

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА
МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПГАУ

ИННОВАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ И ТРАНСПОРТЕ

**VII Всероссийская научно-техническая конференция
для молодых ученых и студентов с международным участием**

Сборник статей

16 - 17 марта 2021

г. Пенза

Под общей редакцией доктора технических наук, профессора, академика РАТ
В.В. Салмина.

ОРГКОМИТЕТА КОНФЕРЕНЦИИ

В.В. Салмин зав. кафедрой «Транспортные машины», д.т.н., профессор ПГУ;
С.Ю. Киреев декан факультета машиностроения и транспорта, д.т.н., профессор ПГУ;
А.Е. Розен зав. кафедрой «Сварочное, литейное производство и материаловедение», д.т.н., профессор ПГУ;
А.Е. Зверовщиков зав. кафедрой «Технология машиностроения», д.т.н., профессор ПГУ;
Н.Н. Вершинин зав. кафедрой «Техносферная безопасность», д.т.н., профессор ПГУ;
А.Ю. Муйземнек зав. кафедрой «Теоретическая и прикладная механика и графика», д.т.н., профессор ПГУ;
Ю.П. Перелыгин зав. кафедрой «Химия», д.т.н., профессор ПГУ;
А.В. Липов зав. кафедрой «Компьютерное проектирование технологического оборудования», к.т.н., профессор ПГУ;
А.А. Войнов к.т.н., доцент кафедры «Транспортные машины» ПГУ.

Инновации технических решений в машиностроении и транспорте: сборник статей VII Всероссийской научно-технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием / МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2021. – 274 с.

В сборнике статей представлены труды посвященные различным аспектам инновационных идей в машиностроении и транспорте. Изложены вопросы проектирования и конструирования современной автотракторной техники, применения новых технологий в машиностроительном производстве, создании новых конструкционных материалов, машин и механизмов. Отдельно рассматриваются проблемы безопасности транспортных процессов и организации работы транспортных и логистических систем, применения в организации дорожного движения информационно-измерительных приборов и устройств, применяемых в новых интеллектуальных и информационных технологиях на транспорте, при автоматизации технологических процессов, в частности, в системах управления и проектирования этих систем.

The collection of articles contains works on various aspects of innovative ideas in mechanical engineering and transport. The issues of design and construction of modern automotive equipment, application of new technologies in machine-building production, creation of new construction materials, machines and mechanisms are described. The problems of safety of transport processes and the organization of transport and logistics systems, the use of information and measuring devices and devices used in new intelligent and information technologies in transport, the automation of technological processes, in particular, in the management and design of these systems, are considered separately.

УДК 621.43.068.1

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ В ТРАКТОРЕ

Д.Н. Абаренчева, А.С. Крупкин, А.А. Войнов

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В данной работе рассмотрен процесс вторичного использования теплоты выхлопных газов двигателя для обеспечения оптимального теплового режима в коробке передач трактора.

Ключевые слова: выхлопные газы, трактор, тепловой режим, теплообменные аппараты.

Готовность машин к работе в зимний период эксплуатации обеспечивается путем их хранения в закрытых отапливаемых и закрытых неотапливаемых помещениях, а также на открытых специальных площадках или по месту работы. При хранении на открытых площадках машины могут оснащаться индивидуальными подогревателями.

Во время стоянки в отапливаемом помещении нагреву подвергаются все узлы и детали многотонной машины, следовательно, затраты энергии на одно машино-место будут максимальными. При групповом хранении на открытых площадках обогревается только моторный отсек, что сопровождается значительным сокращением затрат энергии на одну и ту же машину. Применение автономных подогревателей резко сокращает затраты энергии по сравнению с вышеперечисленными способами.

Известно, что работа двигателя в после пусковой период характеризуется большой неполнотой сгорания топлива, интенсивным износом деталей цилиндропоршневой группы, существенным увеличением вредных выбросов в атмосферу, потерями мощности в узлах и агрегатах машины и, как следствие, большим расходом топлива.

Очевидно, что предпочтение нужно отдавать тем способом, которые требуют минимальных затрат энергии на предпусковую подготовку, способствуют качественному процессу сгорания топлива в двигателе, сокращают время после пускового прогрева и расход топлива машиной.

Неполнота сгорания – результат низкого теплового режима двигателя. Холодное топливо, подаваемое форсункой в камеру сгорания, не

успевают полностью испариться и сгореть. Так при работе непрогретого двигателя в процессе сгорания топлива образуются смолистые и окисляющие вещества, которые способствуют сильному нагарообразованию, возникновению коррозии и быстрому износу цилиндропоршневой группы (ЦПГ). На «холодных» стенках цилиндра конденсируется топливо, которое смывает слой смазки с зеркала цилиндров и еще больше увеличивает механические и коррозионные износы. Установлено, что при температуре охлаждающей жидкости 55°C износ поршневых колец двигателя увеличивается в четыре раза, при 40°C – в двенадцать раз, а при 30°C – в двадцать раз по сравнению со степенью износа происходящим при нормальном тепловом режиме двигателя ($85 - 90^{\circ}\text{C}$). [1,2,3]

Низкие температуры увеличивают вязкость электролита, при этом возрастает электрическое сопротивление и снижается скорость проникновения его в поры активной массы пластин. С понижением температуры электролита от плюс 30°C до минус 40°C его удельное сопротивление возрастает в восемь раз. [4,5]

При работе машин зимой приходится учитывать отрицательное влияние низких температур на металлы, резину и другие материалы. Они становятся более хрупкими и не переносят ударные нагрузки. Лакокрасочные покрытия теряют механическую прочность, растрескиваются и отслаиваются.

Для полезного использования части теплоты отработавших газов необходима такая система, которая позволяла бы не только отбирать часть теплоты, рассеиваемой с отработавших газов, но и распределять ее в нужном количестве между потребителями в автоматическом режиме.

При разработке такой системы, в первую очередь, необходимо решить задачу отбора теплоты от отработавших газов и передачу ее теплопотребителям без внесения значительных изменений в конструкцию трактора или машины.

Известно, что самыми распространенными устройствами теплообмена являются теплообменные аппараты, поэтому для отбора теплоты отработавших газов необходимо использовать именно данные устройства.

