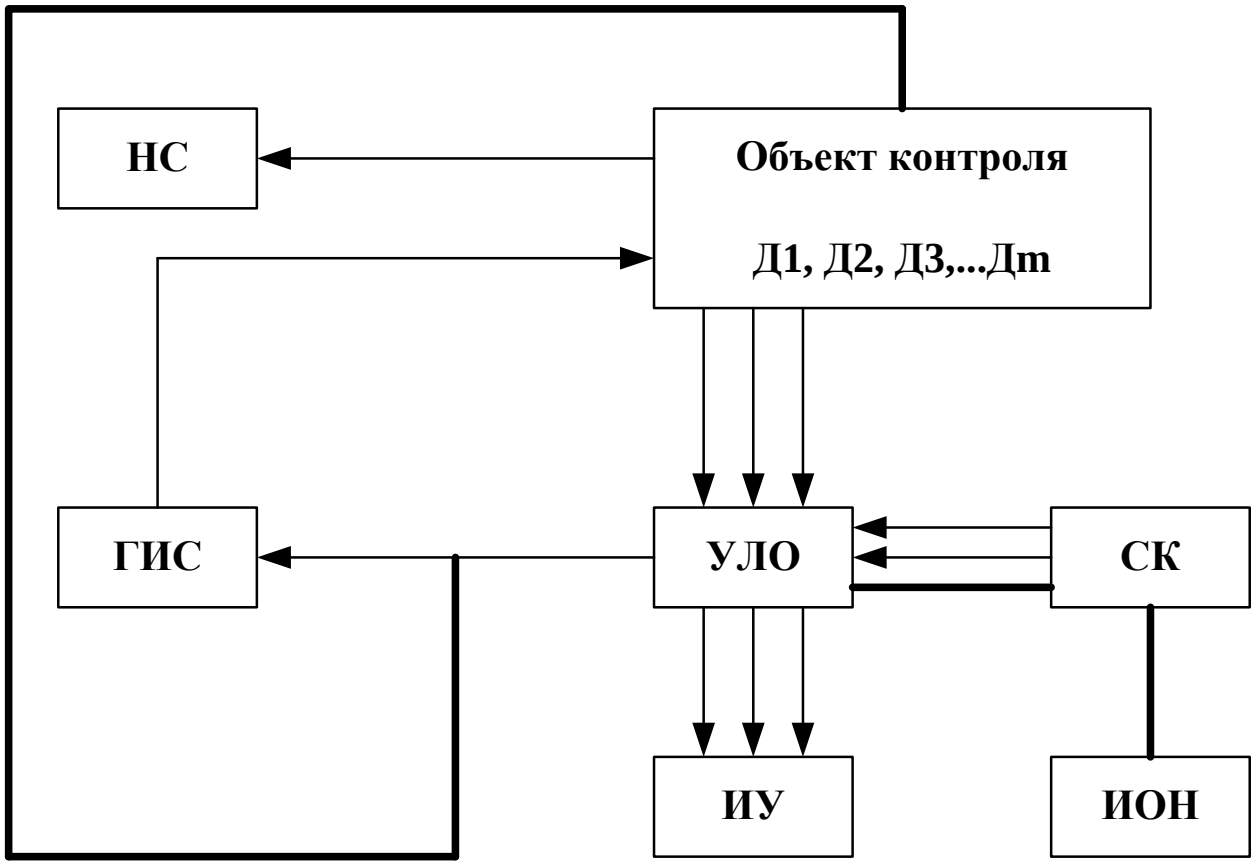


Рисунок 1 – Структурная схема аналоговой системы контроля

Библиографический список

1. Щербаков В.Н. Электроэнергетические системы / В.Н. Щербаков, А.А. Косенко. – Воронеж: ВВАИИ, 2005.
2. Косенко А.А. Средства обеспечения энергией, электропреобразовательные агрегаты / А.А. Косенко, В.Н. Щербаков. – Воронеж: ВАИУ, 2008.
3. Платонов А.А. К вопросу обеспечения конкурентоспособности путевой техники / А.А. Платонов // В сборнике: Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения. Материалы Международной научно - практической конференции. 2015. С. 123-127.
4. ГОСТ 54073-2010 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2010 г. № 727-ст: введен впервые: дата введения 2011-01-01 01 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт стандартизации и унификации» (ФГУП «НИИСУ»), Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования» (ФГУП «НИИАО»). – М: Стандартинформ, 2011

УДК 658.5

Адекватное эффективное описание образов множества регулярных объектов электротехнического оборудования

Спиридонов Е.Г.[1], Рясков Н.Н.[2], Рыжков А.А.[2]
[1]*Ростовский государственный университет путей сообщения*
[2]*ВУНЦ ВВС «ВВА»*

Аннотация: Изучение формальных аспектов задачи контроля объекта производства на основе сравнения с эталоном обнаружило необходимость создания универсальной модели описательных языков, образ сложных объектов электротехнических объектов можно описать иерархическими структурами информации, содержащейся в каждом образе во множестве непроизводных элементов, представленных в рамках точного формализма.

Abstract: The study of the formal aspects of the task of controlling the production object based on comparison with the standard revealed the need to create a universal model of descriptive languages, the image of complex objects of electrical objects can be described by hierarchical structures of information contained in each image in a set of non-derived elements presented within the exact formalism.

Ключевые слова: электротехническое оборудование, образ сложных объектов, этап синтеза образов объекта, задача распознавания состояния объекта.

Keywords: electrical equipment, the image of complex objects, the stage of synthesis of object images, the problem of recognizing the state of the object.

По существу, нам всегда задано множество объектов производства и эксплуатации, которые составляют электротехническое оборудование сложных изделий авиационной техники (АТ). Каждый объект этого оборудования описывается чертежами и набором схем различного назначения с использованием сложных инженерных графических языков, доступных лишь для специалистов узкой квалификации и процессами (технологиями) их построения. В тоже время, все объекты этого оборудования имеют один общий характеристический признак - электрические схемы связей различного уровня (Э1, Э2, Э3, Э4), которые являются основой инженерного представления функций регулярных объектов электротехнического оборудования (ЭТО).

Одним из ключевых моментов является адекватное эффективное (краткое) описание образов множества регулярных объектов ЭТО, которое придает им форму, удобную для применения методов решения задач контроля состояния. С формальных позиций, необходим синтез модели образов объектов производства и эксплуатации и ее анализа для построения процессора логической системы оценивания - распознавания состояний. Распознавание представляется формой «сравнение с эталоном», заданным технической документацией как электрическая сеть - множество цепей из непроизводных элементов и связей между ними, представляющих исходный объект - эталон.

Изучение формальных аспектов задачи контроля объекта производства на основе сравнения с эталоном обнаружило необходимость создания универсальной модели описательных языков, образ сложных объектов ЭТО можно описать иерархическими структурами информации, содержащейся в каждом образе в множестве непроизводных элементов, представленных в рамках точного формализма. Эти элементы - основные элементы образов объектов и обеспечивают адекватность их описания на некотором конкретном языке в виде регулярных выражений для решения определенной частной задачи. При этом, во-первых, эти элементы должны быть относительно простыми и компактными образами, во-вторых, должны содержать информацию, необходимую для решения конкретных задач. Семантическая информация для разных постановок задач, даже при одних и тех же исходных данных, требует выбора разных непроизводных элементов, из которых строятся различные конфигурации - подобразы.

При синтезе образов из класса объектов ЭТО непроизводные элементы заданы спецификацией к его принципиальной схеме. С позиций структурного подхода каждый из образов, в зависимости от решаемой задачи, может быть представлен либо абстрактными символами (список символов, формальным или естественным языком), либо конкретными образующими, определенными в некоторой среде, т.е. подобразами.

Для структурного описания объекта ЭТО через подобразы - непроизводные элементы, конфигурации, изображения из них - был предложен синтаксический подход. Непроизводные элементы объекта ЭТО, полученные из спецификации, и их описание в рамках точного формализма, не образуют представление полного образа. Этот этап анализа изображения любого объекта (принципиальной схемы) ЭТО позволяет выполнить синтез примитивной сети, в соответствии с терминологией Г.Крона, с конкретным набором непроизводных элементов - образующих объекта.

Дальнейший этап синтеза образов объекта ЭТО связан с предварительной обработкой его принципиальной схемы. В частности, заполнение разрывов между образующими математически описывается тензором соединений или тензором преобразования C^{a}_{a}, и обратным ему $A^{\wedge}$ (оба содержат компоненты +1, -1, 0), т.е. ветви примитивной сети с помощью этих тензоров превращают примитивную сеть в множество графов, соответствующих заданному набору ветвей - сети объекта.

Такое определение сети позволяет использовать методы теории графов для решения ряда структурных задач, распознавания образов (состояний). В тоже время понятие теории сетей и понятие двойственности сети позволяют более эффективно анализировать процессы в сетях, отражающих их состояние [1].

При организации ТП ФК задача распознавания состояния объекта производства состоит в структурном сравнении построенного на базе оценок состояний множества цепей (конфигураций, изображений) образа этого объекта X с праобразом объекта Y, который задан (построен) заранее, являющимся «эталоном», алгоритм которого реализован программой с необходимым, желательно минимальным «алгоритмическим количеством» информации [68, 97]. Про-

грамма должна иметь не одну структуру. Она должна иметь, во-первых, лингвистические и знаковые структуры и, во-вторых, кодированные отображения либо структур объектов X и Y, тогда запись выполняет функции для модели результата процесса, приводящего к построению образа объекта СК, либо структуры процесса сравнения с праобразом объекта Y (эталона), представленных системой упорядоченных множеств (X, <),(Y, >) - упорядоченных пар, каждая из которых является функцией, соответственно fx) и fy) для цепи из X-x и Y-y. В рамках введенных выше понятий, обозначение f'(x) и f'(y) будем рассматривать как сокращение для f'[{x}] и f'[{y}] - множествaf-образов цепей x или y. Для операции сравнения или оценивания вводим f функцию, определенной на множестве X, со значениями в множестве Y или в символическом виде:

$$f.X \rightarrow Y \qquad (1)$$

Для оценивания соответствия образа X (множества цепей) образу Y введем понятие взаимно-однозначной функции, которая отображает f следующим образом:

$$f(x) = fy) \text{ влечет } x = y. \qquad (2)$$

Ввиду полной симметричности картины, возникающей при взаимно-прозрачном отображении множества X на Y, будем утверждать, что в случае (1) взаимно-однозначное соответствие между X и Y или он находятся во взаимно-однозначном соответствии, либо наоборот, в случае

$$fx) \text{ ФК} y) \text{ влечет } x \neq y. \qquad (3)$$

Эта процедура устанавливает является ли этот образ, состоящий из множества цепей, соответствующих множеству цепей эталона, описанным на одном и том же языке по одним и тем же правилам, или нет.

Синтаксический подход к распознаванию образов дает возможность описывать большое множество сложных объектов ЭТО путем использования небольшого множества образующих, из которых построены их конфигурации (цепи) и изображения из них, как множество конфигураций, которые определяют действительный объект производства или эксплуатации.

Объекты ЭТО очень богаты структурной информацией и задача распознавания состояния требует для их классификации, описания и сравнения создания базы данных для различных цепей. В этом случае необходим синтаксический подход. Однако их подобразы содержат мало информации о поведении объектов ЭТО, что требует синтаксического анализа множества сложных цепей - подобразов, т.е. их поведения, построенных в рамках универсальной модели. На этом уровне система распознавания состояний (образов) использует дискриминантный подход, реализуемый на базе теории двойственных сетей 1, 2]. Систему синтаксического распознавания образов (состояний) и, как следствие, объектов производства и эксплуатации ЭТО, можно считать состоящей из пяти частей (рис. 1).

Решение задачи структурного представления эталона объекта ЭТО, имеющего существенное структурное содержание, требует использования методов теории формальных языков для компактного представления этих объектов образами, лежащими в основе их синтаксического анализа.

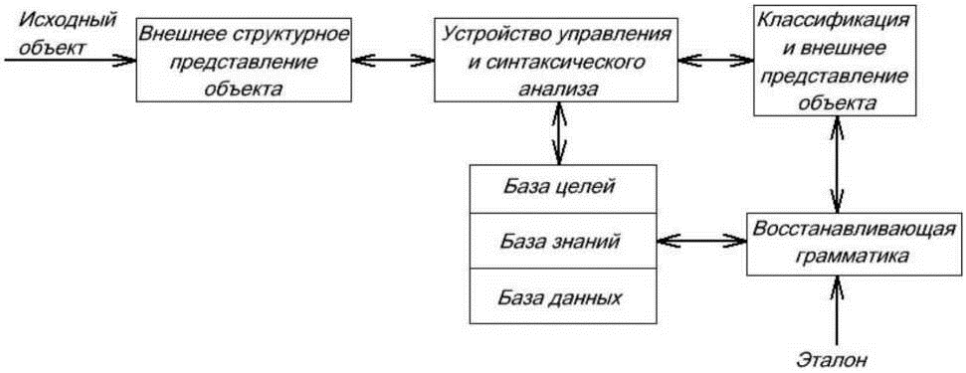


Рисунок 1 – Структурная схема системы оценивания состояний объектов ЭТО

Это существенно связано с предварительной предобработкой его принципиальной схемы в процессе технологической подготовки, которая включает операции кодирования, если они не представлены в цифровой форме и функции улучшения представления объекта в виде структуры языкового вида. Представление его как регулярного множества и нахождения регулярных выражений, обозначающее это множество, делает обработку в последующих блоках более эффективной за счет формального описания объекта, которое допускает сжатое представление и использование различного типа описаний на основе применения хорошо разработанного математического аппарата для решения задач улучшения качества представления объекта для распознавания его состояния.

Для постановки задач структурного представления объектов оценивания на основе синтаксических методов в работе в качестве универсальной модели описательного языка использован один из видов двухмерных грамматик - грамматика Пфальца и Розенфельда [2], порождаемые четверкой:

$$G = (V_N, V_T, P, S), \quad (4)$$

где V_T – множество непосредственных элементов - образующих (реле, контакторы, блоки и т.п.), V_N – множество вспомогательных элементов связи, S - множество узлов соединения электрических проводников, P – множество выводов.

Правило подстановки имеет вид:

$$\alpha \rightarrow \beta, E, \quad (5)$$

α и β – вебы, т.е. графовые сети, E - описание погружения β.

В частности, будет использована бесконтекстовая графовая грамматика, порождающая множество сильных компонент графа G = (X, L) (модулей), где L - соответствие, которое показывает, как между собой связаны вершины X и множество цепей с элементами (образующими).

Библиографический список

1. Прилепский В.А. Контроль состояния и диагностирование неисправностей авиационных электросистем и пилотажнонавигационных комплексов / В.А. Прилепский, А.Н. Коптев. – Самара: Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2011. – 102 с.
2. Фу К. Структурные методы в распознавании образов / К. Фу, пер. с англ. - М.: Мир, 1977. – 320 с.

УДК 658.5. + 004.94

Подтверждение достоверности технических и функциональных характеристик заявленных изготовителями средств измерений

Спиридонов Е.Г.[1], Золоторев Е.В.[2], Лещенко М.Н.[2]
[1]*Ростовский государственный университет путей сообщения*
[2]*ВУНЦ ВВС «ВВА»*

Аннотация: При разработке и распространении программных продуктов часто возникает потребность в документальном подтверждении соответствия программ исходным алгоритмам с целью обеспечения их правильности работы. Разработка методов и технических средств для испытаний программного обеспечения является одой из основных задач, решаемых метрологами всех стран.

Abstract: When developing and distributing software products, there is often a need to document the compliance of programs with the original algorithms in order to ensure their correct operation. The development of methods and technical means for software testing is one of the main tasks solved by metrologists in all countries.

Ключевые слова: программные продукты, экспертная оценка, программа испытаний, метод оценки.

Keywords: software products, expert evaluation, test program, evaluation method.

Достоверность технических и функциональных характеристик заявленных изготовителями средств измерений подтверждается при проведении государственных испытаний. В процессе государственных испытаний кроме традиционных проводятся исследования свойств программ, в результате которых определяются и оцениваются их количественные характеристики [1].

При разработке и распространении программных продуктов часто возникает потребность в документальном подтверждении соответствия программ исходным алгоритмам с целью обеспечения их правильности работы.

Аттестация алгоритмов и программ в области законодательной метрологии, где для средств измерений имеются специальные обязательные требования, является обязательной. Разработка методов и технических средств для испытаний программного обеспечения является одой из основных задач, решаемых метрологами всех стран [2].

Программное обеспечение автоматизированных метрологических комплексов подлежит обязательной аттестации.

Порядок проведения экспертной оценки программного обеспечения, являющегося функциональной частью средств измерений, используемых в области метрологии, и отвечающего за его метрологические характеристики должен определяться программой испытаний программного обеспечения.