Решить данную задачу также возможно путем введения в разрабатываемую систему теплообменников, которые в свою очередь будут осуществлять теплообмен между утилизационным контуром и теплопотребителями.

Наибольшее распространение в народном хозяйстве получили рекуперативные теплообменники, в которых горячий и холодный теплоносители движутся в разных каналах, в стенке между которыми происходит теплообмен.

В зависимости от направления движения теплоносителя рекуперативные теплообменники могут быть прямоточными при параллельном

движении в одном направлении, противоточными при параллельном встречном движении, а также перекрестными при взаимно перпендикулярном движении двух взаимодействующих сред [6].

Для реализации системы вторичного использования теплоты отработавших газов, необходимо рассчитать и изготовить, как минимум, два теплообменных аппарата – теплообменник утилизационного контура и теплообменник одного из теплопотребляющих контуров.



Рисунок 1 – Виды рекуперативных теплообменников

Для реализации системы вторичного использования теплоты отработавших газов, необходимо рассчитать и изготовить, как минимум, два теплообменных аппарата – теплообменник утилизационного контура и теплообменник одного из теплопотребляющих контуров.

Рекуперативный теплообменник утилизационного контура является газожидкостным, поэтому целесообразно его конструировать кожухотрубным. В теплообменных аппаратах теплопотребляющих контуров, где присутствует принудительная циркуляция рабочей жидкости теплопотребителя (системы охлаждения и смазки двигателя, гидравлическая система КП и т.д.), в качестве греющего и нагреваемого теплоносителей используются жидкости, поэтому возможно применение теплообменников различных конструкций.

Логическая последовательность разработки системы утилизации теплоты отработавших газов и оборудование трактора приведена на рисунке 2.

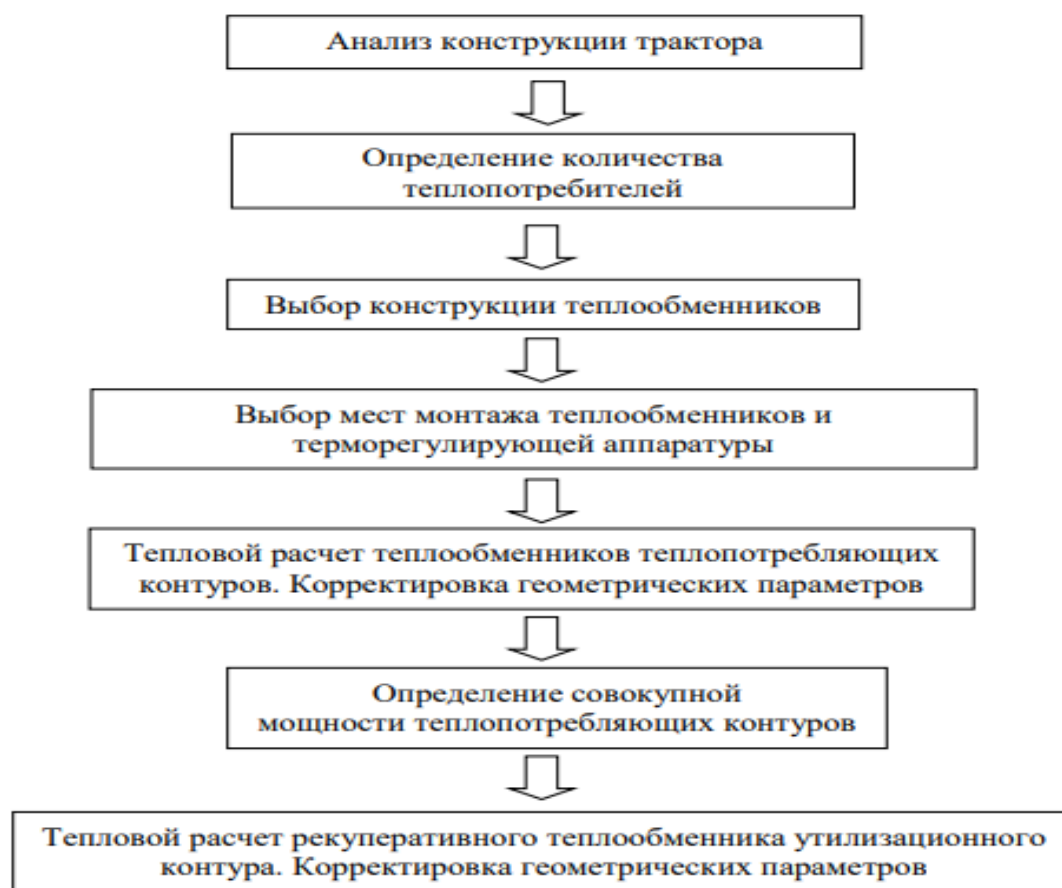


Рисунок 2 – Последовательность выполнения технологических операций по оборудованию трактора системой автоматического поддержания оптимальных температур рабочих жидкостей и масел в основных агрегатах и узлах.

Техническая задача, целью которой является снижение неполноты сгорания и потерь мощности в моторно-трансмиссионной установке (МТУ) трактора, может быть решена путем введения новых конструктивных и функциональных элементов и изменения характера взаимосвязи между существующими и новыми элементами систем МТУ, работающей в широком диапазоне температур окружающей среды. На рисунке 3 представлена функциональная схема системы, которая позволяет сократить время послепускового прогрева и обеспечивает автоматическое поддержание оптимальных температур рабочих жидкостей и масел в основных агрегатах и узлах самоходных машин при последующей работе.

Утилизационный контур включается в работу сразу после пуска двигателя. Теплота отработавших газов аккумулируется теплоносителем. В качестве теплоносителя может использоваться жидкость с высокой температурой кипения и высокими коэффициентами теплоемкости и теплоотдачи.

Теплообменники теплопотребляющих контуров могут быть внешними или внутренними (встроенными). В теплообменниках происходит

теплопередача от теплоносителя к рабочим жидкостям, циркулирующим в контурах теплоснабжения.

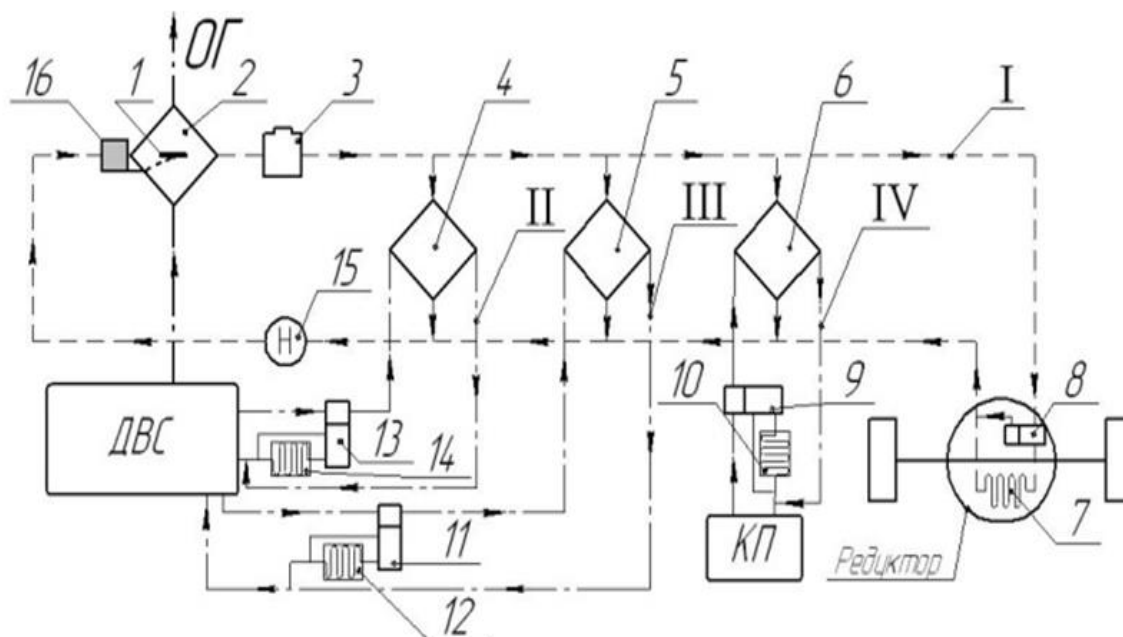


Рисунок 3 – Функциональная схема системы послепускового прогрева и автоматического поддержания оптимальных температур рабочих жидкостей и масел в основных агрегатах и узлах самоходных машин при последующей работе : I – контур утилизационный; II – контур теплопотребления системы охлаждения ДВС; III – контур теплоснабжения системы смазки ДВС; IV – контур теплоснабжения системы смазки КП;

1 – газовая заслонка ; 2 – газо-жидкостный теплообменник утилизационного контура ; 3 – расширительный бак теплоносителя утилизационного контура ; 4 – теплообменник контура теплоснабжения системы охлаждения ДВС; 5 – теплообменник контура теплоснабжения системы смазки ДВС; 6 – теплообменник контура теплоснабжения системы смазки КП; 7 – теплообменник ведущего моста ; 8 – терморегулятор ведущего моста ; 9 – терморегулятор контура теплоснабжения системы смазки КП; 10 – масляный радиатор системы смазки коробки передач; 11 – терморегулятор контура теплоснабжения системы смазки ДВС; 12 – масляный радиатор системы смазки ДВС; 13 – терморегулятор (термостат) контура теплоснабжения системы охлаждения ДВС; 14 – радиатор системы охлаждения ДВС; 15 – циркуляционный насос утилизационного контура ; 16 – терморегулятор с исполнительным механизмом заслонки.

Контур теплоснабжения содержит жидкостно-жидкостный теплообменник, который предназначен для подвода теплоты к системе жидкостного охлаждения ДВС, жидкостно-масляный теплообменник – для системы смазки ДВС, жидкостно-масляный теплообменник – для коробки передач, жидкостные теплообменники – для ведущих мостов и других ре-

дукторов трансмиссии трактора. Для поддержания оптимального теплового режима в системах жидкостного охлаждения, смазки ДВС и смазки коробки передач установлены радиаторы охлаждения и регуляторы температуры.

Система работает следующим образом. При пуске холодного двигателя заслонка 1 закрыта. Выхлопные газы проходят только через кожухотрубную часть газожидкостного теплообменника 2. Теплоноситель, который находится в утилизационном контуре, нагревается и подается с помощью циркуляционного насоса 15 в соответствующий контур теплообменников 4 – 7 и т.д. При достижении заданной температуры заслонка 1 в результате срабатывания терморегулятора с исполнительным механизмом 16 открывается, и выхлопные газы выбрасываются в атмосферу, минуя теплообменник 1.

Теплообменник 4 включен последовательно малому кругу циркуляции жидкости в системе охлаждения через терморегулятор (термостат) 13 и параллельно охлаждающему радиатору 14 ДВС. После пуска холодного двигателя охлаждающая жидкость проходит через терморегулятор 13, поступает в теплообменник 4, нагревается и подается обратно в двигатель (на линию всасывания циркуляционного насоса или блок двигателя). При достижении оптимального теплового режима в системе охлаждения двигателя терморегулятор перекрывает трубопровод, и подача охлаждающей жидкости в теплообменник 4 прекращается. Дальнейшее повышение температуры охлаждающей жидкости в ДВС сопровождается включением в работу радиатора охлаждения 14. Система охлаждения ДВС с теплообменником способна отрабатывать промежуточные положения, когда охлаждающая жидкость одновременно циркулирует через теплообменник 4 и охлаждающий радиатор 14. Таким образом, обеспечиваются сокращение времени после пускового прогрева ДВС и стабилизация его теплового режима на оптимальном уровне.

Теплообменник 5 включен параллельно масляному радиатору 12 ДВС через терморегулятор 11. После пуска холодного двигателя масло из поддона двигателя закачивается радиаторной секцией масляного насоса ДВС и через терморегулятор 11 поступает в теплообменник 5, нагревается и по трубопроводу сливается в поддон. При достижении оптимального теплового режима масла в системе смазки двигателя подача масла в теплообменник прекращается. Дальнейшее повышение температуры масла в системе смазки вызывает включение в работу радиатора охлаждения масла 12. Система охлаждения масла с теплообменником может также отрабатывать промежуточные положения, когда масло одновременно циркулирует через теплообменник 5 и охлаждающий радиатор.

Таким образом, достигается оптимизация температуры масла в системе смазки и сокращение времени прогрева ДВС.