Подобная программа испытаний должна содержать два раздела [3]:

I. Испытание программного обеспечения (ПО) в составе автономного прибора целевого назначения;

II. Испытание прикладного ПО, размещаемого на жестких носителях и работающего под управлением определенной операционной системы, например, DOS, Windows, Linux, и др.

I. Испытание ПО в составе автономного прибора целевого назначения

Автономным прибором является любое средство измерений, имеющее строго установленный набор измерительных функций, причем преобразование измеряемой величины и обработка результатов измерений выполняется только с использованием внутренних аппаратных и программных средств. Можно выделить несколько степеней жесткости испытаний.

1. Низкая жесткость испытаний ПО.

1.1. Изучение эксплуатационной документации. Проверка наличия в эксплуатационной документации описания области и ограничений по использованию ПО включая раздел технического обслуживания и устранения возможных сбойных ситуаций.

Метод оценки: ознакомление с документацией по вопросам, касающимся правильной работы с прибором и ПО.

1.2 .Изучение схемы пломбировки прибора и доступных пользователю интерфейсов. Оценка риска вмешательства в настройки прибора и ПО, включая использование для этой цели имеющихся интерфейсов.

Метод оценки: Непосредственное выполнение указанных мероприятий.

2. Средний уровень защиты ПО.

2.1-2.2. как при низкой жесткости испытаний ПО

2.3. Проверка работы ПО в нестандартных и критических ситуациях, проверка наличия средств учета изменений в ПО (например, счетчиков и журналов событий).

Метод оценки: открытие исполняемых файлов с помощью текстовых редакторов и других средств работы с жестким диском Внесение изменений в определенные файлы ПО.

2.4. Проверка возможности идентификации версии ПО или версии используемых микросхем (АЦП и др.).

Метод оценки: практическая проверка.

2.5. Проверка наличия средств экстренного сохранения данных (энергонезависимая память).

Метод оценки имитация ситуации, требующей восстановления данных измерения.

2.6. Проверка защиты внешних интерфейсов для активизации измерительных операций и связи с периферийными устройствами.

Метод оценки: ознакомление с технической документацией на используемые интерфейсы. Оценка риска вмешательства в работу прибора через его интерфейсы.

3. Высокая жесткость испытаний ПО

3.1-3.6 как при низкой и средней жесткости испытаний ПО

3.7. Ознакомление с использованными методами защиты программ и измерительной информации (например, криптография, электронная подпись) и оценка их достаточности.

Метод оценки: ознакомление с документацией. Проверка полноты ссылок на использование стандартов и других нормативных документов.

3 8 .Проверка доступности операций по перепрограммированию микросхем.

Метод оценки: ознакомление с документацией. Проверка полноты ссылок на использование стандартов и других нормативных документов.

II. Испытание прикладного ПО

Прикладное ПО, размещаемое на жестких носителях и работающее под управлением определенной операционной системы, работает либо в составе измерительной системы, либо объединяет в систему простые автономные приборы ПО может размещаться на жестких носителях, расположенных как внутри, так и отдельно от самого прибора. При отсутствии протоколов испытаний простых автономных приборов работающих с испытываемым ПО, они должны пройти испытания в соответствии с вышеописанном порядком. ПО испытывается только с прибором, для которого оно было разработано.

Можно выделить несколько степеней жесткости испытаний

1. Низкая жесткость испытаний прикладного ПО.

1.1 Проверка наличия и ознакомление с эксплуатационной документацией Проверка наличия в эксплуатационной документации описания ограничений по использованию ПО, включая раздел технического обслуживания и устранения возможных сбойных ситуаций.

Метод оценки: ознакомление с документацией по вопросам, касающимся правильной работы с прибором и ПО.

1.2. Проверка схемы защиты аппаратных средств, работающих с ПО и внешних интерфейсов Оценка степени риска вмешательства в настройки аппаратных средств и использования для этой цели имеющихся интерфейсов.

Метод оценки: визуальное ознакомление со схемой защиты аппаратных средств и конструктивными особенностями, предотвращающими неавторизированный доступ к регулируемым элементам

2. Средняя жесткость испытаний прикладного ПО.

2.1-2.2. как при низкой жесткости испытаний ПО.

2.3. Проверка соответствия программного интерфейса описанию, приведенному в эксплуатационной и технической документации.

Метод оценки: ознакомление с документацией и сверка с испытываемым ПО (включая операции по установке ПО).

2.4. Проверка наличия функций вывода информации о версии ПО.

Метод оценки: вызов информации о версии ПО.

2.5 .Определение метрологических характеристик средства измерений с программным обеспечением.

Метод оценки: указан в протоколе испытаний средства измерений.

2.6. Определение соответствия измерительных функций, выполняемых программным обеспечением, технической документации (Руководство пользователя и др.).

Метод сценки: выполнение измерения с использованием программного обеспечения. Имитация стандартной измерительной задачи.

2.7. Экспертная оценка однозначности и ясности функций, заложенных в программное обеспечение, включая реакцию ПО на запрещенные и неправильно выполняемые действия оператора.

Метод оценки: ознакомление с технической документацией на программное обеспечение Практическое выполнение отдельных операции.

2 8. Подтверждение корректности работы всех аппаратных интерфейсов.

Метод оценки: ознакомление с технической документацией по работе интерфейсов

2.9. Оценка необходимости дополнительных испытании ПО при внесении изменений, критических для работы ПО в законодательно контролируемых целях. Метод оценки: ознакомление с документацией. Практическая проверка отдельных операций.

2.10. Проверка работы ПО в нестандартных и критических ситуациях проверка наличия средств учета изменении в ПО (например, счетчиков и журналов событий).

Метод оценки: открытие исполняемых файлов с помощью текстовых редакторов и других средств работы с жестким диском Внесение изменений в определенные файлы ПО. Просмотр регистрации изменении.

2.11. Проверка средств экстренного сохранения данные измерений.

Метод оценки: имитация ситуации требующей восстановления данных измерения.

2.12 Проверка работы режимов ПО и одновременной работы ПО с несколькими отдельными приложениями.

Метод оценки: практическая проверка.

2.13. Проверка реакции ПО и (или; прибора на внесения изменении в исполняемые файлы и файлы конфигурации или изменение значений перепрограммируемы) микросхем.

Метод оценки: внесение изменении в один или несколько файлов критических для работы ПО. Удаление или перемещение файлов. Перепрограммирование микросхем.

2.14 .Проверка защищенности измерительных данных при записи их на жесткие носители (шифрование).

Метод оценки: ознакомление с документацией. Открытие временных файлов с данными с помощью текстовых редакторов.

2.15. Проверка защищенности данных передаваемых по локальным информационным сетям.

Метод оценки: ознакомление с документацией.

2.16. Проверка работы ПО при некорректном подключении прибора, при непредумышленном отключении прибора с ходе измерительной операции, при внесении изменений в метрологические важные файлы программы.

Метод оценки: манипуляции в отношении интерфейса прибора, имитирующие неправильное подключение. Выключение ПК из сети. Удаление или перемещение файлов из папки, в которую была произведена установка ПО.

2.17. Проверка защищенности ПО от несанкционированных изменении настраиваемых параметров.

Метод оценки: практическое ознакомление с методами защиты ПО (применение паролей, электронных ключей и др.).

2.18 .Проверка идентификации ПО в отчетных документах, содержащих результаты измерении и выдаваемых конечному потребителю.

Метод сценки: вызов функции ПО по выводу информации на печать. Сравнение сведении о версии ПО и идентификации измерений.

3.Высокая жесткость испытании ПО.

3.1.-3.18. как при низкой и средней жесткости испытаний ПО.

3.19. Проверка корректности работы ПО при получении значений, выходящих за рамки допустимого диапазона.

Метод оценки: ознакомление с технической документацией на программное обеспечение. Практическое выполнение отдельных операций.

3.20. Проверка исходного кода ПО на соответствие алгоритмам получения и обработки результата измерений, а также проверка правильности разделения частей ПО на законодательно контролируемые и неконтролируемые части.

Метод оценки: ознакомление с алгоритмами и описанием на программное обеспечение.

3.21. Ознакомление с использованными методами защиты программ и измерительной информации (например, криптография, электронная подпись) и оценка их достаточности.

Метод оценки: ознакомление с документацией. Проверка полноты ссылок на использование стандартов и других нормативных документов.

Таким образом, аттестация программного обеспечения автоматизированных метрологических комплексов представляет собой комплекс мероприятий, направленных на осуществление всесторонней проверки аттестуемого программного обеспечения. По результатам аттестации составляется заключение, в котором указывается степень соответствия программ исходным алгоритмам.

Библиографический список

1. Беляев И.П. Проектирование автоматизированных систем /И.П. Беляев. – М: 2009.
2. ГОСТ 8.508-84. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля. – М: Изд-во стандартов, 2002. – 35 с.
3. Зайцев А.А. Разработка гибкой автоматизированной системы контроля технического состояния токораспределительных комплексов воздушных судов при обслуживании и ремонте: дис. ... канд. техн. наук: 05.07.07 / Зайцев Александр Анатольевич. – Самара: 2006.

УДК 658.5. + 004.94

Построение управляющих автоматов при проектирование систем логического управления

Спиридонов Е.Г.[1], Рясков Н.Н.[2], Рыжков А.А.[2]
[1]*Ростовский государственный университет путей сообщения*
[2]*ВУНЦ ВВС «ВВА»*

Аннотация: Бортовое электротехническое оборудование летательных аппаратов представляет собой комплекс последовательностных машин, который может рассматриваться в виде конечных автоматов. Такое устройство характеризуют входные переменные, которые представляют собой воздействия на систему и выходные переменные, характеризующие поведение данной системы,

Abstract: On-board electrical equipment of aircraft is a complex of sequential machines, which can be considered in the form of finite state machines. Such a device is characterized by input variables that represent the effects on the system and output variables that represent the values that characterize the behavior of this system,

Ключевые слова: бортовое электротехническое оборудование, теория конечных автоматов, функциональный контроль, методы построения проверяющих тестов

Keywords: on-board electrical equipment, theory of finite state machines, functional control, methods of constructing testing tests

Бортовое электротехническое оборудование летательных аппаратов (ЭТО ЛА) представляет собой комплекс последовательностных машин, который может рассматриваться в виде конечных автоматов (набора конечных автоматов), так как автомат, значения выходов (Z) которого зависят не только от значений входов (X) в данный момент времени, но и от его состояния, называется последовательностным (многотактным), или автоматом с памятью [1]. Такое устройство характеризуют входные переменные, которые представляют собой воздействия на систему и выходные переменные, представляющие собой те величины, характеризующие поведение данной системы, которые интересует исследователя, промежуточные переменные сосредоточены внутри устройства и отражают текущее состояние под воздействием входных величин. В практике контроля и испытаний состояния ЭТО аналитической основой является теория конечных автоматов и ее раздел - мысленные эксперименты Мура, применение которых позволяет классифицировать состояние объекта испытаний и, как следствие, построить процесс оценки состояния в виде диаграммы теста [2].

Существующие методы построения тестов (генерирование, отбор и их моделирование) на прямую не применимы не только для бортовых систем, как больших систем, например, систем электроснабжения, но и для электросборок большого размера. Объект контроля, с общих позиций, представляет собой сложную композицию отдельных элементов, объединенных принципиальной

электрической схемой, как правило, называемых в рамках теории конечных автоматов, однотактными или многотактными. При этом, большие проблемы контроля таких автоматов связаны с их размерностью. Решение этих проблем позволяет построить последовательностный тест - процедуры оценки состояния отдельных фрагментов, например, электросборки, а затем производить, используя методы и средства интегральной оценки качества объекта и контроля и испытаний, т.е. оценки степени пригодности быть элементом системы [3].

Попытка создания эффективных программ функционального контроля больших и сложных многотактных и комбинаторных схем обнаруживает общность основных подходов и методов, базирующихся на автоматных языках и конечных автоматах, машинах Тюринга и линейно ограниченных автоматах, которые дают удовлетворительные решения задачи синтеза программы контроля и испытаний для сравнительно небольших схем, решения, включающие, во-первых, команды сброса, во-вторых, последовательность простых управлений входами, в-третьих, набор простых управлений для обнаружения неисправности в последовательностной схеме путем введения измерительных процедур, позволяющих синтезировать образ неисправности [4].

Продвижение в направлении решения этой проблемы для задач логического управления объектом по заданной программе имеет особую важность в связи с большой ответственностью их решения для многих объектов управления, например, для систем электроснабжения или силовых установок ЛА, а предпосылки для такого продвижения определяются наличием развитого математического аппарата теории автоматов.

Для создания автоматизированной системы контроля на производстве необходимо пользоваться достаточной широкой теоретической базой в области теории автоматов, так как она наиболее тесно связана с теорией алгоритмов: автомат преобразует дискретную информацию по шагам в дискретные моменты времени и формирует результат по шагам заданного алгоритма, а также теорией решения задач для автоматического управления системой контроля в различных ситуациях. С помощью теории решения задач вырабатывается стратегия управления, т. е. с самого начала решается, какое управление следует использовать в каждой из ситуаций всякий раз, когда эта ситуация возникнет. Если дана некоторая ситуация, то стратегия диктует выбор соответствующего управления. Новая ситуация, которая при этом возникнет, будет зависеть от возмущения, сопряженного с этим управлением. Затем стратегия порождает новое управление для этой ситуации, и процесс повторяется. Одним из классов систем управления являются системы логического управления. Специфика таких систем состоит в том, что в них входные X и выходные Z переменные могут принимать только два значения - 0 и 1 [5].

При проектировании систем логического управления одним из важнейших вопросов является построение управляющих автоматов. Применение микропроцессорных средств в системах этого класса приводит к необходимости разработки методов программной реализации таких автоматов. На базе этих методов может быть создана технология алгоритмизации и программирования задач логического управления. Объекты ЭТО в зависимости от своих свойств обла-

дают различным поведением, которое должно быть описано. Таким образом, до построения системы должна быть построена подробная технологическая схема объекта с указанием всех точек контроля и управления.

Методы построения проверяющих тестов для систем, поведение которых описывается автоматами, являются модификациями W-метода [6].

Диагностический тест относительно заданной области неисправности можно определить как конечное множество входных последовательностей такое, что любые два неэквивалентных автомата из области неисправности реагируют на последовательности диагностического теста по-разному.

Для последовательностных машин методы построения тестов разработаны значительно хуже, что объясняется трудностями, возникающими из-за неопределенности начального состояния и состязаний сигналов. Как правило, точные методы построения тестов используют модель абстрактного конечного автомата. Достоинством методов, использующих эту модель, является высокая степень полноты контроля неисправностей. Поскольку методы, основанные на теории экспериментов с автоматами, позволяют проверять неисправности, приводящие к любому изменению таблицы переходов - выходов исправного устройства, то класс проверяемых неисправностей оказывается очень широким. К недостаткам этих методов следует отнести большую длину получаемых тестов вследствие широты класса проверяемых неисправностей, необходимость построения автоматной модели устройства, что само по себе является непростой задачей, и, кроме того, невозможность использования информации о структуре устройства.

Библиографический список

1. Коваленко Ю.В. Задачи декомпозиции сложных электротехнических объектов / Ю.В. Коваленко // XIII Королевские чтения: Международная молодежная научная конференция. 6-8 октября, 2015 г. – Самара: Издательство СГАУ, 2015. – С. 150-153
2. Коптев А.Н. Синтез систем диагностического управления техническим состоянием бортовых комплексов оборудования летательных аппаратов [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / А.Н. Коптев, А.В. Кириллов, А.Н. Тихонов. – Самара: Изд-во СГАУ, 2012. - 293 с.
3. Лепский А.Е. Математические методы распознавания образов [Текст]: [курс лекций] / А.Е. Лепский, А.Г. Броневич. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.
4. Куратовский К. Теория множеств / К. Куратовский, Л. Мостовский. – М: МИР, 1970. – 416 с.
5. Мясникова Ю.В. Концепция синтеза систем информации, оценки и управления состоянием объектов электротехнического оборудования / Ю.В. Мясникова, А.Н. Коптев, С.Ж. Куртаев // Актуальные проблемы современной науки: сборник статей XI Международной научной конференции, Актобе: Принт-А, 2017. – С. 259-263.
6. Ф.И. Перегудов Введение в системный анализ / Ф.И Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М: Высшая школа, 1989. – 360 с.

УДК 658.5.

Решение задачи разработки новых программ контроля бортового электрооборудования

Спиридонов Е.Г.[1], Золоторев Е.В.[2], Турко Е.Е.[2]
[1]Ростовский государственный университет путей сообщения
[2]ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: Конкретный алгоритм при процедуре контроля и испытаний при определенном наборе элементарных операторов и допустимом множестве исходных данных задается структурой электрической сети, все блоки которой выражены через элементарные, базисные операторы. Конкретная реализация алгоритма задается значениями исходных данных и параметров, входящих в описание операторов.