Теплообменник 6 включен параллельно масляному радиатору 10 коробки передач (КП) самоходной машины через терморегулятор 9. После

холодного пуска двигателя масло засасывается из КП масляным насосом (или радиаторной секцией масляного насоса.) и через терморегулятор 9 подается в теплообменник 6, где нагревается и далее по трубопроводу сливается во внутреннюю полость маслозаборника КП. При достижении оптимального теплового режима в системе смазки КП подача масла в теплообменник прекращается. Дальнейшее повышение температуры масла в системе смазки КП сопровождается включением в работу радиатора охлаждения масла 10. Таким образом, достигаются сокращение времени прогрева и стабилизация теплового режима КП в широком диапазоне температур окружающей среды.

В редукторах (ведущие мосты, бортовые редукторы, раздаточные коробки и т.д.) теплообменники размещаются непосредственно в корпусах. Например, в корпусе одного из ведущих мостов установлен теплообменник 7 с терморегулятором 8. Терморегулятор 8 содержит термочувствительный силовой элемент, который срабатывает при определенной температуре и обеспечивает циркуляцию теплоносителя через теплообменник или мимо него. Таким образом, достигается сокращение времени прогрева редукторов в трансмиссии трактора и дальнейшая стабилизация их теплового режима.

Список использованных источников.

1. Бережнов, Н.Г. Основы эксплуатации машинно-тракторного парка в зимних условиях Западной Сибири / Н.Г. Бережнов. – Барнаул, 1975. – 330 с.
2. Бережнов, Н.Г. Лекции по зимней эксплуатации машинно-тракторного парка. / Н. Г. Бережнов; Алт. с.-х. ин-т. – Барнаул, 1972. – 151 с.
3. Цуцоев, В.И. Зимняя эксплуатация тракторов / В.И. Цуцоев – 3 – е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1993. – 111 с.
4. Конофеев Н.Т. Автомобильные аккумуляторные батареи / Н.Т. Конофеев. – М.: Изд-во: ДОСААФ СССР, 1979. – 64 с.
5. Панкратов, Н.А . Эксплуатация аккумуляторов при низких температурах / Н.А . Панкратов и др. // Автомобильный транспорт. – 1982. – № 2.
6. Бажан, П.И. Справочник по теплообменным аппаратам / П.И. Бажан, Г.Е . Каневец, В.М. Селиверстов. – М.: Машиностроение , 1989. – 368 с.
7. Курносов, А .Ф. Подогрев механической коробки передач транспортных средств сельскохозяйственного назначения в условиях Сибири: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Курносов Антон Федорович. – Новосибирск, 2016. – 148 с.

SECONDARY USE OF EXHAUST GASES IN THE TRACTOR

D.N. Abarencheva, A.S. Krupkin, A.A. Voinov

FSBEI HE "Penza State University"
Penza, Russia

The process of secondary use of engine exhaust heat to ensure optimal thermal conditions in the tractor gearbox is considered.

Keywords: exhaust gases, tractor, heat regime, heat exchangers.

УДК 621

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР В ОСВОЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ДИСЦИПЛИН

И. А. Абрамов, Т. С. Абрамова, В. Ю. Игнатьюгин

*ФГБОУ ВО «Сибирский Государственный
Университет Путей Сообщения»
г. Новосибирск, Россия*

В статье описываются варианты применения различных программных комплексов для компьютерного проектирования и расчета 3D-моделей и конструкций.

Ключевые слова: САПР, конический редуктор, SolidWorks, APM WinMachine.

Развитие современного производства в любой отрасли промышленности напрямую связано с широким использованием систем автоматизированного проектирования. Начиная от возникновения идеи, её реализации: выпуска изделия, отслеживания его жизненного цикла вплоть до утилизации во многих случаях полностью или частично реализуется на основе различных пакетов САПР. В настоящее время, при обучении студентов появилась возможность наглядно продемонстрировать использование САПР при решении не отдельно взятых задач в изучаемых дисциплинах, а показать комплексный подход к реализации учебных проектов. Начиная с разработки схем, например, в рамках дисциплины «Теория механизмов и машин» и заканчивая проектом, предоставляемым для защиты в качестве выпускной квалификационной работы [1 – 3].

В ходе изучения дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» нами был освоен программный комплекс SolidWorks. Данный комплекс обладает широким спектром возможностей, такими как: создание 3D-моделей; задание необходимого материала модели; вычерчи-

вание чертежей, связанных с моделью; имитация работы различных механизмов; расчет узлов модели на прочность и др.

В рамках освоения дисциплины преподавателями была поставлена задача в создании 3D-модели и конструкторской документации к ней (чертеж общего вида, чертеж сборочный, спецификация), с соблюдением стандартов ЕСКД, конического редуктора.

Конические передачи используются в конических редукторах, поэтому получили широкое применение в подъемно-транспортных и дорожных машинах и механизмах (лебедках, коробках перемены передач и др.). Конические передачи служат для передачи вращающего момента между валами с пересекающимися осями под различными углами. Наиболее распространена в машиностроении коническая передача с углом между осями 90° , но могут быть передачи и с углом от 90° до 170° [4].

При помощи стандартных инструментов SolidWorks были спроектированы такие детали редуктора, как: корпус, палец, крышка верхняя, крышка боковая, втулка. Зубчатые колеса были смоделированы по заданным параметрам. Стандартные изделия, такие как подшипники, шайбы и винты, были взяты из «Библиотеки стандартных элементов SolidWorks Toolbox».

После создания всех необходимых элементов была произведена операция сопряжения деталей корпуса с зубчатыми колесами и установка стандартных изделий, заданы необходимые материалы деталям.

Так как при работе конические колеса испытывают большие напряжения на изгиб и кручения, целесообразно использовать в качестве материала для зубчатых колес углеродистую или легированную сталь. В нашей работе использовались конические колеса из углеродистой стали.

Окончательная трехмерная модель конического редуктора представлена на рисунке 1.