Abstract: A specific algorithm for the control and testing procedure for a certain set of elementary operators and an acceptable set of initial data is given by the structure of the electrical network, all blocks of which are expressed in terms of elementary, basic operators. The specific implementation of the algorithm is defined by the values of the source data and parameters included in the description of the operators.

Ключевые слова: сложные объекты электротехнического оборудования, алгоритм, программы контроля, программно-аппаратных средства.

Keywords: complex objects of electrical equipment, algorithm, control programs,software and hardware.

Исследования сложных объектов электротехнического оборудования (ЭТО) как систем базируется на системном подходе. При исследовании технического состояния объектов ЭТО системный подход должен быть осуществлен на следующих принципах [1].

1. Любая исследуемая система должна рассматриваться как совокупность взаимосвязанных элементов, подсистем (субсистем).

2. Любая система должна рассматриваться, с одной стороны, как подсистема в системе более высокого уровня (надсистеме, суперсистеме), а с другой, как совокупность образующих ее (входящих в нее) подсистем (субсистем) и элементов.

3. Исследование любой системы требует анализа всех ее свойств и взаимосвязей.

4. При исследовании системы описание ее элементов должно вытекать из задач самой системы и задач ее исследования.

С учетом указанных принципов системного подхода можно выстроить определенный алгоритм решения проблем, в том числе применительно к организации процедур контроля ЭТО. Для разработки эффективных алгоритмов введем ряд понятий, которыми будем оперировать в дальнейшем в работе.

Алгоритм - набор инструкций, описывающих порядок действий исполни-

теля для достижения результата решения задачи за конечное число действий, при любом наборе исходных данных. В старой трактовке вместо слова «порядок» использовалось слово «последовательность», но по мере развития параллельности в работе компьютеров слово «последовательность» стали заменять более общим словом «порядок». Это связано с тем, что работа каких-то инструкций алгоритма может быть зависима от других инструкций или результатов их работы. Таким образом, некоторые инструкции должны выполняться строго после завершения работы инструкций, от которых они зависят.

Конкретный алгоритм при процедуре контроля и испытаний при определенном наборе элементарных операторов и допустимом множестве исходных данных задается структурой электрической сети, все блоки которой выражены через элементарные, базисные операторы. Конкретная реализация алгоритма задается значениями исходных данных и параметров, входящих в описание операторов.

Для оценки алгоритмов существует много критериев. Больше всего интересует порядок роста необходимых для решения задачи времени и емкости памяти при увеличении входных данных. Мне хотелось бы связать с каждой конкретной задачей некоторое число, называемое ее размером, которое выражало бы меру количества входных данных. Например, размером задачи умножения матриц может быть наибольший размер матриц-сомножителей. Размером задачи о графах может быть число ребер данного графа.

Алгоритмы декомпозиции жизненного цикла проблем были разработаны крупными специалистами в области системного анализа, такими как С.Л. Оптнер, С. Янг, Н.П. Федоренко, С.П. Никаноров, Ю.И. Черняк, эти алгоритмы в обобщенном случае включают этапы выявления и анализа проблемы, определения и выбора альтернатив, принятия и реализации решения [2].

Алгоритм ликвидации проблемы по И.Ю. Чернякову выглядит наиболее подходящим для применения системного подхода к задачам решения проблемы контроля и испытаний ЭТО. Модель решения этой проблемы, с общих позиций, включает алгоритм, который охватывает следующие этапы решения задач:

1. Анализ проблемы
2. Определение системы
3. Анализ структуры системы
4. Формирование общей цели и критерия
5. Декомпозиция цели, выявление потребности в ресурсах, композиция целей
6. Выявление ресурсов, композиция целей
7. Прогноз и анализ будущих условий
8. Оценка целей и средств
9. Отбор вариантов
10. Диагноз существующей системы
11. Построение комплексной программы развития
12. Проектирование организации для достижения целей

С учетом приведенного выше алгоритма устранения проблемы и того, что класс объектов, которые мы рассматриваем, представляет собой электросборки, построенные преимущественно на релейно-контактных и полупроводниковых элементах, можно представить алгоритм проектирования программы контроля в виде последовательности следующих действий:

1) формирование математической модели электросборки по описанию объекта контроля;

2) формирование групп обмоток реле с одинаковым управлением;

3) разбиение объекта контроля на простые цепочки и классификация цепей на цепи управления и монтажные цепи;

5) анализ цепей управления и формирования для них входных управляющих воздействий;

6) анализ монтажных цепей;

7) синтез общей программы контроля из ПК отдельных цепей;

8) формирование управляющих воздействий.

Для проведения контроля необходимо наличие программы контроля и программно-аппаратных средств (операционной системы), с помощью которых эта программа будет взаимодействовать с объектом контроля. Под программным обеспечением системы автоматического контроля понимается совокупность систем алгоритмов и программ, предназначенных для решения задач организации основного процесса коммутации контролирующих цепей к генераторам стимулирующих сигналов, измерительным и командно-логическим устройствам контроля и управления правильным функционированием и автоматизации технического обслуживания.

Решение задачи разработки новых программ контроля бортового электрооборудования безусловно повысит эффективность функционирования систем функционального контроля. Отсутствие скрытых дефектов и неисправностей является одним из важнейших компонентов эффективного производства, для этого на этапе производства необходимо обеспечить высокую достоверность и объективность контроля с применением САПР. В соответствии с ГОСТ 23501.101-87 САПР - организационно-техническая система, входящая в структуру проектной организации и осуществляющая проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проектирования. В совокупности автоматизированные системы контроля (АСК) и САПР программ контроля решают поставленные перед нами задачи и позволяют: обеспечить объективность контроля и исключить субъективный фактор; снизить трудоемкость испытаний и контроля; сократить время проведения испытаний и контроля; исключить ошибки операторов и технологов, составляющих программы контроля; исключить или учесть дефект допусков; автоматизировать процесс исключения инструментального и методического риска изготовителя и риска заказчика; автоматизировать процесс контроля и испытаний от конструкторской документации до испытательного стенда; автоматизировать процесс документирования; автоматизировать режим рабочего и тестового диагностирования при этих испытаниях; собрать информацию о состоянии дел для верхнего уровня автоматизированной системы проведения испытаний.

Библиографический список

1. Александровская Л.П. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / Л.И. Александровская, А.П. Афанасьев. А.А. Лисов. – М: Логос, 2001.
2. Воробьев В.Г. Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы / Воробьев В.Г., Глухов В.В., Кадышев И.К. – М: Транспорт, 1992. – 399 с.

УДК 658.5. + 004.94

Решение задачи установления отношений между изображениями, полученными в идеальных условиях и реальными изображениями

Спиридонов Е.Г.[1], Рясков Н.Н.[2], Черных М.А.[2]
[1]*Ростовский государственный университет путей сообщения*
[2]*ВУНЦ ВВС «ВВА»*

Аннотация: Одной из центральных задач контроля объектов электротехнического оборудования является выявление его свойств, заданными его принципиальной схемой, и препятствовать осуществлению связей других видов, например, несоответствие проводимости или параметров сопротивления изоляции.

Abstract: Important to take into account that one of the central tasks of monitoring objects of electrical equipment is to identify its properties specified by its schematic diagram, and to prevent the implementation of other types of connections, for example, mismatch of conductivity or insulation resistance parameters.

Ключевые слова: организация процессов на производстве, объект функционального контроля, технологический процесс, технологическая подготовка

Keywords: organization of production processes, object of functional control, technological process, technological preparation

При организации процессов на производстве важно учитывать, что одной из центральных задач контроля объектов электротехнического оборудования (ЭТО) является выявление его свойств, т.е. определения внутренней способности объекта поддерживать при определенных условиях связи одних видов (как правило, это наличие электрической цепи), заданными его принципиальной схемой, и препятствовать осуществлению связей других видов, например, несоответствие проводимости или параметров сопротивления изоляции, в целом образующих класс свойств объекта.

При подготовке производства основным предметом исследования является решение задачи установления отношений между изображениями, полученными в идеальных условиях (отражающих «эталон») и реальными изображениями, учитывающими преобразования идеального образа в реальный с помощью механизма деформаций (изменений), вводящего основные виды неисправностей в идеальные изображения, которые приводят к качественному скачку в проявлении свойств объекта, т.е. что позволяет ввести меру оценки состояния объекта. При этом любую комбинацию свойств объекта, определяемую тем или иным видом деформации (введением неисправностей определенного вида) объекта с их заданными свойствами в определенных пределах внешних условий назовем *состоянием* объекта, а совокупность состояний, возможных при различных видах неисправностей областью возможных состояний качества [1].

Таким образом, если зафиксировать перечень изображений объекта в определенных условиях, описывающих его состояния при определенных неис-

правностях, то, естественно, резко уменьшиться перечень возможных свойств объекта и их комбинаций. Эти свойства образуют только подобласть области возможных состояний объекта.

Поскольку в дальнейшем рассмотрению подлежат вопросы ФК объектов ЭТО, то речь идет о различных аспектах проблемы отражения. Условимся процесс изменения состояний ОФК, как следствия воздействия на него активной части СФК - стимулятора, называть *отражением.* Результат отражения есть образ, который является результатом прямых воздействий и реакции на них. Сам процесс отражения, если результатом является образ, будем называть *отображением.*

Образ, прообраз, праобраз (программа) как отображения представляют собой результаты сложных опосредований, которые существенно связаны с методами решения специфических задач распознавания состояний или образов. Все это требует решения специальных задач, которые распадаются на пространственные, временные, внутренние, внешние и другие.

Специализация этих видов отображений заключается в том, что по мере функционирования ОФК в роли отражающего многообразие допустимых прообразов сужается. Основой специализации служит возможность существования таких неисправностей (деформаций), которые определяются на основе однократности воздействий за счет изменений внутреннего состояний СФК и многократности отображения свойств ОФК за счет внутренних изменений в СФК с их обусловленными характеристиками ОФК.

На основе таких действий, базирующихся на прообразе (программа воздействий на ОФК), его реакций и внутренних реакций СФК возникает образ, представляющий состояние ОФК.

Прообраз (прогнозирование) в комплексной системе «ОФК - СФК» строится на базе двух форм: в форме алгоритма в СФК (намерения к действию) до акта прямого взаимодействия СФК (отражающего объекта) с активной частью ОФК (отражаемого) и в форме реализации алгоритма после возникновения реакции этой части, которая реализуется за счет внутренних информационно-энергетических возможностей СФК. Эта часть увеличивается после деформации образа за счет прообраза подобия СФК - ОФК, в рамках которого достигается цель - создание объекта, отвечающего требованиям документации.

В рамках введенных выше понятий и определений для решения задач различных аспектов проблемы отражения, которые реализуются в системе «СФК - ОФК», с общих позиций, представляющих отражающий объект (СФК) и отражаемый объект (ОФК), примем для кратности называть, как правило, человеко-машинную систему СФК термином *«интерпретатор»,* а ОФК - просто *«объект».* Объекты будем обозначать большими буквами А, В, С и т.д.

Для решения частных задач любые компоненты, составные части объектов будем обозначать буквами X, Y, P, и будем использовать терминологию и обозначения теории множеств в трактовке Р. Столла с соответствующей интерпретацией при решении тех или иных прикладных задач.

Так как в актах отражения для нас важны свойства ОФК (отражаемые объекты) и их частей в той мере, в какой результатом отражения является навязы-

вание свойств отражаемых объектов (ОФК) отражающему объекту (интерпретатору), то не будем проводить различия между свойствами и носителями свойств при обозначении их с помощью букв. Во избежание различных видов двусмысленности будет использована соответствующая трактовка того или иного понятия в конкретной задаче. При формализации сложных систем и процессов, в частности, при контроле их состояний, возникают задачи, в которых число связей измеряется сотнями, тысячами и многими тысячами, и для решения необходимо разбить большую задачу на ряд задач меньших размерностей.

Членение объекта на части и разбиение его свойств на группы может осуществляться различными способами, среди которых нас будут интересовать прежде всего две разновидности - с «пересечением» и без «пересечения». В первом случае, если при различных взаимодействиях с активными частями одного и того же объекта используются обе части для выявления состояния активной части объекта, то они перекрываются, т.е. есть общее, например, электрические цепи, используемые для оценки состояния общие компоненты.

В тоже время могут встречаться и два самостоятельных объекта, которые не имеют общей части, принадлежащей им обоим. Эту ситуацию будем определять, как части объекта без пересечения.

В случае оценки состояния ОФК нас не будут интересовать физические процессы, протекающие в СФК, но моменты начала и окончания этих процессов, возникновение результатов, например, наличие и состояние электрических цепей, т.е. определение структуры связей на основе элементарных актов, отраженных в прообразе целостного сложного события, представляющем интерес с точки зрения оценивания состояния (формирование механизма отражения) - все это необходимо представить в виде описаний, использующих описательный язык для синтеза прообраза, образа и прообраза, в соответствии с введенными выше понятиями.

Ниже мы введем основные понятия, связанные с эффективным описанием задач функционального контроля.

При решении задач контроля как проблем логического управления в заданной среде необходимо наличие образа реального объекта контроля. Этот образ определяется на базе технической документации, системы автоматизированного контроля и испытаний с соответствующим набором технических средств, реализующих методы контроля и испытаний. Управление ими осуществляется с помощью программы контроля - в рамках логического управления, реализуемого СФК, которая построена для преобразования формальных алгоритмов в физические воздействия и оценки реакций на эти воздействия, существенно связанных со структурой ОФК.

Для полного, детального понимания поставленных задач оценки и оценивания ОФК уточним понятия и определения, связанные с решением установленных проблем.

Таким образом, под *объектом функционального контроля* в настоящей работе будем понимать реальный объект электротехнического производства и эксплуатации, характеризуемый составом и структурой, состоящих из множества функциональных элементов и связей. Под множеством элементов будем

понимать совокупность определенных и различимых между собой элементов объекта и особых компонент структуры - связей. Функционирование объекта ЭТО существенно связано с его функциями в бортовой системе, т.е. решаемыми им логическими и функциональными задачами, которые определяют процессы, протекающие в нем.

Описание в данной работе связано с адекватным описанием задачи, которая придает ей форму, удобную ля применения методов решения конкретной задачи. Современный уровень развития структурных методов распознавания образов (состояний) позволяет получить точные и математически корректные модели образов, представляющих множество объектов определенного класса.

Класс объектов, элементы которого должны быть описаны, определяется задачей оценки и оценивания состояния ОФК. Эта задача существенно связана с распознаванием элементов образов из этого класса. Тогда основная задача сводится к следующей: «Дан класс образов, создать описательный язык, который допускает краткие, удобные описания вех образов из этого класса.

Образ (модель) объекта контроля и испытаний определен в работе как множество заданных непроизводных элементов (образующих), различных для определенных задач, соединенных по заданным правилам, приводящих к типичным регулярностям, существенно связанных с объектом.

Наиболее общей моделью рассматриваемых электротехнических систем, агрегатов и устройств ЭТО является принципиальная схема, адекватным отображением которой, в свою очередь, является электрическая сеть соединений между элементами их схемы. *Сетью* в данном случае будем называть техническую структуру, состоящую из элементов, соединенных в определенных точках одномерными элементами - проводниками. Воздействия на элементы накладываются вдоль этих проводников на узлы соединений элементов. Понятие обобщенной сети, как множества особых компонентов - связей элементов, и протекающих в них токов является по сути отражением физических процессов в этой сети, включающей все ее элементы и ветви, соединяющие их. Одномерная сеть (1-сеть) определяется набором ветвей. Ветви представляют собой одномерные отрезки и могут соединяться нульмерными границами - узлами. В общем случае ветвь представляет собой граф [2]. Соединения и разъединения ветвей суть преобразования структуры сети, при этом количество узлов и ветвей может меняться, что позволяет сделать ее универсальной моделью объекта.

При решении задач проектирования ПК для бортового ЭТО необходимыми этапами исследования являются *синтез и анализ* моделей реальных объектов для решения специфических задач. Синтез направлен на получение оптимальных описаний ОФК, т.е. модели, адекватно отображающей его принципиальную схему для решения комплекса задач, определения текущих параметров и показателей качества функционирования - реакции на возмущения, отображающие состояние объекта. Процедура синтеза заключается в построении подмножества моделей электрических цепей (конфигураций) ОК из непроизводных элементов, множество которых представляет структуру объекта в целом, т.е. построении его изображения в целом. Полученная модель положена в основу анализа объекта для целей контроля и испытаний. Процедура анализа

направлена на расчленение синтезированной модели на составные части и исследование их по отдельности как части расчлененного целого.

Технологический процесс понимается как часть авиастроительного производства, совокупность операций, направленных на изменение формы и размеров деталей, их свойств, внешнего вида, а также сборка отдельных деталей и узлов в готовое изделие, проверка функционирования и соответствия изделий конструкторской документации и техническим условиям [3].

Технологическая подготовка производства представляет собой совокупность мероприятий, обеспечивающих на производстве наличие полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, которые необходимы для производства объектов ЭТО установленного качества. Технологическая подготовка новых объектов включает решения ряда задач: обеспечение технологичности конструкции объектов ЭТО; разработка технологических процессов и методов их контроля; проектировка и изготовление технологической оснастки и нестандартного (специального) оборудования; организация и управление процессом технологической подготовки.

Обеспечение технологичности конструкции изделия включает мероприятия, направленные на повышение производительности труда, достижение оптимальных материальных затрат и сокращение времени на производство, в том числе и на операции ФК и ремонт изделия в дальнейшем.

Последующие термины, которые необходимо пояснять в рамках решения конкретных задач, будут введены и определены по ходу описания их и методов решения.

Таким образом, содержательная теория задач и их решений в работе включает в себя теорию представления, т.е. теорию эффективных описаний объектов производства и эксплуатации на всех этапах их жизненного цикла и описательных языков этих этапов. Она должна также включать в себя точные модели синтеза и анализа объектов (моделирование объектов и процессов функционирования и их алгоритмизацию) и теорию решения конкретных задач (модели задач и методов решений), т.е. теорию описаний для их представления в виде, в котором они необходимы на различных этапах распознавания их состояний (образов), определяющих в целом их качество.

Библиографический список

1. Бенерджи Р. Теория решения задач. Подход к созданию искусственного интеллекта. Пер.с англ. С.П. Чеботарева, под ред. Ю.В. Буркина. – М: МИР, 1972. – 224 с.
2. Воробьев В.Г. Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы / В.Г. Воробьев, В.В. Глухов, И.К. Кадышев. – М: Транспорт, 1992. – 399 с.
3. Александровская Л.П. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / Л.И. Александровская, А.П. Афанасьев. А.А. Лисов. – М: Логос, 2001.

УДК 658.5

Уровни подготовки и структура производства электротехнического оборудования

Спиридонов Е.Г.[1], Лазарев С.В.[2], Лоскутов М.Н.[2]
[1]*Ростовский государственный университет путей сообщения*
[2]*ВУНЦ ВВС «ВВА»*

Аннотация: Структура производства электротехническое оборудования включает несколько уровней подготовки производства: конструкторская и технологическая подготовка, которые относятся к информационной поддержке производства, организационная подготовка и производство, состоящее из этапов сборки, монтажа и контроля. Сквозной для всех стадий является организация и реализация технологических процессов организации технологического контроля на производстве

Abstract: The structure of production of electrical equipment includes several levels of production preparation: design and technological training, which relate to the information support of production, organizational training and production, which consists of the stages of assembly, installation and control. End-to-end for all stages is the organization and implementation of technological processes of the organization of technological control in production

Ключевые слова: электротехническое оборудование, летательные аппараты, контроль электрических параметров, организация производства.

Keywords: electrical equipment, aircraft, control of electrical parameters, organization of production.

Современное производство авиастроительных предприятий представляет собой сложный многоуровневый комплекс взаимосвязанных систем. Структура производства электротехнического оборудования (ЭТО) включает также несколько уровней подготовки производства: конструкторская и технологическая подготовка, которые относятся к информационной поддержке производства, организационная подготовка и производство, состоящее из этапов сборки, монтажа и контроля. Сквозной для всех стадий является организация и реализация технологических процессов организации технологического контроля на производстве Сложность этих процессов заключается в большой размерности систем ЭТО летательного аппарата (ЛА) и агрегатов, входящих в них.

Современные ЛА характеризуются насыщенностью блоков и устройств электронного и электротехнического оборудования, объединенных тысячами связей, общая протяженность которых составляет до 150-200 км в рамках реализации сетевых связей. В состав ЭТО ЛА в зависимости от назначения каждого его элемента входит три основные группы:

1) основные, вспомогательные и аварийные (первичные) источники электрической энергии - система генерирования электрической энергии, гене-

раторы, системы регулирования, управления и защиты, преобразователи, вторичные источники электрической энергии;

2) система передачи и распределения энергии;

3) потребители электрической энергии.

В частности, во вторую группу входят:

а) электрическая (бортовая) сеть, включающая отдельные провода и жгуты электрических проводов;

б) аппаратура коммутации, управления и защиты;

в) распределительные устройства;

г) контрольно-измерительные приборы для наблюдения за режимом работы электрической системы летательного аппарата;

д) монтажное и установочное оборудование (разъемы, распределительные устройства, пульты и т.п.).

Как видно, ЭТО ЛА включает в себя множество устройств, предназначенных для передачи энергии от источников к потребителям, управления их работой и защиты ЭТО от перегрузок и пр. (распределительные устройства, коммутационные устройства, электрические щитки, электрожгуты). Особенностями конструкции распределительных устройств являются низкая степень унификации и высокая плотность монтажа (рис. 1).

а) б)

Рисунок 1 – Объекты контроля. Электросборка
а) Приборная панель; б) Щиток заправки топливом

При создании каждого нового изделия необходимо учитывать параметры энергопотребления, геометрические характеристики размещения блоков аппа-

ратуры на изделии. Большинство конструкций распределительных устройств и других элементов имеет индивидуальное конструктивное исполнение. Контроль электрических параметров электрожгутов проводится после того, как проведутся все подготовительные работы, работы по изготовлению и установке и выполняются на специальных стендах. Контроль правильности электрических соединений предполагает определение электромонтажных дефектов, например, обрывов, перепутывания или короткого замыкания. Такая проверка осуществляется подачей на вход цепи контрольного сигнала и регистрации его на выходе, что при текущих способах контроля и испытаний может занимать достаточно много времени [1].

Статистика отказов бортовых систем и авионики ЛА показывает, что 15-20% всех отказов приходится на электронные блоки, а 80-85% на всю электрокоммутационную сеть, исполнительные устройства, коммутационные элементы и другие элементы ЭТО ЛА. Поиск дефектов, возникающих во время эксплуатации в ЭТО ЛА, занимает значительное время. Отсутствуют современные методы и средства оценки технического состояния для решения задач упреждающего обслуживания, являющегося перспективным с точки зрения эффективной эксплуатации. Суть проблемы заключается в следующем: при изготовлении, техническом обслуживании, ремонте и проведении регламентных работ проверяется функциональная работоспособность систем, блоков, элементов и других компонент авионики. При этом существующие регламентирующие материалы, технологические процессы, производственные инструкции не предусматривают комплексную проверку работоспособности и диагностику технического состояния каждого элемента, блока, системы или пилотажнонавигационного комплекса в целом с целью определения гарантированного срока службы и наработки на отказ. Таким образом, каждый элемент или группа элементов, выполняющих определенную функцию, контролируемые современными техническими средствам по существующим технологиям, могут гарантировать свои технические характеристики после контроля только с определенной вероятностью.

В традиционной производственной структуре достаточно хорошо организована поточная часть производства, которая включает в себя непосредственно технологические процессы по производству и установке изделий. Но также были выявлены определенные недостатки в процедурах контроля, в том числе необходимость наличия специалистов высокой квалификации (рис. 2).

Рисунок 2 – Традиционная схема организации производственной системы функционального контроля объектов

Так как эффективное решение задач зависит от квалификации специалиста и уровня оснащенности отдела контроля, то необходимость присутствия специалиста высокой квалификации (со знанием работы сложных объектов и операционной системы) оказывает влияние человеческого фактора на этом этапе, приводит к большим временным затратам, необъективности контроля. Процесс организован таким образом, что анализ схемы электросборки и написание программы контроля (ПК) полностью возлагается на человека (инженера- системотехника).

Таблица 1

Анализ проблем и традиционной схемы организации производства

Разработка полного набора тестов обнаружения неисправностей агрегатов БЭС. Размерность задачи (на примере самолета Ту-204)	- 297 сложных БЭС бортового комплекса оборудования - 1485 агрегатов БЭС (РК, РЩ, ПУ) - более 100 000 электрических цепей различной сложности - время обработки одного входа цепи 15-20 мин
Предварительная обработка агрегатов с целью улучшения их качества для дальнейшей обработки как объекта функционального контроля	- размерность задачи 11880 нормочасов - время решения около 297 рабочих недель
Оценивание технического состояния объекта функционального контроля через множество модульных сетей (подобразов) для обнаружения синтаксических отношений внутри модулей разбиения объекта	- размерность задачи приблизительно 9150 нормочасов - время решения задачи для цепочки - 5 минут
Конструирование последовательности тестов для проверки цепочек, представляющих отдельные подобразы образа объекта функционального контроля (модульная сеть) как программы операций (совмещение функций результата и программы операций контроля и испытаний	- размерность задачи - 2n, n - число входов Структура управляющих воздействий, определяющих состояния объектов ФК, устанавливающих совместно с ОС существование объектов с одинаковыми свойствами
Организация рабочих программ (выбор необходимых структур данных и механизмов управления для выполнения программы для реализации различных свойств языка) операционной системы производственного комплекса	Структурное и функциональное понимание организации взаимосвязи компонентов БЭС, их действия и взаимодействия в операционном комплексе

В качестве исходных данных используется техническая документация, на основе которой инженер формирует ПК, проводит отработку программ с учетом возможностей операционной системы и производит контроль объектов на наличие неисправностей (автоматизированная система контроля), после этого происходит установка на ЛА. Эти этапы являются трудоемкими, требуют больших затрат по времени на создание ПК и не исключают вероятность ошибок, так как электросборка - это сложный объект, включающий в среднем более сотни цепей различных конфигураций (с набором сложных элементов) и описывается десятком листом спецификаций. Из практики известно, что для анализа схемы электросборки и составления программы контроля высококвалифицированный специалист может затратить в среднем 40 и более часов в зависимости от сложности объекта [2].

Анализ проблем и изучение традиционной схемы организации производства выявили необходимость существенного развития методов и средств оценивания состояния объекта.

Проведенные исследования стадий производства ЭТО выявили ряд существенных проблем, связанных с организацией процессов.

Стадия конструкторской производственной подготовки: проблемы связаны с общим представлением информации для целей контроля качества.

Стадия технологической производственной подготовки: проблемы связаны с глубоким анализом объектов производства для эффективного описания и построения программ контроля.

Стадия организационной производственной подготовки: четко не сформированы механизмы контроля, отсутствует четкая организации контроля качества.

Каждая из проблем характеризуется высокой сложностью задач, обобщенно представленных в табл. 1.

Библиографический список

1. Прилепский В.А. Проблемы и методы решения задач контроля и испытаний бортовых кабельно-жгутовых сетей автономных объектов / В.А. Прилепский, И.В. Прилепский, А.А. Миненков // Известия СНЦ РАН. – 2016. – № 3. – С. 54-60.
2. Прудников В.А. Методика системного проектирования комплекса средств технологического оснащения для испытаний агрегатов систем управления ракетно-космической техники на этапе производства дис. ... канд. техн. наук : 05.07.02, 05.07.07 / Прудников Виталий Анатольевич. – М: 2006. – 156 с

УДК 658.5 + 004.94

Эффективность процесса производства и качество подготовки исходных данных для проведения тестирования

Спиридонов Е.Г.[1], Канишев А.С.[2], Лоскутов М.Н.[2]
[1]*Ростовский государственный университет путей сообщения*
[2]*ВУНЦ ВВС «ВВА»*

Аннотация: Основным стандартом качества в области инженерии программного обеспечения в настоящее время является стандарт ISO/IEC 9126. Общий подход к моделированию качества программного обеспечения заключается в том, чтобы сначала идентифицировать небольшой набор атрибутов качества самого высокого уровня абстракции и затем в направлении «сверху вниз» разбить эти атрибуты на наборы подчиненных атрибутов.

Abstract: The main quality standard in the field of software engineering is currently the ISO/IEC 9126 standard. A common approach to software quality modeling is to first identify a small set of quality attributes at the highest level of abstraction and then, in a top-down direction, break these attributes down into sets of subordinate attributes.

Ключевые слова: источники ошибок, методы проектирования надежного программного обеспечения, методы предупреждения ошибок, программная избыточность, информационная избыточность, временная избыточность

Keywords: error sources, reliable software design methods, error prevention methods, software redundancy, information redundancy, time redundancy

При разработке программного обеспечения автоматизированных измерительных комплексов встает вопрос об оценке качества программного обеспечения (ПО) [1]. Основным стандартом качества в области инженерии программного обеспечения в настоящее время является стандарт ISO/IEC 9126. Он определяет номенклатуру, атрибуты и метрики требований качества программного обеспечения. Относительно недавно этот стандарт стал одним из определяющих факторов при моделировании качества программного обеспечения и остаётся им до сих пор. В дополнение к нему выпущен набор стандартов ISO/IEC 14598, регламентирующий способы оценки этих характеристик. В совокупности они образуют модель качества, известную под названием SQuaRE (Software Quality Requirements and Evaluation).

Общий подход к моделированию качества программного обеспечения заключается в том, чтобы сначала идентифицировать небольшой набор атрибутов качества самого высокого уровня абстракции и затем в направлении "сверху вниз" разбить эти атрибуты на наборы подчиненных атрибутов. Стандарт ISO/IEC 9126 является типичным примером такого подхода.

В рамках модели SQuaRE выделяются следующие шесть основных характеристик качества.

1. *Функциональность* (точность, согласованность, безопасность, пригодность). Функциональные требования традиционно составляют основной предмет спецификации, моделирования, реализации и аттестации программного обеспечения. Они формулируются в виде утверждений в императивной модальности, описывающих поведение системы. Использование формальных методов позволяет довести уровень отклонения фактического поведения системы от требуемого практически до нуля. Это достигается путем выражения функциональных требований в виде предложений подходящих формальных исчислений, так что верификация сводится к строгому доказательству.

2. Надежность (устойчивость, завершенность, восстанавливаемость). Показатели надежности характеризуют поведение системы при выходе за пределы штатных значений параметров функционирования по причине сбоя в окружении либо в самой системе. При оценке атрибутов надежности применяются методы теории вероятностей и математической статистики. Требования к надежности особенно важны при разработке критических систем обеспечения безопасности жизнедеятельности. Хотя использование формальных методов способствует снижению количества внутренних ошибок (т.е. росту завершенности системы), обеспечение надежности в целом требует специальных подходов, учитывающих специфику различных типов систем.

3. *Удобство* (эффективность освоения, эргономичность, понимаемость). Соответствие системы требованиям к удобству чрезвычайно трудно поддается оценке. Предлагаемые подходы включают замеры расхода нормативных единиц труда (нормо-часов), затрачиваемого пользователями на овладение системой, а также проведение и анализ экспертных оценок, в том числе с применением методов нечеткой логики. В контексте использования формальных методов наилучшим решением представляется изначальная ориентация на формализмы, способные максимально точно отразить структуру исходной предметной области. Например, при создании вычислительных систем критерием адекватности формализма с точки зрения будущего пользователя является поддержка абстрактного математического языка, не зависящего от концептуальных ограничений, накладываемых компьютерными технологиями.

4. *Эффективность*(по ресурсам и по времени). Атрибуты эффективности традиционно относятся к числу важнейших количественных показателей качества программных систем. Их значения подлежат фиксации в эксплуатационной документации к программным и аппаратным изделиям. Имеется высокоразвитый инструментарий для измерения этих значений. Разработаны также методики, позволяющие прогнозировать интегральные значения показателей эффективности системы исходя из значений этих показателей для компонентов самой системы и ее окружения. Выбору формальных методов обеспечения эффективности следует уделять особое внимание. При этом следует иметь в виду, что, хотя имеется тесная взаимосвязь между производительностью и ресурсоемкостью, подходы к обеспечению каждого из этих требований в общем случае имеют различную природу.

5. *Сопровождаемость* (простота анализа, изменяемость, стабильность, проверяемость). Требования к сопровождаемости направлены в первую очередь

на минимизацию усилий по сопровождению и модернизации системы, затрачиваемых эксплуатационным персоналом. Для их оценки используются различные методики прогнозирования затрат на выполнение типовых процедур сопровождения. Интегральная стоимость сопровождения долгоживущих систем может существенно превышать стоимость их разработки. Сопровождение существенно упрощаются в случае, когда разработка велась с использованием формальных методов, поскольку имеется в определенном смысле исчерпывающий комплект технологической документации и проверочных тестов.

6. *Переносимость* (адаптируемость, согласованность со стандартами и правилами, гибкость инсталляции, заменяемость). Переносимость системы характеризует степень свободы в выборе компонентов системного окружения, необходимых для ее функционирования. Оценка переносимости затрудняется принципиальной незавершенностью, динамичностью списка возможных вариантов окружения, обусловленной быстрым прогрессом в сфере информационных технологий. Системы, разрабатываемые с использованием формальных методов, как правило, отличаются высоким уровнем переносимости. В частности, если такая система не поддерживает некоторую целевую технологическую платформу, создание «клона» реализации ее абстрактной модели с использованием целевых средств программирования требует существенно меньших затрат, чем замена самой системы либо платформы.