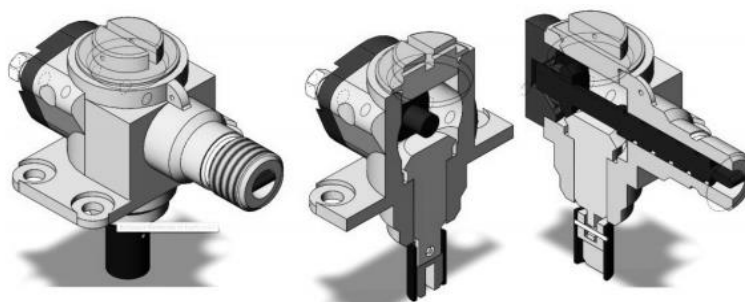


Рисунок 1 – Модель конического редуктора

После конструирования редуктора были созданы: чертеж общего вида, чертеж сборочный, спецификация.

Прочностной расчет каких-либо деталей или конструкций можно производить не только в программном комплексе SolidWorks. В рамках изучения дисциплины «Строительная механика и металлические кон-

струкции машин» был изучен программный комплекс APM WinMachine. Данный программный продукт позволяет произвести расчет конструкции практически любой сложности, ограничивается все мощностью компьютера пользователя.

Во время изучения учебной дисциплины был выполнен курсовой проект на тему «Расчет фермы козлового крана», в ходе которого был произведен расчет усилий в элементах фермы крана в программном модуле Structure3D системы APM WinMachine.

Перед выполнением расчетов с использованием программного комплекса, были определены расчетные нагрузки: веса груза, грузовой тележки, ветра, сил инерции, сила от раскачивания груза.

После чего необходимо создать пространственную стержневую конструкцию фермы крана, задать закрепления и приложить к необходимым узлам расчетные нагрузки. Расчетная схема фермы приведена на рисунке 2.

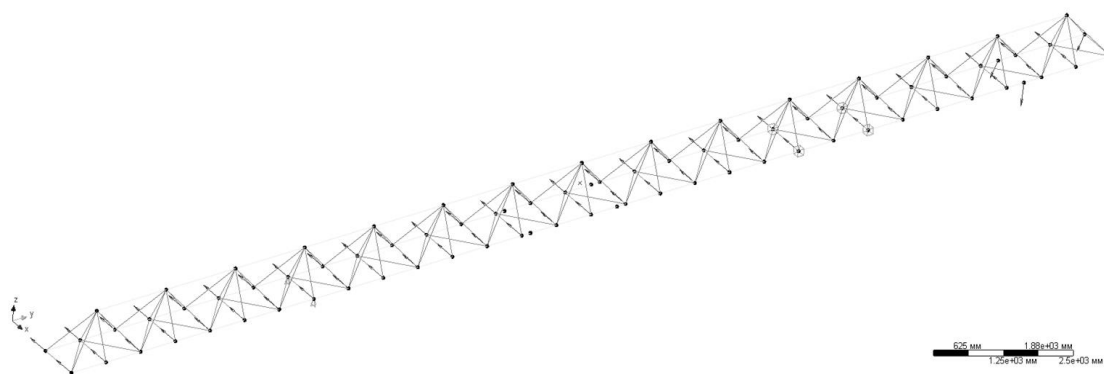


Рисунок 2 – Пространственная расчетная схема фермы крана

В работе рассматривалось 2 случая нагружения фермы: 1 случай – грузовая тележка с грузом находится в середине пролета (рисунок 3), 2 случай – грузовая тележка с грузом находится в крайнем положении (рисунок 4).

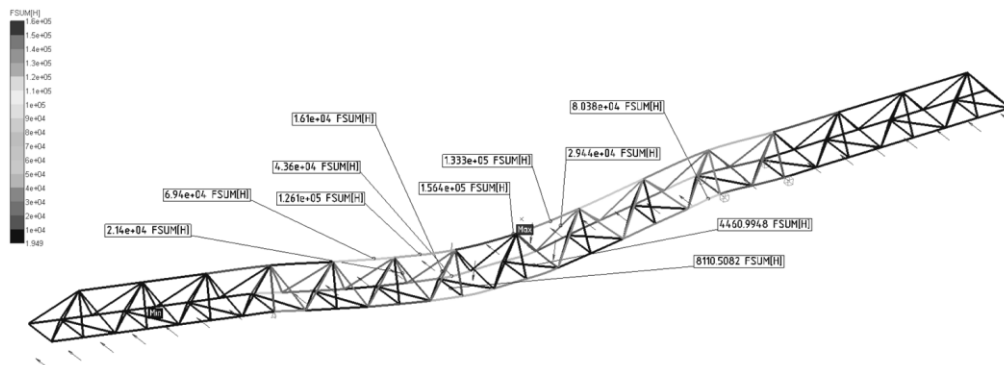


Рисунок 3 – Первый расчетный случай приложения нагрузок

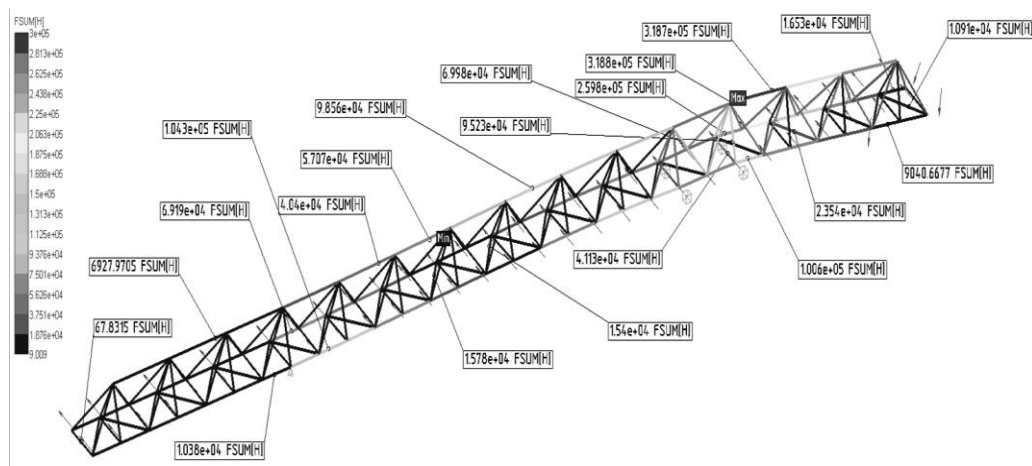


Рисунок 4 – Второй расчетный случай приложения нагрузок

После расчета фермы можно узнать усилие в любом узле и стержне. Благодаря тому, что мы будем знать все усилия, по законам сопромата (по приближенной формуле Ф. С. Ясинского) можно подобрать необходимое сечение любого элемента фермы.

Расчеты, которые позволяет выполнить САПР, значительно упрощают решение большинства задач, поэтому для инженера немаловажно умение пользоваться этими программными комплексами, а учебному заведению, либо работодателю, предоставлять возможность обучаться работе в САПРе.

Список использованных источников.

1. Глотов, В. А., Игнатюгин, В. Ю. Использование компьютерных технологий при преподавании технических дисциплин. [Текст] / В. А. Глотов, В. Ю. Игнатюгин // Омский научный вестник. 2010. №1 (87). С. 244 – 247.
2. Глотов, В. А., Игнатюгин, В. Ю. Комплексный подход к обучению инженеров-механиков с использованием компьютерных технологий (CAD, CAM, CAE систем). [Текст] / В. А. Глотов, В. Ю. Игнатюгин // Омский научный вестник. 2011. №1 (97). С. 157 – 160.
3. Калистратова, Л. Ф., Калистратова, Н. П., Волкова В. К. Внедрение информационных технологий в курс «Специальные главы физики твёрдого тела». [Текст] / Л. Ф. Калистратова, Н. П. Калистратова, В. К. Волкова // Омский научный вестник. 2011. №1 (95). С. 191 – 193.
4. Детали машин: Электронный учебный курс для студентов очной и заочной форм обучения / Составитель: к.т.н., доцент каф. теоретической и прикладной механики Каримов Ильдар // Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.detalmach.ru/> (Дата обращения 14.03.2021)

USE OF CAD IN DEVELOPMENT OF ENGINEERING DISCIPLINES

I.A. Abramov, T.S. Abramova, V. IU. Ignatiugin

*FSBEI HE "Siberian State University of Ways of Communication"
Novosibirsk, Russia*

The article describes the options for using various software systems for computer design and calculation of 3D models and structures.

Key words: CAD, bevel gear, SolidWorks, APM WinMachine.

УДК 621

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

И. А. Абрамов, Т. С. Абрамова, В. Ю. Игнатиюгин

*ФГБОУ ВО «Сибирский Государственный
Университет Путей Сообщения»
г. Новосибирск, Россия*

В статье описывается применение программного комплекса SolidWorks для компьютерного проектирования 3D-моделей и создания сопутствующей технической документации.

Ключевые слова: САПР, компьютерное проектирование, SolidWorks, 3D-моделирование, создание чертежей.

Развитие современного производства в любой отрасли промышленности напрямую связано с широким использованием систем автоматизированного проектирования. Начиная от возникновения идеи, её реализации: выпуска изделия, отслеживания его жизненного цикла вплоть до утилизации во многих случаях полностью или частично реализуется на основе различных пакетов САПР. В настоящее время, при обучении студентов появилась возможность наглядно продемонстрировать использование САПР при решении не отдельно взятых задач в изучаемых дисциплинах, а показать комплексный подход к реализации учебных проектов. Начиная с разработки схем, например, в рамках дисциплины «Теория механизмов и машин» и заканчивая проектом, предоставляемым для защиты в качестве выпускной квалификационной работы [1 – 3].

В ходе изучения дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» нами был освоен программный комплекс SolidWorks. Данный комплекс обладает широким спектром возможностей, такими как:

создание 3D-моделей; задание необходимого материала модели; вычерчивание чертежей, связанных с моделью; имитация работы различных механизмов; расчет узлов модели на прочность и др.

В рамках освоения дисциплины преподавателями была поставлена задача в создании 3D-модели и конструкторской документации к ней (чертеж общего вида, чертеж сборочный, спецификация), с соблюдением стандартов ЕСКД, шестерёнчатого насоса.

Шестерёнчатые насосы получили широкое применение в различных областях промышленности с относительно низкими рабочими давлениями до 2,5 МПа, наиболее часто их можно встретить в нефтяной, машиностроительной и химической промышленности. Они используются для перекачивания высоковязких жидкостей, таких как: пищевые масла, нефтепродукты, цемент, битум и др. Шестеренчатые насосы обладают рядом преимуществ: самые простые, как следствие, самые дешевые объёмные насосы; низкие габариты; высокая надежность; низкие требования к чистоте рабочей жидкости и др. Также у них есть ряд недостатков: низкий КПД (не более 75%) относительно других объемных насосов; пульсация рабочей жидкости в нагнетательной линии, в результате чего происходят скачки давления; высокая нагрузка на опоры шестерён, обусловленная высокой разностью давлений в нагнетательной и всасывающих областях; достаточно низкое эксплуатационное давление, так как при большом давлении будет резкое повышение износа и быстрый выход из строя. Средствами стандартных инструментов SolidWorks были спроектированы все детали шестеренчатого насоса, за исключением стандартных элементов, которые можно получить из «Библиотеки стандартных элементов SolidWorks Toolbox» с необходимыми параметрами. Вновь разработанные детали насоса: корпус, шарик, пружина, зубчатое колесо, шестерня, ось, вал, прокладка и крышка. Каждой детали был присвоен необходимый материал. Например, корпус насоса изготовлен из чугуна СЧ 21 – 40 ГОСТ 1412 – 85, так как корпус должен обладать большей прочностью по сравнению с зубчатым колесом и шестерней, поэтому они изготовлены из алюминиевого сплава АЛ2 ГОСТ 1583 – 93.

Далее все детали были сопряжены между собой и собраны в единое изделие, модель которого представлена на рисунках 1, 2 и 3.