Модель качества, создаваемая в рамках данного стандарта, определяется общими характеристиками продукта. Характеристики же в свою очередь могут быть уточнены, другими словами, иерархично разбиты на подхарактеристики качества. Так, например, характеристика сопровождаемости может быть представлена такими подхарактеристиками как простота анализа, изменяемость, стабильность, проверяемость.

И, наконец, нижний уровень иерархии представляют непосредственно атрибуты программного обеспечения, поддающиеся точному описанию и измерению. Требования качества в свою очередь могут быть представлены как ограничения на модель качества. Оценка качества продукта в таком случае происходит по следующей схеме. Вначале оцениваются атрибуты программного изделия. Для этого выбирается метрика и градируется шкала оценки в зависимости от возможных степеней соответствия атрибута накладываемым ограничениям. Для каждой отдельной оценки атрибута градация обычно выбирается заново и зависит от требований качества, накладываемых на него. Набор «измеренных» атрибутов представляет собой критерий для оценки подхарактеристики и характеристик, и как результат качества продукта в целом.

Одной из самых серьезных проблем программного обеспечения является его низкая надежность. Поскольку программное обеспечение по самой своей природе ненадежно, его тестирование и сопровождение требует постоянных существенных расходов [2].

Приведем ставшее уже классическим определение основных понятий надежности ПО [1]: в программном обеспечении имеется ошибка, если оно не выполняет того, что пользователю разумно от него ожидать; отказ программного обеспечения - это появление в нем ошибки; надежность программного обес-

печения - есть вероятность его работы без отказов в течении определенного периода времени, рассчитанного с учетом стоимости для пользователя каждого отказа.

Из данных определений следуют выводы:

– Надежность программного обеспечения является не только внутренним свойством программы.

– Надежность программного обеспечения - это функция как самого ПО, так и ожиданий (действий) его пользователей.

Основными причинами ошибок программного обеспечения являются [3]:

– Большая сложность ПО, например, по сравнению с аппаратурой ЭВМ.

– Неправильный перевод информации из одного представления в другое на макро- и микроуровнях. На макроуровне, уровне проекта, осуществляется передача и преобразование различных видов информации между организациями, подразделениями и конкретными исполнителями на всех этапах жизненного цикла ПО. На микроуровне, уровне исполнителя, производится преобразование информации по схеме: получить информацию - запомнить - выбрать из памяти (вспомнить) - воспроизвести информацию (передать).

Источниками ошибок (угрозами надежности) программного обеспечения являются:

– Внутренние: ошибки проектирования, ошибки алгоритмизации, ошибки программирования, недостаточное качество средств защиты, ошибки в документации.

– Внешние: ошибки пользователей, сбои и отказы аппаратуры ЭВМ, искажение информации в каналах связи, изменения конфигурации системы.

Методы проектирования надежного программного обеспечения можно разбить на следующие группы [4]:

– Предупреждение ошибок, методы позволяющие минимизировать или исключить появление ошибки.

– Обнаружение ошибок, методы направленные на разработку дополнительных функций программного обеспечения, помогающих выявить ошибки.

– Устойчивость к ошибкам, дополнительные функции программного обеспечения, предназначенные для исправления ошибок и их последствий и обеспечивающие функционирование системы при наличии ошибок.

Методы предупреждения ошибок концентрируются на отдельных этапах процесса проектирования программного обеспечения и включают в себя: методы, позволяющие справиться со сложностью системы; методы достижения большей точности при переводе информации; методы улучшения обмена информацией; методы немедленного обнаружения и устранения ошибок на каждом шаге (этапе) проектирования, не откладывая их на этап тестирования программы.

Сложность системы является одной из главных причин низкой надежности программного обеспечения. В общем случае, сложность объекта является функцией взаимодействия (количества связей) между его компонентами. В борьбе со сложностью ПО используются две концепции:

– ***Иерархическая структура.*** Иерархия позволяет разбить систему по уровням понимания (абстракции, управления). Концепция уровней позволяет анализировать систему, скрывая несущественные для данного уровня детали реализации других уровней. Иерархия позволяет понимать, проектировать и описывать сложные системы.

– ***Независимость***. В соответствии с этой концепцией для минимизации сложности необходимо максимально усилить независимость элементов системы. Это означает такую декомпозицию системы, чтобы её высокочастотная динамика была заключена в отдельных компонентах, а межкомпонентные взаимодействия (связи) описывали только низкочастотную динамику системы. Методы обнаружения ошибок базируются на введении в программное обеспечение системы различных видов избыточности:

– ***Временная избыточность***. Использование части производительности ЭВМ для контроля исполнения и восстановления работоспособности ПО после сбоя.

– ***Информационная избыточность.*** Дублирование части данных информационной системы для обеспечения надёжности и контроля достоверности данных.

– ***Программная избыточность*** включает в себя: взаимное недоверие - компоненты системы проектируются, исходя из предположения, что другие компоненты и исходные данные содержат ошибки, и должны пытаться их обнаружить; немедленное обнаружение и регистрацию ошибок; выполнение одинаковых функций разными модулями системы и сопоставление результатов обработки; контроль и восстановление данных с использованием других видов избыточности.

Методы обеспечения устойчивости к ошибкам направлены на минимизацию ущерба, вызванного появлением ошибок, и включают в себя: обработку сбоев аппаратуры; повторное выполнение операций; динамическое изменение конфигурации; сокращенное обслуживание в случае отказа отдельных функций системы; копирование и восстановление данных; изоляцию ошибок.

Важным этапом жизненного цикла программного обеспечения, определяющим качество и надёжность системы, является тестирование. Тестирование - процесс выполнения программ с намерением найти ошибки. Этапы тестирования: автономное тестирование, контроль отдельного программного модуля отдельно от других модулей системы; тестирование сопряжений, контроль сопряжений (связей) между частями системы (модулями, компонентами, подсистемами); тестирование функций, контроль выполнения системой автоматизируемых функций; комплексное тестирование, проверка соответствия системы требованиям пользователей; тестирование полноты и корректности документации, выполнение программы в строгом соответствии с инструкциями; тестирование конфигураций, проверка каждого конкретного варианта поставки (установки) системы.

Существуют две стратегии при проектировании тестов: тестирование по отношению к спецификациям (документации), не заботясь о тексте программы,

и тестирование по отношению к тексту программы, не заботясь о спецификациях. Разумный компромисс лежит где-то посередине, смещаясь в ту или иную сторону в зависимости от функций, выполняемых конкретным модулем, комплексом или подсистемой.

Качество подготовки исходных данных для проведения тестирования серьёзно влияет на эффективность процесса в целом и включает в себя: техническое задание; описание системы; руководство пользователя; исходный текст; правила построения (стандарты) программ и интерфейсов; критерии качества тестирования; эталонные значения исходных и результирующих данных; выделенные ресурсы, определяемые доступными финансовыми средствами.

Однако, исчерпывающее тестирование всех веток алгоритма любой серьёзной программы для всех вариантов входных данных практически неосуществимо. Следовательно, продолжительность этапа тестирования является вопросом чисто экономическим. Учитывая, что реальные ресурсы любого проекта ограничены бюджетом и графиком, можно утверждать, что искусство тестирования заключается в отборе тестов с максимальной отдачей.

Ошибки в программах и данных могут проявиться на любой стадии тестирования, а также в период эксплуатации системы. Зарегистрированные и обработанные сведения должны использоваться для выявления отклонений от требований заказчика или технического задания. Для решения этой задачи используется система конфигурационного управления версиями программных компонент, база документирования тестов, результатов тестирования и выполненных корректировок программ. Средства накопления сообщений об отказах, ошибках, предложениях на изменения, выполненных корректировках и характеристиках версий являются основной для управления развитием и сопровождением комплекса ПО и состоят из журналов: предлагаемых изменений; найденных дефектов; утвержденных корректировок; реализованных изменений; пользовательских версий.

Библиографический список

1. Куратовский К. Теория множеств / К. Куратовский, Л. Мостовский. – М: МИР, 1970. – 416 с.
2. Коваленко Ю.В. Задачи декомпозиции сложных электротехнических объектов / Ю.В. Коваленко // XIII Королевские чтения: Международная молодежная научная конференция. 6-8 октября, 2015 г. Самара: Издательство СГАУ, 2015. - С. 150-153
3. Лепский А.Е. Математические методы распознавания образов [Текст]: [курс лекций] / А.Е. Лепский, А.Г. Броневич. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.
4. Мясникова Ю.В. Концепция синтеза систем информации, оценки и управления состоянием объектов электротехнического оборудования / Ю.В. Мясникова, А.Н. Коптев, С.Ж. Куртаев // Актуальные проблемы современной науки: сборник статей XI Международной научной конференции, Актобе: Принт-А, 2017. С. 259-263.

УДК 658.5. + 004.94

Языки алгоритмизации в системах логического управления для организации оценивания состояния объектов контроля

Спиридонов Е.Г.[1], Золоторев Е.В.[2], Лещенко М.Н.[2]
[1]*Ростовский государственный университет путей сообщения*
[2]*ВУНЦ ВВС «ВВА»*

Аннотация: В настоящее время в качестве языков алгоритмизации в системах логического управления наиболее часто используются функциональные схемы и схемы алгоритмов. При этом в качестве языков программирования в зависимости от типа управляющего вычислительного устройства применяются три разновидности языков: алгоритмические языки высокого уровня, алгоритмические языки низкого уровня и специализированные языки.

Abstract: Currently, functional schemes and algorithm schemes are most often used as algorithmization languages in logic control systems. At the same time, three types of languages are used as programming languages, depending on the type of control computing device: high-level algorithmic languages, low-level algorithmic languages, and specialized languages.

Ключевые слова: языки реализации, языки общения, алгоритмические языки высокого уровня, функциональные схемы, логические схемы алгоритмов.

Keywords: implementation languages, communication languages, high-level algorithmic languages, functional schemes, logical schemes of algorithms.

В рамках предложенной Шалыто А.А. технологии, которая позволяет с единых позиций проводить алгоритмизацию и программирование при создании систем логического управления и снизить число ошибок в алгоритмах и программах [1] предлагается использовать два уровня языков описания алгоритмов логического управления - языки алгоритмизации или спецификации (языки общения) и языки программирования (языки реализации). Языки этих классов могут, как совпадать (при наличии транслятора с языка алгоритмизации), так и различаться между собой. Так, например, при аппаратной реализации систем в базисе релейно-контактных схем в качестве языка алгоритмизации применялись функциональные схемы, а в качестве языка реализации - собственно релейно-контактные схемы. Однако плохая «читаемость», как функциональных схем, так и релейно-контактных схем, привела к необходимости использования промежуточного языка - функционально-принципиальных схем, которые в релейно-контактном виде отражают лишь алгоритм управления и не содержат другой информации, характерной для принципиальных схем (например, обозначений разъемов, гасящих сопротивлений, устройств контроля и т.д.). Однако и эти схемы, весьма удобные для представления комбинационных схем (автоматов без памяти), трудно читаются для автоматов с памятью, так как они обычно реализуют, но не отображают в своей структуре динамику переходов и

смену состояний синтезируемого автомата.

В настоящее время в качестве языков алгоритмизации в системах логического управления наиболее часто используются функциональные схемы и схемы алгоритмов. При этом в качестве языков программирования в зависимости от типа управляющего вычислительного устройства применяются три разновидности языков: алгоритмические языки высокого уровня (например, СИ), алгоритмические языки низкого уровня (языки инструкций, ассемблеры) и специализированные языки (функциональные и лестничные схемы).

Ниже обосновывается целесообразность применения в качестве языка алгоритмизации для описания алгоритмов с памятью управляющих графов - графов переходов, и предлагается единый методологический подход к их реализации в базисе языков программирования различных типов. Это позволяет для различных языков программирования иметь одно и то же алгоритмическое описание, не зависящее от типа используемого управляющего вычислительного устройства.

Приведем краткий обзор использующихся языков логического управления. К классическим языкам логического управления относятся:

Булевы функции, таблицы истинности и таблицы решений.

В системах логического управления для описания алгоритмов логического управления используются булевы функции и системы булевых функций, задаваемые в форме таблиц истинности для полностью определенных функций и таблиц решений для не полностью определенных функций. При этом таблицы истинности, описывающие автоматы с памятью, носят название кодированных таблиц переходов или кодированных таблиц переходов и выходов. Применение таблиц истинности ограничивается задачами небольшой размерности, а использование таблиц решений - в основном автоматами без памяти - комбинационными схемами. Табличное задание автоматов с памятью ненаглядно.

Булевы формулы и другие аналитические формы представления алгоритмов логического управления.

Аналитической формой представления булевых функций являются булевы формулы и системы булевых формул (СБФ), которые позволяют описывать как автоматы с памятью, так и автоматы без памяти большой размерности. Системы булевых формул могут быть изоморфно реализованы лестничными или функциональными схемами [2]. Основным ограничением на применение систем булевых формул для автоматов с памятью является их низкая наглядность.

Функциональные схемы.

Чтение функциональных схем представляет собой вычисления по их отдельным цепям с целью определения значений выходных переменных при различных наборах входных переменных. В этой ситуации при наличии даже сравнительно небольшого числа входов по функциональной схеме весьма трудно определить: какие воздействия влияют на тот или иной переход в ней. В схемах этого класса достаточно сложно составить целостное представление о поведении даже сравнительно небольшого фрагмента схемы, содержащего триггера и обратные связи.

К достоинствам функциональных схем при их использовании в качестве

языка алгоритмизации относятся традиционность и однозначность описания, в том числе и параллельных процессов, а к недостаткам:

- применение в большинстве случаев двоичных внутренних переменных, запоминаемых в триггерах, реализуемых виртуально, которые позволяют работать с многозначными переменными;
- отсутствие указания значений выходных и внутренних переменных в схеме;
- трудоемкость их чтения (понимания) с целью получения исчерпывающего представления о реализованном в них последовательностном процессе;
- проблема выбора тестов для их полной проверки;
- сложность гарантированного внесения изменений.

При этом необходимо отметить, что использование в качестве тестов соотношений «вход-выход», обеспечивающих полноту проверки для схем без памяти, не решает проблему определения всех функциональных возможностей для схем с памятью, так как в этом случае необходимо проверять также и правильность порядка изменений выходных переменных. Однако, именно соотношения «вход- выход» и применяются при создании методик проверки на функционирование большинства систем логического управления. Это, как отмечалось выше, не обеспечивает качественной их проверки, так как такие соотношения не позволяют анализировать все имеющиеся в схеме переходы между состояниями. Более того, число состояний и переходов в схемах обычно не известно, так как они часто строятся эвристически без использования понятия «состояние».

Схемы алгоритмов.

К достоинствам схем алгоритмов при их использовании в качестве языка алгоритмизации относится возможность отражения в явном виде последовательностей изменений значений входных переменных и реакций на эти изменения, представляемых в виде значений выходных переменных, в том числе и вычисляемых параллельно. При наличии двоичных значений переменных, записываемых в явном виде в операторных вершинах схем алгоритмов, резко упрощается понимание последних по сравнению с функциональными схемами.

К недостаткам схем алгоритмов относятся:

- отсутствие требований к тому, что должна отражать схема: алгоритм управления, алгоритм реализации алгоритма управления, алгоритм, учитывающий свойства управляющих конструкций используемого языка программирования, алгоритм выполнения программы;
- отсутствие требований к их организации (за исключением структурирования), обеспечивающих простоту «чтения»;
- необходимость в общем случае их многократных преобразований для учета свойств управляющих конструкций языка программирования (например, линеаризация и структурирование);
- наличие внутренних (промежуточных) переменных, отсутствующих в «словесном алгоритме» логического управления, которые резко затрудняют чтение схем алгоритмов;
- наличие в общем случае большого числа внутренних обычно битовых переменных, каждую из которых приходится не только устанавливать, но и

принудительно сбрасывать, и которые характеризуют лишь отдельные компоненты состояний автомата, а его состояния в целом обычно не известны;

- наличие флагов и умолчаний значений внутренних и выходных переменных в операторных вершинах, которые затрудняют чтение схем алгоритмов ввиду необходимости помнить предысторию;

- проверка в условных вершинах значений обычно только одиночных двоичных переменных, что приводит к громоздкости схем алгоритмов;

- связь операторных вершин через условные вершины, затрудняющая внесение изменений, так как модификация условий перехода между двумя операторными вершинами влияет на условия переходов в другие вершины.

Логические схемы алгоритмов.

Логические схемы алгоритмов, предложенные А.А. Ляпуновым [3], являются строчной формой записи линеаризованных схем алгоритмов. Они образованы буквами, которые соответствуют условным, безусловным и операторным вершинам линеаризованных схем алгоритмов, и пронумерованными стрелками, указывающими переходы, которые осуществляются при невыполнении условий. Логические схемы алгоритмов обеспечивают компактность описания, но ненаглядны и весьма трудно строятся и читаются.

Из нетрадиционных языков описания алгоритмов логического управления кратко рассмотрим следующие:

Р-схемы.

Р-схема - нагруженный по дугам ориентированный граф, изображаемый с помощью вертикальных и горизонтальных линий и состоящий из структур, каждая из которых имеет только один вход и один выход. Схемы этого класса содержат по два типа (один из которых специальный) вершин и дуг и один тип соединительных линий. Этот язык позволяет более компактно по сравнению со схемами алгоритмов отражать структуру последних, однако применение нестандартных обозначений и только одного типа автоматных моделей ограничивает использование таких схем.

Сети Петри и графы операций.

Эта модель состоит из вершин двух типов - позиций и переходов, связанных между собой дугами, причем две вершины одного типа не могут быть соединены непосредственно. Для отражения динамики в сеть вводятся маркеры (метки), размещаемые в позициях. Если все позиции, связанные входящими дугами с некоторым переходом, маркированы, то этот переход срабатывает, и маркеры переходят в позиции, соединенные исходящими дугами с рассматриваемым переходом.

Проблемно-ориентированные языки.

Эти языки близки к естественным. Для целей логического управления разработано несколько проблемноориентированных языков, предназначенных для формального лингвистического описания алгоритмов рассматриваемого класса [4].

Указанное достоинство этих языков влечет за собой ряд трудностей и недостатков:

- требуют от всех Участников процесса проектирования изучения синтак-

сиса и семантики нового, имеющего ограниченное распространение языка с достаточно большим числом конструкций;

- они построены на основе не математического, а естественного (например, русского) языка;
- обладают низкой наглядностью по сравнению с графами при отображении структуры, взаимодействия и динамики процессов;
- не позволяют формально проверять полноту, непротиворечивость, реализуемость и отсутствие генерации, а также выполнять оптимизирующие преобразования;
- требуют разработки многоуровневой системы трансляции, использующей различные типы языков, таких как базовые, автоматные, машинные;
- ориентированы на конкретный тип базового или автоматного языка и конкретный тип автоматов;
- сложно верифицируются и тестируются;
- их невозможно применять при отсутствии транслятора для используемого вычислительного устройства.

В отличие от изложенного подхода в предлагаемой Шалыто А.А. технологии первичным и формализованным является не лингвистическое, а автоматное описание последовательностных процессов с помощью графов переходов. Тип, количество, способ кодирования и взаимосвязь графов в общем случае не фиксированы и определяются решаемой задачей. Понятность такого описания обеспечивается строгостью и простотой синтаксиса этого языка при описании статики, а самое главное, динамики процессов, а также обязательной разработкой схемы связей «управляющий автомат - объект управления», которая определяет семантику каждой внешней переменной, используемой в графах переходов.

Граф переходов в общем случае можно рассматривать как «закодированное» (число вершин в графе переходов может быть существенно меньше, чем число «реальных» состояний автомата) и поэтому весьма компактное описание поведения автомата. При этом наиболее «понятным» является графом переходов «классического» автомата Мура при многозначном кодировании его вершин. В этом случае граф переходов одновременно является и графом его достижимых маркировок. Именно граф переходов этого типа и предлагается применять в качестве основного языка спецификаций для задач логического управления [5].

В разрабатываемой технологии переход к лингвистическому описанию выполняется не при алгоритмизации, а только на этапе программирования и только при использовании алгоритмических языков. В этом случае в тексте программы должны быть по возможности сохранены все структурные особенности и свойства выбранной автоматной модели, что обеспечивается только при однозначном, а самое главное, изоморфном переходе от графа переходов к программе.

При применении предлагаемой технологии удается обеспечить соответствие между текстом программы и порядком ее выполнения и реализовать процедуру пошаговой детализации, как этого требует структурное проектирование

(программирование), а также использовать понятие автомата наряду с такими понятиями как объект и класс, характерными для объектно-ориентированного проектирования (программирования) [6].

В работах А.А. Шалыто предложен подход к алгоритмизации и программированию задач логического управления, существенно связанной с «автоматным программированием» или «программированием с явным выделением состояний», который базируется на аппарате графов переходов.

Библиографический список

1. Мясникова Ю.В. Концепция синтеза систем информации, оценки и управления состоянием объектов электротехнического оборудования / Ю.В. Мясникова, А.Н. Коптев, С.Ж. Куртаев // Актуальные проблемы современной науки: сборник статей XI Международной научной конференции. – Актобе: Принт-А, 2017. – С. 259-263.
2. Куратовский К. Теория множеств / К. Куратовский, Л. Мостовский. – М: МИР, 1970. – 416 с.
3. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ / Ф.И Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М: Высшая школа, 1989. – 360 с.
4. Коваленко Ю.В. Задачи декомпозиции сложных электротехнических объектов / Ю.В. Коваленко // XIII Королевские чтения: Международная молодежная научная конференция. 6-8 октября, 2015 г. – Самара: Издательство СГАУ, 2015. – С. 150-153
5. Коптев А.Н. Синтез систем диагностического управления техническим состоянием бортовых комплексов оборудования летательных аппаратов [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / А.Н. Коптев, А.В. Кириллов, А.Н. Тихонов. – Самара: Изд-во СГАУ, 2012. – 293 с.
6. Лепский А.Е. Математические методы распознавания образов [Текст]: [курс лекций] / А.Е. Лепский, А.Г. Броневич. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.

УДК 004.422.8

Анализ систем автоматизированного проектирования, применяемых при создании блочно-модульных средств

Хлупин М.Д., Виноградов Н.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. В статье проводится анализ систем используемых при автоматизированном проектировании.

Abstract. The article analyzes the systems used in computeraided design.

Ключевые слова: Система, моделирование, автоматизированное.

Keywords: Systems, simulation, automated.

Идея информационной интеграции выросла на западе (США) в концепцию, получившую название CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла). Русскоязычное название этой концепции и стратегии – ИПИ – информационная поддержка жизненного цикла изделий.

В России одними из первых стали работать над внедрением ИПИ-технологий предприятия именно авиационно-промышленного комплекса.

Настойчивость предприятий военно-промышленного комплекса при внедрении ИПИ-технологий объясняется, прежде всего, значительным сокращением сроков и стоимости создания продукции военного назначения, а также повышением её качества. В табл. 1 приведены сведения, отражающие степень эффективности промышленного внедрения информационных технологий автоматизированного проектирования [1].

Система, реализующая автоматизированное проектирование, представляет собой систему автоматизированного проектирования (САПР) (в англоязычном написании CAD System – Computer Aided Desing System) [2].

Принято выделять в САПР машиностроительных отраслей промышленности системы функционального, конструкторского и технологического проектирования. Первые из них называют системами расчетов и инженерного анализа или системами CAE (Computer Aided Engineering). Системы конструкторского проектирования называют системами CAD (Computer Aided Design). Проектирование технологических процессов составляет часть технологической подготовки производства и выполняется в системах CAM (Computer Aided Manufakturing). Функции координации работы систем CAE/CAD/CAM, управления проектными данными и проектированием возложены на систему управления проектными данными PDM (Produkt Data Management).

Анализ табл. 1 показывает, что эффективность внедрения информационных технологий сокращает сроки проектирования более чем в 3 раза, а по некоторым перечням задач более чем в 10 раз, также уменьшаются затраты на производство более чем 2 раза.

Таблица 1

Эффективность внедрения информационных технологий

Перечень задач	Полученные результаты	Средние показатели эффективности	
		Сокращение сроков проектирования	Снижение затрат на производство
Проектирование и модификация конструкции деталей и узлов	Быстрое ассоциативное изменение деталей, технологической оснастки и чертежей	Более чем в 10 раз	В 2-3 раза
Создание конструкторской документации, интерактивных электронных технических руководств	Повышение качества документации и сокращение сроков её разработки	В 3-5 раз	
Работа с большими сборками	Повышение производительности работы	В 5-10 раз	
Анализ прочности и кинематики, моделирование сложных аэрогидродинамических процессов	Сокращение количества натурных испытаний и снижение стоимости изготовления опытных образцов	В 10 раз	В 2-3 раза
Оценка динамических зазоров, анализ размерных цепей, оптимизация параметров	Обеспечение гарантированной собираемости изделия	В 3-4 раза	На 70 %
Изготовление деталей сложной формы на станках с числовым программным управлением по единой твёрдотельной модели	Оперативная передача (в сквозном цикле) моделей для создания управляющих программ для станков с числовым программным управлением		На 80 %
Централизованное хранение и управление данными, электронный документооборот	Введение технологии сквозного проектирования, обеспечивающей оперативность проверки и согласования конструкторской документации и исключающей дублирование данных	Более чем в 3 раза	На 40 %

Существенным отличием автоматизированного проектирования от неавтоматизированного является возможность замены дорогостоящего и занимающего много времени физического моделирования — математическим моделированием.

На ЭВМ решаются задачи, поддающиеся формализации, при условии, что их машинное решение более эффективно, чем ручное [3]. К таким задачам относятся: выполнение многих процедур оформления технической документации, получение планов размещения оборудования, решение систем уравнений, описывающих процессы в проектируемых объектах, и т. д.

Выделение автоматизации проектирования как самостоятельного научно-технического направления связано с тем, что постановка и методы решения проектных задач при автоматизированном и неавтоматизированном проектировании существенно различаются.

При неавтоматизированном проектировании результаты во многом определяются инженерной подготовкой конструкторов, их производственным опытом, профессиональной интуицией и другими факторами. Автоматизированное проектирование позволяет повысить точность расчетов, выбрать наилучшие варианты для реализации на основе строгого математического анализа всех или большинства вариантов проекта, существенно сократить сроки проектирования и передачи конструкторской документации в производство.

Поскольку сложность объектов будет возрастать, а время проектирования должно сокращаться, можно сделать вывод, что разумной альтернативой неавтоматизированному проектированию может быть широкое использование САПР. В табл. 2 приведены основные отечественные и зарубежные САПР.

Таблица 2

Отечественные и зарубежные САПР

Название САПР	Фирма производитель
Unigraphics NX	UGS PLM Solutions (EDS)
CATIA	Dassault Systemes/IBM
SolidEdge	UGS PLM Solutions (EDS)
SolidWorks	SolidWorks
Inventor и Mechanical Desktop	Autodesk
PowerSolutions	Delcam
Компас(CAD/CAM/CAE/PDM)	«Аскон»
T-Flex (CAD/CAM/CAE/PDM)	«Топ Системы»
Кредо (CAE)	НИЦ АСК
AutoCAD	Autodesk
SurfCAM 2D	Surfware
DataCAD	DataCAD
IntelliCAD	CADopia
TurboCAD	IMSI

Наиболее распространенные на авиационных предприятиях следующие САПР: AutoCAD, SolidWorks, Unigraphics NX.

AutoCAD – программа двумерного моделирования.

SolidWorks – программа предназначена для проектирования деталей и сборок в трёхмерном изображении:

Unigraphics NX – специализированная среда трёхмерного моделирования для проектирования самолётов и вертолётов.

Таблица 3

Сравнение характеристик САПР

Наименование САПР	AutoCAD	SolidWorks
Подход к моделированию		
Эскизы и чертежи	Чертежи	Эскизы основа конструктивных элементов, чертежи.
Типы моделей	Двумерные чертежи	Трехмерные детали и сборки, из которых формируются двумерные чертежи
Размеры	Геометрия определяет размеры	Размеры определяет геометрию
Модель на основе конструктивных элементов	Модели отображаются в виде набора линий в двумерном пространстве	Детали создаются из конструктивных элементов, а сборки – из деталей
К принципам рисования эскизов можно отнести такие сравнения		
Взаимосвязи	Взаимосвязи отсутствуют	Взаимосвязи определяют эскизы и передают замысел проекта в моделях
Сравнение чертежей		
Создание чертежей	Рисование линий	Создаются из моделей автоматически (деталей или сборок)
Выравнивание видов	Командой вручную	Автоматическое выравнивание
Стандарты	ANSI (дюймы) и ISO (мм) по умолчанию, с шаблонами для DIN и JIS,ГОСТ.	Стандарты ANSI, ISO, DIN, JIS, BSI, BG, ГОСТ доступны в параметрах свойств документов, и они могут быть сохранены в шаблонах
Спецификация	Перечень деталей создается вручную	Создается автоматически, с номером позиции, количеством, номером детали, описанием

Из вышеуказанных наиболее распространенных САПР сравним AutoCAD и SolidWorks. Так как Unigraphics NX представляет собой специализированную САПР отличается относительно высокой стоимостью. В табл. 3 представлено сравнение характеристик возможностей AutoCAD и SolidWorks [4].

Анализ табл. 3 показывает, что система гибридного параметрического моделирования SolidWorks в отличие от программы двумерного моделирования AutoCAD более автоматизирована, ориентирована на большее количество стандартов, имеет в распоряжении внутренние взаимосвязи рабочего проекта. Благодаря указанным достоинствам SolidWorks представляется наиболее приемлемой САПР для проектировании блочно-модульных средств аэродромно-технического обеспечения полётов.

Процесс построения трёхмерной модели в SolidWorks основывается на создании объемных геометрических элементов и выполнения различных операций между ними. Подобно конструктору модель набирается из стандартных элементов и может быть отредактирована путём добавления (удаления) этих элементов, или изменения их характерных параметров. Модель несёт в себе наиболее полное описание физических свойств объекта (объем, масса, моменты инерции) и даёт проектировщику возможность работы в виртуальном трёхмерном пространстве.

Большое внимание в SolidWorks уделено работе с комплексными сборками, количество компонентов которых может составлять десятки и сотни тысяч единиц. Программа позволяет автоматически создавать чертежи по заданной трёхмерной модели, исключая ошибки проектировщиков, неизбежно возникающие при начертании проекций изделия вручную. Чертежи SolidWorks обладают двунаправленной ассоциативностью с трёхмерными моделями, благодаря чему размеры модели всегда соответствуют размерам на чертеже.

Таким образом, внедрение системы гибридного параметрического моделирования SolidWorks при создании блочно-модульных средств наземного обслуживания позволит не только значительно сократить сроки и стоимость их разработки, но и повысить качество за счет возможности моделирования и более точного прогнозирования надёжности.

Библиографический список

1. Разработка САПР. В 10кн. кн. 1. Проблемы и принципы создания САПР: Практ.пособие / А.В. Петров, В.М. Черненький; Под ред. А.В. Петрова. – М: Высш. шк., 1990. – 143 с.
2. http://www.solidworks.ru.
3. Ивлев А.Н. Концепция SMART системы графического образования / А.Н. Ивлев, О.В. Терновская // В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д.Н. Борисова. 2019. С. 1996-2000.
4. Прохоренко В.П. SolidWorks 2005. Практическое руководство / В.П. Прохоренко. – М: ООО «Бином – Пресс», 2005. – 512 с.

УДК 629.78.064.5

Контроллеры управления, применяемые в импульсных источниках электропитания

Ходунов И.В., Зобов П.В., Самукомби Нироде Мартиннеш
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. В данной статье рассмотрена классификация контроллеров управления преобразователей постоянного напряжения и источников вторичного электропитания, а также дан анализ видам модуляции и режимам работы применяемых в контроллерах управления

Abstract. In this article, the classification of control controllers of DC voltage converters and secondary power sources is considered, as well as the analysis of the types of modulation and operating modes used in control controllers is given

Ключевые слова: контроллеры управления, режим напряжения с межимпульсным ограничением нагрузки по току, токовый режим с включением по тактовому сигналу, гистерезисный токовый режим

Keywords: control controllers, voltage mode with inter-pulse load current limitation, current mode with switching on by clock signal, gyroscopic current mode

В настоящее время для управления вентильными преобразователя, например, преобразователей постоянного напряжения (ППН), источников вторичного электропитания (ИВЭП), корректоров коэффициента мощности (ККМ) и т.д. выпускается огромное множество специализированных микросхем, называемых **контроллерами управления**. В большинстве случаев, контроллеры управления нашли очень широкое применение в импульсных источниках электропитания. Поэтому главная цель такой схемы управления – это не только формирование управляющих импульсов для силовых ключей источника, но и поддержание постоянного выходного напряжения для большого диапазона токов нагрузки. Для этой цели в контроллерах обязательно используется контур отрицательной обратной связи по напряжению. Для того чтобы источник питания не превышал своих номиналов мощности в нем также осуществляется непосредственный контроль за током нагрузки или силового ключа.

Рассмотрим классификацию контроллеров управления (рис.1).