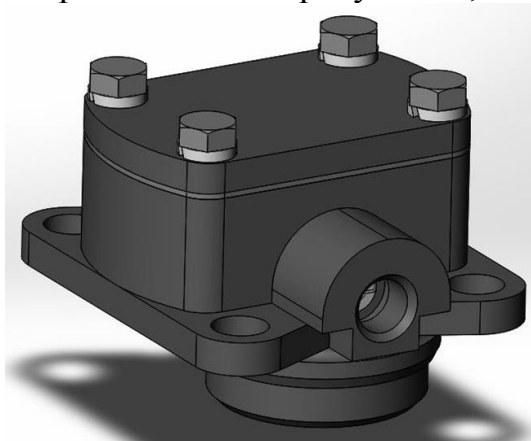


Рисунок 5 – Общий вид шестеренного насоса

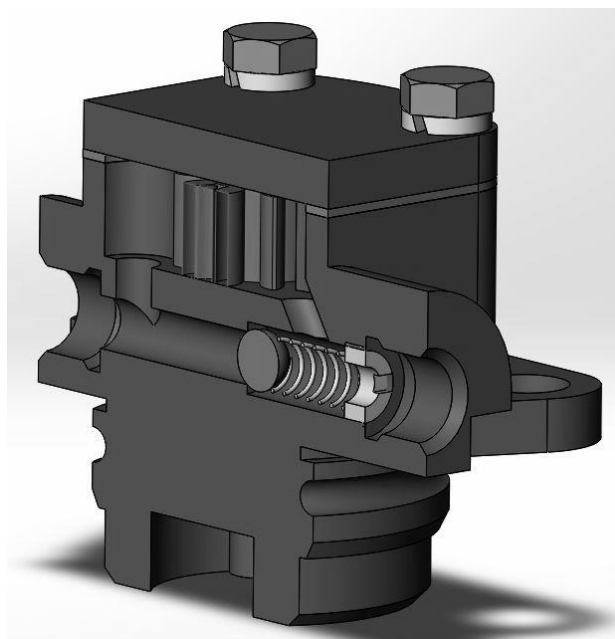


Рисунок 6 – Вид в продольном разрезе

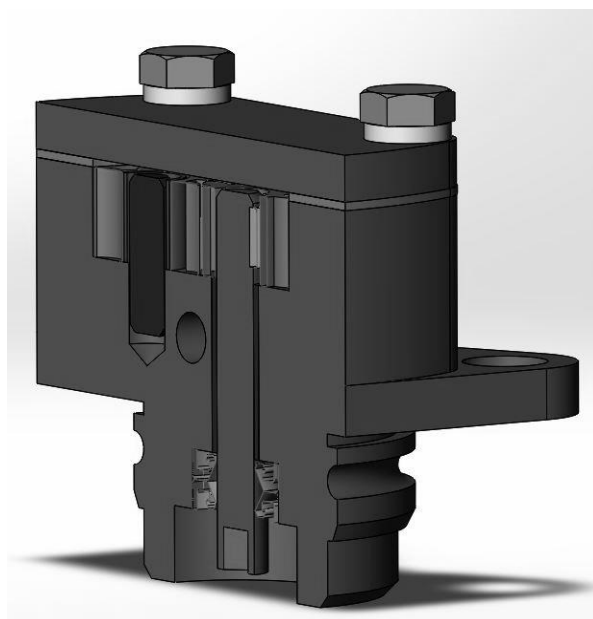


Рисунок 7 – Вид в поперечном разрезе

Далее, на основе модели насоса были созданы связанные (т. е. при изменении каких-либо параметров в 3D-модели автоматически изменяется и чертеж) чертежи – сборочный и общего вида, представленные на рисунках 4 и 5.