По **виду модуляции** в контроллерах управления выделяют: широтно-импульсную, частотно-широтно-импульсную, частотно-импульсную и фазо-импульсную модуляции

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) характеризуется тем, что период T_0 следования импульсов на выходе контроллера является величиной постоянной, а от величины сигнала управления зависят только интервалы времени t_1 и t_2 (рис. 2).

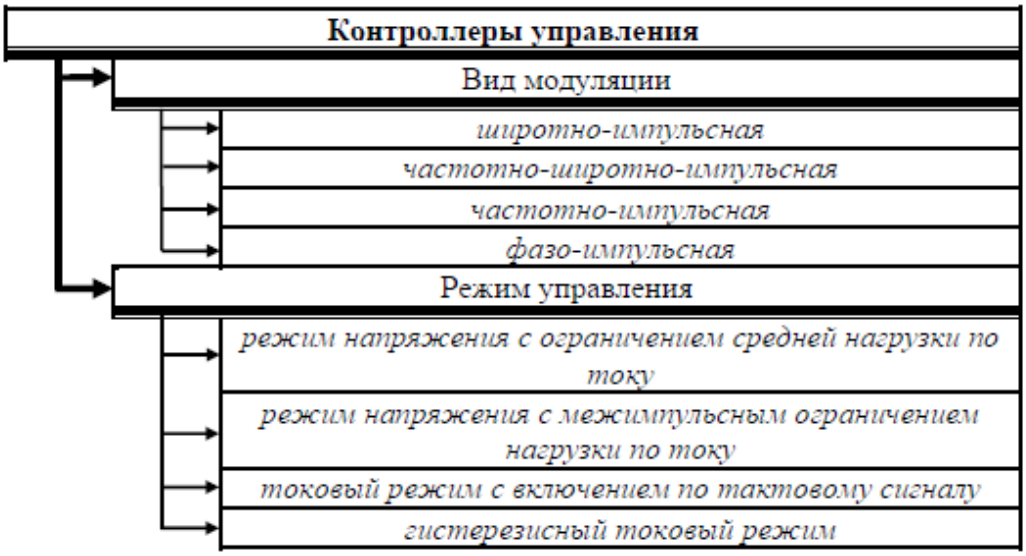


Рисунок 1 – Классификация контроллеров управления

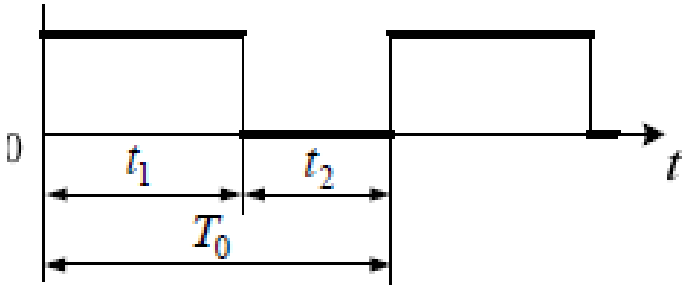


Рисунок 2 – Напряжение на выходе контроллера

В этом случае спектр пульсаций выходного напряжения имеет известные частоты спектральных составляющих. Это значительно облегчает задачу подавления пульсаций и выбора частоты преобразования энергии из условия наименьшего влияния на другие устройства-рецепторы. ШИМ получила наибольшее применение в контроллерах управления.

Частотно-широтно-импульсная модуляция (ЧШИМ) характеризуется тем, что здесь от величины сигнала управления зависят сразу три временных координаты контроллера: t_1, t_2 и T_0 (см. рис. 2). Данный вид модуляции используется в контроллерах с релейно-токовым управлением, когда происходит формирование требуемого тока в заданном коридоре. Основным недостатком ЧШИМ-контроллеров является их зависимость частоты коммутации (периода T_0) от входного напряжения и тока нагрузки. Это обстоятельство обуславливает более сложные требования к фильтрам выходного напряжения. С другой стороны такие контроллеры оказываются проще и позволяют добиться более высоких частот коммутации и высоких динамических характеристик.

В **частотно-импульсной модуляции (**ЧИМ**)** изменяется период T_0 следования импульсов при постоянной их длительности t_1 или паузе t_2 (см. рис.2). Данный вид модуляции наибольшее применение получил в системах управления резонансными инверторами и стабилизаторах напряжения на их основе. Особенностью резонансных преобразователей является использование колеба-

тельных процессов, возникающих в *LC*–контуре, встроенном в преобразователь. Резонансные преобразователи с ЧИМ обладают заметными преимуществами при их использовании на частотах, близких граничным частотам используемых ключей и трансформаторов. Эти преимущества заключаются в снижении массогабаритных показателей за счет использования высоких частот преобразования (300 кГц – 2 МГц) и снижения потерь на переключение, которое производится при нулевом токе или напряжении. По этой же причине резонансные преобразователи обладают меньшими электромагнитными помехами. Резонансные преобразователи применяются, как правило, для построения относительно мощных преобразователей общих для питания последующих стабилизаторов меньшей мощности.

Фазо-импульсная модуляция, также как и ШИМ, позволяет регулировать напряжение на выходе преобразователя, но не за счет изменения длительности импульса t_1 при сохранении периода T_0, а за счет регулирования фазового сдвига одного управляющего импульса относительно другого. Такой способ широко применяется в однотактных и двухтактных преобразователях мостового типа. Характерной особенностью двухтактного мостового преобразователя (рис. 3, а) является включение активно-индуктивной нагрузки в диагональ моста (например, импульсного трансформатора *T*), образованного транзисторными ключами *VT*1, *VT*2, *VT*3 и *VT*4.

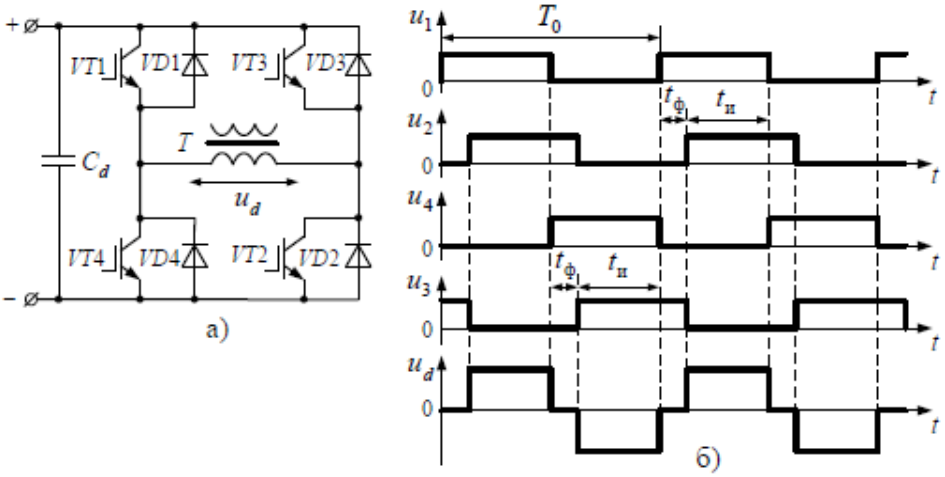


Рисунок 3 – Схема преобразователя мостового типа (а) и временные диаграммы импульсов управления транзисторами при фазо-импульсной модуляции (б) (*u*1 … *u*4 – сигналы управления транзисторами *VT*1 … *VT*4 соответственно)

Передача электрической энергии в нагрузку осуществляется одновременным отпиранием транзисторных ключей *VT*1 и *VT*2, либо *VT*3 и *VT*4. При этом ток в нагрузке протекает либо слева направо (через ключи *VT*1 и *VT*2), либо справа налево (через ключи *VT*3 и *VT*4). Таким образом, напряжение в нагрузке u_d оказывается переменным, а длительность положительной полуволны равна длительности отрицательной полуволны (см. рис. 3 б).

Фазо-импульсный способ регулирования выходного напряжения заключается, в задержке $t_ф$ фазы (сдвиге) управляющего сигнала, поступающего на один

из транзисторов вышеназванных пар (*VT*1 относительно *VT*2, и *VT*3 относительно *VT*4, см. рис. 3, б). Интервал времени $t_и$, когда одновременно открыты оба транзистора (например, *VT*1 и *VT*2), определяет количество энергии и величину выходного напряжения мостового преобразователя. В интервале $t_ф$ напряжение на нагрузке u_d равно 0, а энергия накопленная в индуктивностях трансформатора, рассеивается на активных элементах нагрузки.

В контроллерах управления выделяют четыре основных режима работы.

Режим напряжения с ограничением средней нагрузки по току представлен на рисунке 4, а.

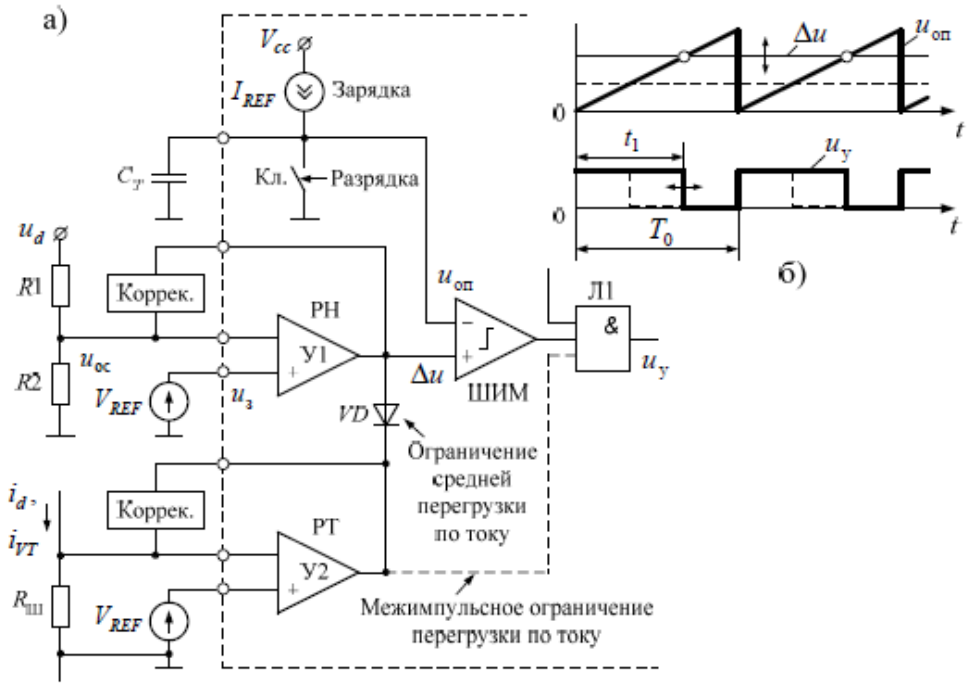


Рисунок 4 – Схема управления в режиме напряжения с ограничением среднего выходного тока и межимпульсным ограничением тока (а) и временные диаграммы сигналов, поясняющие принцип данного режима контроллера (б)

Для стабилизации напряжения на нагрузке в контроллерах управления, работающих в любом из режимах, обязательно вводиться контур отрицательной обратной связи, состоящей из усилителя ошибки У1 (регулятора напряжения РН) с элементами коррекции в цепи обратной связи усилителя У1, на прямой вход которого подается напряжение задания $u_з$ (опорное напряжение контроллера *VREF*), а на инверсный – напряжение обратной связи по напряжению $u_{ос}$, например, с резистивного делителя напряжения *R*1 и *R*2.

Важной чертой управления в режиме напряжения является то, что напряжение рассогласования Δu с выхода РН подается на ШИМ-компаратор и сравнивается с пилообразным опорным напряжением, создаваемым при помощи времязадающего конденсатора C_T, заряжаемый от источника тока *IREF*, а также ключа разряда Кл. При возрастании или снижении напряжения рассогласования Δu длительность импульса управляющего сигнала $u_у$ соответственно увеличивается или уменьшается (см. рис. 4, б).

Существует два варианта защиты от перегрузки по току в микросхемах управления, работающих в режиме напряжения. Первый, более старый способ, называется **ограничением среднего тока**. В данном случае выходной ток считывается резистором $R_{ш}$, включенным последовательно с нагрузкой (см. рис. 4 а). Затем токовый сигнал подается на усилитель тока У2 с элементами коррекции (регулятор тока РТ). РТ распознает, когда сила выходного тока i_d приблизится к предустановленному пределу, затем блокирует РН за счет диода *VD* и ограничивает ток, если он пытается еще больше вырасти. Ограничение среднего тока имеет один характерный недостаток, если оно используется само по себе в качестве защиты от перегрузки по току: его реакция слишком медленна для предотвращения повреждения силового ключа, если на выходе возникнет внезапное короткое замыкание. Кроме того, когда магнитные элементы (дроссели, трансформаторы) входят в состояние насыщения, ограничение среднего тока не работает. Это в течение нескольких микросекунд может создавать экспоненциально возрастающие токи, способные вывести ключ из строя.

Режим напряжения с межимпульсным ограничением нагрузки по току отличается от предыдущего способа только организацией защиты по току, которая называется **межимпульсным ограничением**. Этот метод гарантирует протекание через силовой ключ максимально безопасного тока. Элемент восприятия тока – резистор $R_{ш}$ включается последовательно с ключом (см. рис. 4, а). Он отслеживает мгновенный ток i_{VT}, протекающий через ключ, и сразу же размыкает ключ в случае превышения этим током предустановленного предела за счет перехода РТ, работающего в режиме компаратора (корректирующая цепь отсутствует), в состояние логического «0» и снятия управляющих импульсов $u_{у}$ с силового ключа в результате логической схемы Л1 «3И» (рис. 4, а). Такая цепь является очень быстродействующей, и защищает силовой ключ от всех форм мгновенных перегрузок по току, включая насыщение сердечника.

Токовый режим с включением по тактовому сигналу представлен на рис. 5, а.

В этом режиме регулируются пиковые (максимальные) значения размаха амплитуды тока i_{VT}, протекающего через силовой ключ.

Суть этого метода заключается в том, что генератор импульсов фиксированной частоты, состоящий из времязадающего конденсатора *CT*, источника опорного тока *IREF* и разрядного ключа Кл., устанавливает триггер *T*, а высокоскоростной токовый компаратор (регулятор тока РТ) сбрасывает этот триггер. Триггер находится в состоянии логической «1», когда силовой ключ проводит ток (см. рис. 5, б). Порог для токового компаратора РТ устанавливается напряжением Δu с выхода регулятора напряжения РН (см. рис. 5 а). Если РН сигнализирует о том, что напряжение на выходе источника питания слишком низкое, то порог тока Δu повышается, чтобы позволить большему количеству энергии достичь нагрузки.

Управлению в режиме тока присуща защита от перегрузки по току. Высокоскоростной токовый компаратор РТ обеспечивает межимпульсное ограничение тока. Такая форма защиты ограничивает ток и напряжение для поддержания постоянной мощности на нагрузке.

Рассмотренные выше режимы работы контроллеров управления по виду модуляции относятся к широтно-импульсной, т.к. частота (период T_0) импульсов управления $u_у$ на выходе контроллера всегда остается постоянной, а изменяется лишь длительность включенного состояния ключа t_1.

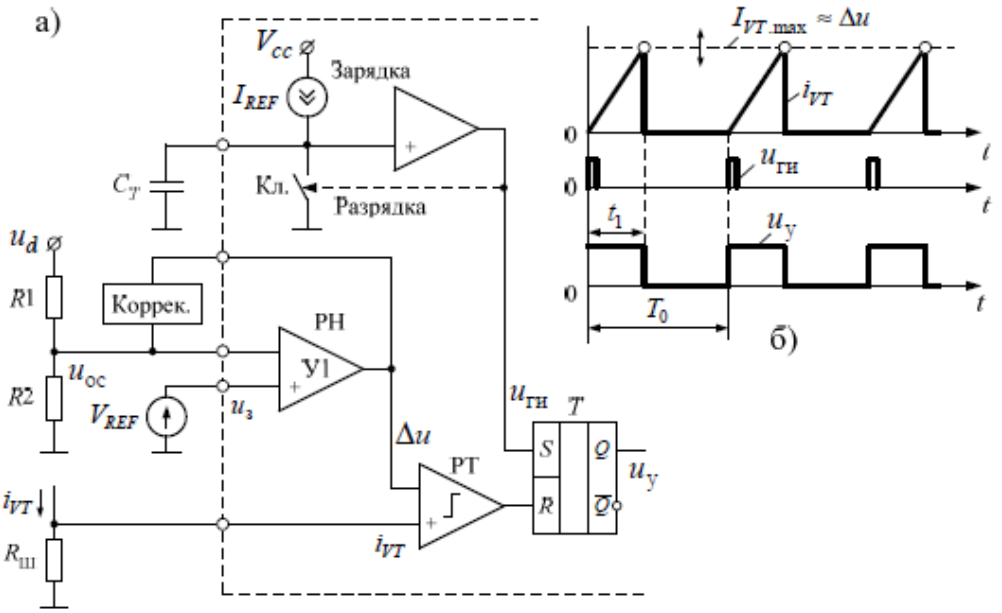


Рисунок 5 – Схема управления в токовом режиме с включением по тактовому сигналу (а) и временные диаграммы сигналов, поясняющие принцип данного режима контроллера (б)

Гистерезисный токовый режим представлен на рисунке 6, а. При таком управлении контролируются как максимальные $I_{d\max}$, так и минимальные $I_{d\min}$ значения тока нагрузки i_d за счет гистерезисного компаратора тока РТ.

Сигнал задания Δu на РТ формирует регулятор напряжения РН в результате разности напряжения задания $u_з$ и напряжения обратной связи $u_{ос}$ на нагрузке с последующим усилением в усилителе У1. Усиленная разность Δu, прямопропорциональная среднему значению тока нагрузки I_d, сравнивается с мгновенным током нагрузки i_d в компараторе РТ релейного типа. Момент выключения силового ключа соответствует достижению током i_d верхней границы допустимой полосы $I_{d\max}$, а включение – нижней границе $I_{d\min}$ (см. рис. 6, б). Очевидно, что середина полосы ($d\max$ $d\min$) 2 I - I соответствует среднему значению тока нагрузки I_d.

Наиболее часто этот режим работы контроллера используется в системах переменного тока для обеспечения синусоидальной формы входного или выходного тока преобразователя. Например, в корректорах коэффициента мощности ККМ или ОПН, когда осуществляется «слежение» за током нагрузки в заданной полосе.

Гистерезисный токовый режим относится к системам с ЧШИМ. Поэтому одним из **достоинств** этого способа управления является его высокое быстродействие при возмущениях со стороны нагрузки, что позволяет улучшить динамические характеристики преобразователя и обеспечить их эффективную

защиту от перегрузки по току. Известным **недостатком** таких систем является изменение частоты коммутации в процессе работы. Основным ограничением является необходимость использования в таких системах более «тяжелых» входных и выходных фильтров, имеющих худшие удельные массогабаритные показатели.

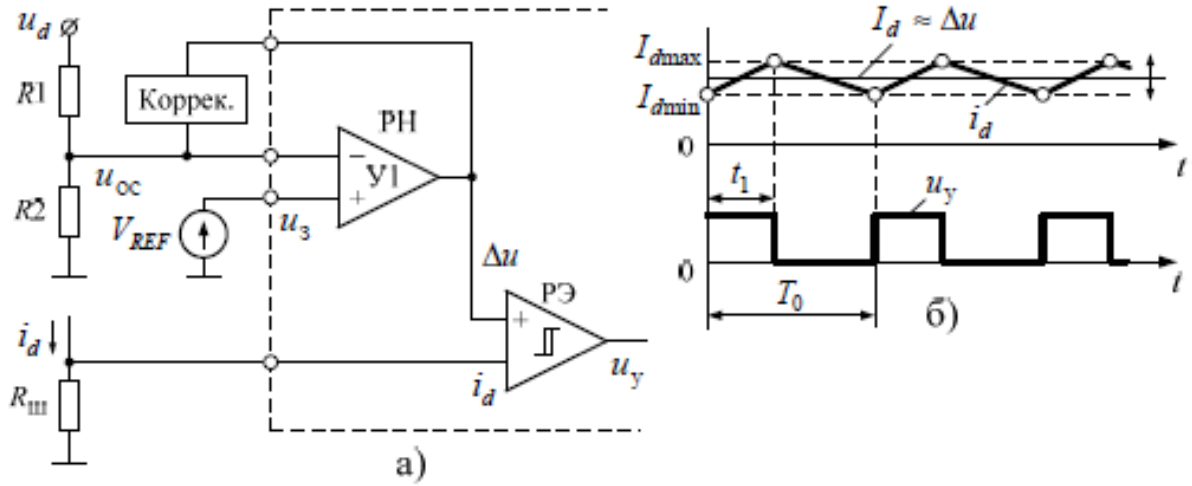


Рисунок 6 – Схема управления в гистерезисном токовом режиме (а) и временные диаграммы сигналов, поясняющие принцип данного режима контроллера (б)

Как правило, контроллеры, работающие в режиме напряжения используются для управления понижающими ППН, прямоходовыми ИВЭП, а управление в токовом режиме лучше подходит для повышающих ППН, обратноходовых ИВЭП, корректоров коэффициента мощности и др.

Библиографический список

1. Ирвинг М. Источники питания. Инверторы, конверторы, линейные и импульсные стабилизаторы / М. Ирвинг.Д. Готтлиб. – М.: Постмаркет, 2002. – 544 с.
2. Никитин А.М. DC/DC-конверторы SupIRBuck в распределенных системах электропитания / А.М. Никитин, Стариков О.Р. // Новости электроники. – 2009. – № 15.
3. Мэк Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению / Р. Мэк. – М: Додэка-XXI, 2008. – 272 с.
4. Костиков В.Г. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: учеб. для ВУЗов / В.Г. Костиков, Е.М. Парфенов, В.А. Шахнов. – М: Горячая линия-Телеком, 2001. – 344 с.

УДК 66.665.6/.7

Линия производства биодизельного топлива

Шевцов А.А., Ткач В.В., Сердюкова Н.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация: В настоящее время все большее применение в мире находят альтернативные источники энергии, получаемые из возобновляемых природных ресурсов. Таким источником является более экологичное по сравнению с обычным – биодизельное топливо, производимое из масличных культур. Одним из перспективных направлений при производстве биодизельного топлива является использование теплонасосных технологий.

Abstract: Currently, alternative energy sources are increasingly being used in the world, derived from renewable natural resources. Such a source is more environmentally friendly compared to conventional – biodiesel, produced from oilseeds. One of the promising directions in the production of biodiesel is the use of heat pump technologies.

Ключевые слова: биодизельное топливо, масличные культуры, теплонасосные технологии.

Keywords: biodiesel fuel, oilseeds, heat pump technologies.

Железнодорожный транспорт является одним из крупнейших потребителей нефтяного топлива в нашей стране. Только на осуществление тяги поездов тепловозами в ОАО «РЖД» ежегодно расходуется примерно 3 млн. тонн дизельного топлива, цены на которое, начиная с 2000 года, выросли более чем в три раза. И это не предел. При растущем дефиците цены на этот сырьевой ресурс с каждым годом увеличиваются, что естественным образом влечёт за собой повышение стоимости нефтепродуктов, в том числе топлива.

Сложившаяся ситуация вынуждает железнодорожников вести постоянный поиск наиболее эффективных решений, направленных на обеспечение устойчивого снабжения тягового состава нефтяным топливом и снижение расходов на его приобретение. В настоящее время замена нефтяного топлива более дешёвыми и менее дефицитными альтернативными видами является актуальной задачей. Сегодня российские и зарубежные учёные активно занимаются этим вопросом – в качестве «заместителя», в первую очередь, рассматривается биодизельное топливо [2].

По сравнению с обычным дизельным топливом биодизельное топливо обладает следующими преимуществами: довольно высокие смазочные характеристики, относительная безопасность применения, оно не оказывает негативного воздействия на окружающую среду. Биодизельное топливо используется в автотранспорте, сельскохозяйственной технике и на железнодорожном транспорте.

Первый локомотив в мире, который работает полностью на биодизеле на основе растительного масла, был построен в Крайове (Румыния) в 2015 году (рис. 1).

Рисунок 1 – Румынский локомотив с биодизельным топливом

ОАО «Российские железные дороги» (РЖД) провело испытания по использованию биодизельного топлива [1] из рапсового масла на тепловозах депо Воронеж-Курский Юго-Восточной железной дороги. Для годовых испытаний были выделены четыре маневровых тепловоза ЧМЭ3. Три из них работали на биодизельном топливе с концентрацией метилового эфира рапсового масла (МЭРМ) соответственно 5, 10 и 20%. Четвёртый тепловоз в группе был контрольным и работал на обычном дизельном топливе. Испытания показали, что биодизельное топливо по техническим характеристикам не уступает обычному, а по ряду показателей его превосходит. К примеру, содержание в биодизельном топливе кислорода улучшило процесс сгорания. Все выше изложенное позволяет сделать вывод, что разработка новых линий по производству биодизельного топлива является актуальной задачей.

К недостаткам известных линии производства биодизельного топлива следует отнести:

- не реализованы возможности энергосбережения, связанные с организацией замкнутых термодинамических циклов с возможностью рекуперации и утилизации вторичных энергоресурсов;

- не предусмотрена первичная обработка сырья, что не может обеспечить получение биодизельного топлива высокого качества, а также может приводить к снижению эксплуатационной надежности оборудования;

- не используются теплонасосные технологии, позволяющие сделать линию энергосберегающей и экологически безопасной [1, 6].

В предложенной линии производства биодизельного топлива решались задачи повышения эксплуатационной надежности, снижение теплоэнергетических затрат, повышение качества биодизельного топлива, создание условий экологической безопасности [5].

На рис.2 представлена линия производства биодизельного топлива [3, 4].

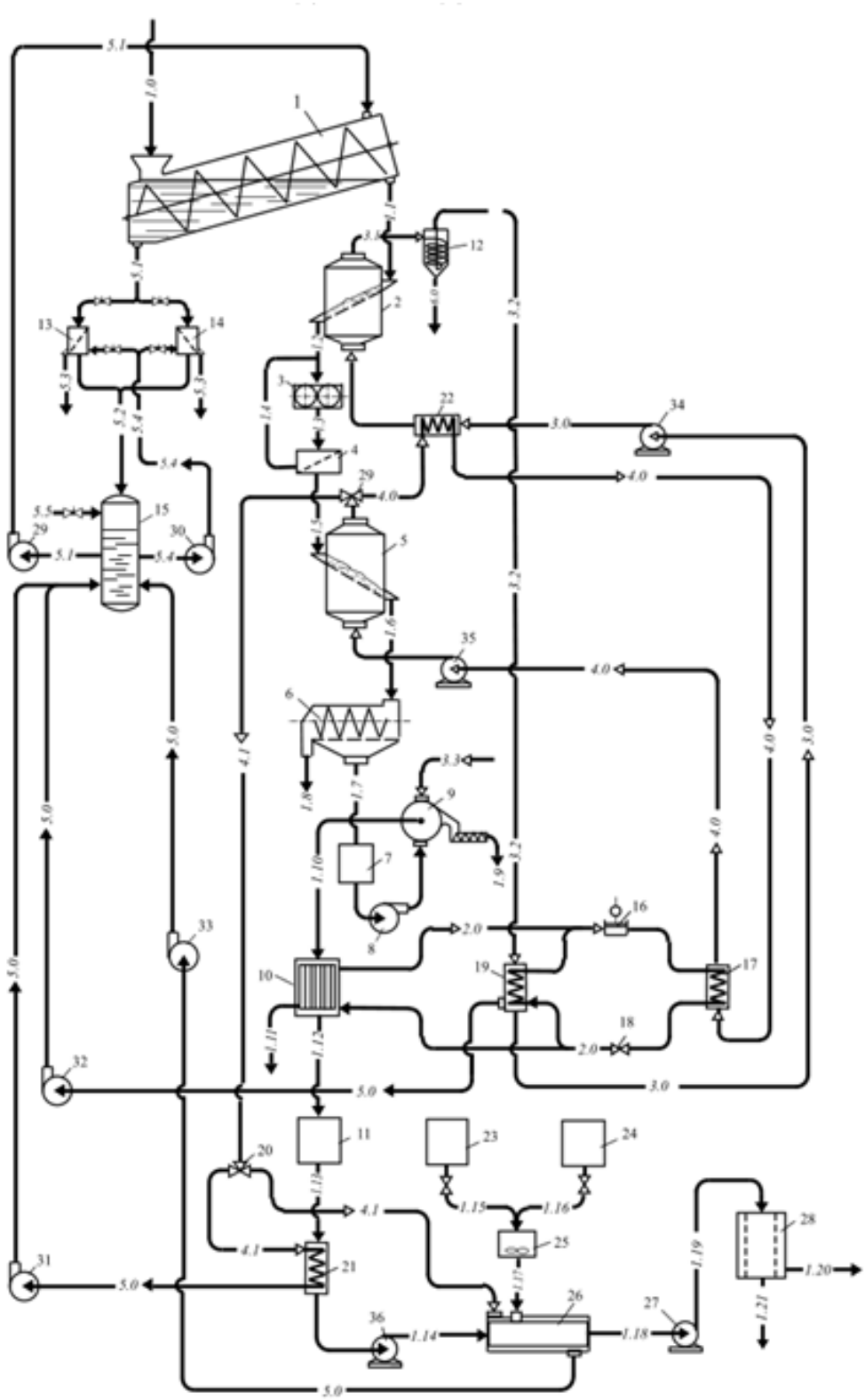


Рисунок 2 – Линия производства биодизельного топлива

Линия содержит моечную машину 1; сушилку 2; вальцевый станок 3; сепарирующую машина 4; обжарочный аппарат 5; форпресс 6; накопительную емкость для масла 7; масляные насосы 8, 36; барабанный фильтр 9; экспозитор 10; промежуточный сборник масла 11; циклон 12; фильтры 13,14; сборник конденсата 15; высокотемпературный парокомпрессионный тепловой насос, включающий компрессор 16, конденсатор 17, терморегулирующий вентиль 18, испаритель 19;

распределитель потока 20; проточный подогреватель 21; рекуперативный теплообменник 22; сборник метанола 23; сборник гидроксида калия 24; смеситель 25; гидромеханический смеситель с обогревающей рубашкой 26; насос-кавитатор 27; разделительную центрифугу 28; насосы 29, 30, 31, 32, 33; вентиляторы 34, 35.

Высокотемпературный парокомпрессионный тепловой насос обеспечивал необходимую производительность трубчатого конденсатора с рабочей температурой конденсации озонобезопасного фреона R – 134 160..180° С при получении перегретого пара с температурой 140…160° С, необходимого как для эффективной реализации процесса обжарки предварительно высушенных и измельченных масличных семян, так и для реализации предыдущей сушки семян, связанной с нагреванием сушильного агента за счет теплоты отработанного перегретого пара; снижением вязкости масла в проточном подогревателе и интенсификацией процесса переэтерификации в гидромеханическом смесителе.

Способ производства биодизельного топлива реализован на экспериментальной поточной линии производительностью 3…5 т/ч по исходным бобам сои с масличностью 19…22 % в производственных условиях.

Таким образом, предлагаемая линия производства биодизельного топлива позволяет создать условия для реализации энергетически эффективной технологии в непрерывном режиме эксплуатации основного и вспомогательного оборудования.

Библиографический список

1. Воропай Н.И. Глобальные тенденции в энергетике на рубеже столетий / Н.И. Воропай // Энергия: экономика, техника, экология. – 2000. – № 12. – С. 38-31.
2. Григорович Д.Н. Применение биотоплива на железнодорожном транспорте / Д.Н. Григорович // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – № 1 (13). – С. 59-65.
3. Пат. № 2646755 РФ, МПК C10L 1/02. Линия производства биодизельного топлива / В.В. Ткач, С.А. Шевцов; заявитель и патентообладатель Ткач Владимир Владимирович, Шевцов Сергей Александрович. – № 2017112845, заявл. 13.04.2017; опубл. 07.03.2018. Бюл. № 7.
4. Пат. 2693046 С1, МПК C11C 3/04, C11C 3/10, C10L 1/02, C07C 67/03. Способ управления процессом переработки масличных семян в биодизельное топливо / А.А. Шевцов, В.В. Ткач, Т.Н. Тертычная, Н.А. Сердюкова; заявитель и патентообладатель А.А. Шевцов, В.В. Ткач, Т.Н. Тертычная, Н.А. Сердюкова. - № 2018126879; заявл. 20.07.2018; опубл. 31.05.2019. Бюл. № 19.
5. Ткач В.В. Линия производства альтернативного топлива с использованием теплового насоса / В.В. Ткач, Н.А. Сердюкова // IX Междунар. науч.-практ. конф. «Транспорт Евразии XXI века: Современные цифровые технологии на рынке транспортных и логистических услуг». – Алматы: Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, 2018. – С. 480-484.
6. Шевцов А.А. Управление теплонасосной технологией переработки масличных культур в биодизельное топливо / А.А. Шевцов, Т.Н. Тертычная, В.В. Ткач, Н.А. Сердюкова // Химическая промышленность. – 2020. – №2. – С. 1-7.

ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

(Воронеж, 10 июня 2021 г.)

ТРУДЫ 1-й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Отпечатано: филиал РГУПС в г. Воронеж
г. Воронеж, ул. Урицкого 75А
тел (473) 253-17-31

Подписано в печать 23.06.2021 Формат 21х30 ½
Печать электронная Усл.печ.л. – 16,2
Тираж 20 экз.