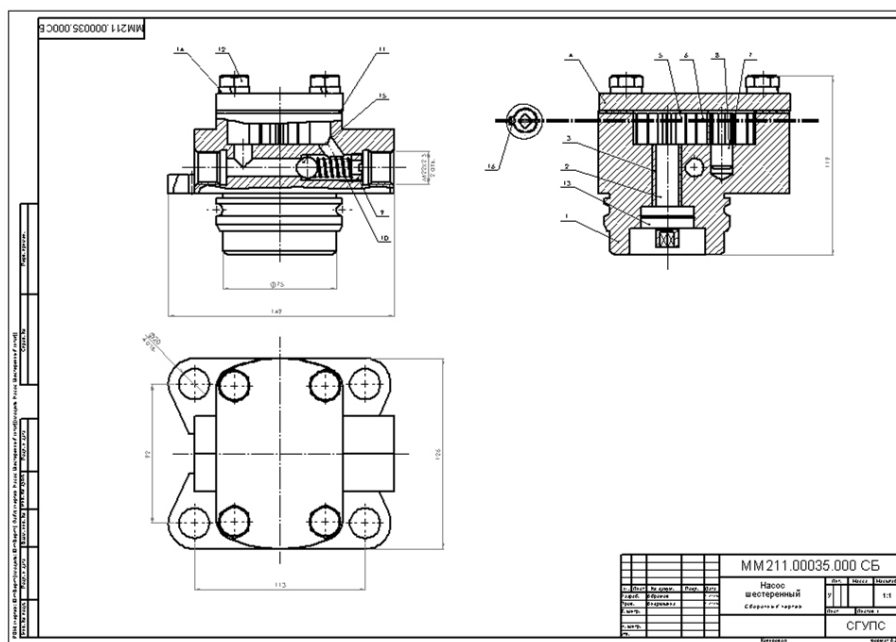


Рисунок 8 – Чертеж сборочный шестеренчатого насоса

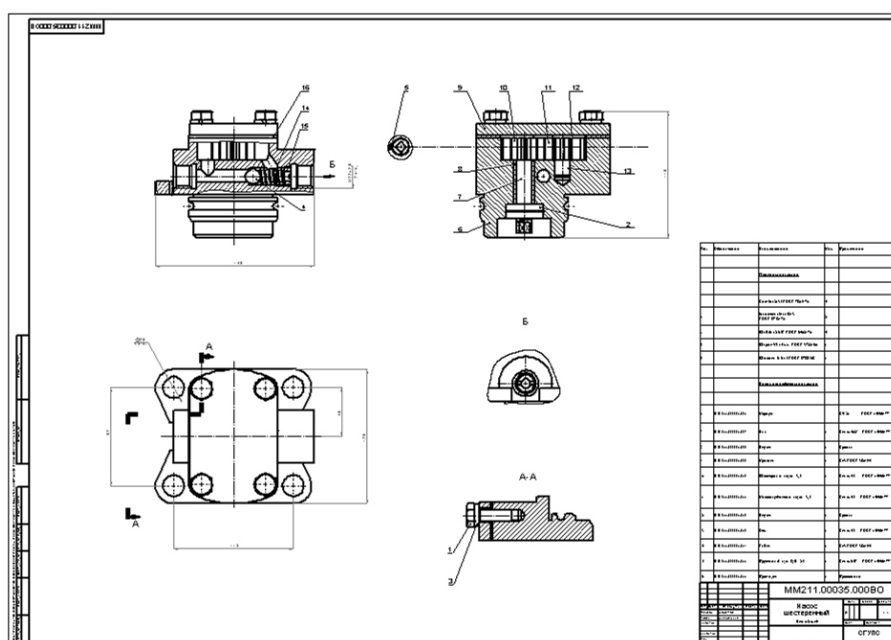


Рисунок 9 – Чертеж общего вида шестеренчатого насоса

В заключение, можно отметить, что программные комплексы сильно упрощают работу по изготовлению чертежей и помогают намного проще и быстрее понять устройство и конструкцию изделия по средствам 3D-моделирования. Но хочется отметить и тот факт, что с внедрением компьютерных технологий инженеры все реже прибегают к «ручному» черчению, что негативно сказывается на пространственном мышлении инженера и работе в условиях реального производства, когда необходимо «от руки» быстро, эскизно нарисовать чертеж той или иной детали.

Список использованных источников.

1. Глотов, В. А., Игнатьюгин, В. Ю. Использование компьютерных технологий при преподавании технических дисциплин. [Текст] / В. А. Глотов, В. Ю. Игнатьюгин // Омский научный вестник. 2010. №1 (87). С. 244 – 247.

2. Глотов, В. А., Игнатьюгин, В. Ю. Комплексный подход к обучению инженеров-механиков с использованием компьютерных технологий (CAD, CAM, CAE систем). [Текст] / В. А. Глотов, В. Ю. Игнатьюгин // Омский научный вестник. 2011. №1 (97). С. 157 – 160.

3. Калистратова, Л. Ф., Калистратова, Н. П., Волкова В. К. Внедрение информационных технологий в курс «Специальные главы физики твёрдого тела». [Текст] / Л. Ф. Калистратова, Н. П. Калистратова, В. К. Волкова // Омский научный вестник. 2011. №1 (95). С. 191 – 193.

APPLICATION OF SOFTWARE COMPLEXES FOR VISUALIZATION OF DEVELOPED PRODUCTS

I.A. Abramov, T.S. Abramova, V. IU. Ignatiugin

*FSBEI HE "Siberian State University of Ways of Communication"
Novosibirsk, Russia*

The article describes the use of the SolidWorks software package for the computer-aided design of 3D-models and the creation of related technical documentation.

Key words: CAD, computer-aided design, SolidWorks, 3D-modeling, drawing creation.

УДК 625.144.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА ПУТЕВОЙ ТЕХНИКИ

И. А. Абрамов, Т. С. Абрамова, О. А. Шаламова

*ФГБОУ ВО «Сибирский Государственный
Университет Путей Сообщения»
г. Новосибирск, Россия*

В статье, с целью совершенствования ремонта путевых машин, исследованы отказы выправочно-подбивочно-рихтовочные машин, рассмотрена текущая система планово-предупредительного ремонта, а также предложен метод внедрения системы ремонтных комплектов.

Ключевые слова: отказ, планово-предупредительный ремонт, вы-

правочно-подбивочно-рихтовочная машина, ремкомплект.

Сегодня эксплуатация путевых машин – сложный производственный процесс, представляющий взаимодействие разных структур – ЦДИ ЗСЖД (Центральная дирекция инфраструктуры Западно-Сибирской железной дороги), как эксплуатирующая сторона, и Калужский завод «РемПутьМаш» (далее – РПМ), как поставщик услуг по проведению тяжелых видов ремонта и сервисного обслуживания.

Отсутствие единой системы технического обслуживания и ремонта искажает и затрудняет поддержание заданного уровня исправности и работоспособности путевой техники из-за недостаточных знаний каждого участника о механизме возникновения отказов при техническом сопровождении путевой машины в течение всего жизненного цикла.

Следовательно, система планово-предупредительного ремонта нуждается в улучшении для повышения надежности машин.

Целью работы является совершенствование ремонта машин с использованием системы ремонтных комплектов.

Задачи:

- Провести анализ отказов машин по системам с использованием метода Парето;
- Сформировать ремонтные комплекты на основе ABC-анализа;
- Дать рекомендации по использованию системы ремонтных комплектов для машин.

На железной дороге парк насчитывает более 40 типов путевых машин.

Факторный Анализ работы путевых машин разных классов на Западно-Сибирской железной дороге в условиях высокого уровня загрузки путевых машин, а также порой в условиях дефицита информации о техническом состоянии, позволил установить перечень и распределение отказов по узлам и по отдельным системам путевых машин разных классов.

Общее количество отказов по классам отражено ниже и показывает, что наибольшая доля отказов приходится на классы путевых машин [1]:

- выправочно-подбивочно-рихтовочные машины ВПР – 27 (50 %),
- снегоуборочные машины СМ – 10 (19 %),
- автомотрисы АДМ – 10 (18 %),
- щебнеочистительные путевые комплексы РМ – 4 (7 %), ПМГ – 2 (4 %),
- распределители балласта РБ – 1 (2 %)

Из списка видно, что отказы машин класса ВПР занимают половину от общего числа отказов. Поэтому было принято решение в дальнейшем рассматривать именно этот класс машин, как наиболее показательный по отказам.

Системами, в которых чаще происходили отказы, стали: гидросистема – 13 отказов; рабочие органы – 5 отказов; силовая установка ДВС – 3

отказа; трансмиссия – 2 отказа; ходовые части – 2; пневмосистемы – 1 и электрооборудование – 1.

Используя факторный анализ об отказах машин, обработка материала, характеризующего надежность и межремонтный период (ресурс) механизмов, узлов и систем машины ВПР, решается методом Парето.

Для построения диаграммы Парето составлена таблица результатов регистрации данных по типам отказов (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты регистрации данных

Наименование системы	Количество отказов	Накопленная сумма числа отказов	Процент числа отказов по каждому признаку от общей суммы	Накопленный процент отказов
Гидросистема	13	13	48,1	48,1
Рабочие органы	5	18	18,5	66,6
Силовая установка ДВС	3	21	11,1	77,7
Трансмиссия	2	23	7,4	85,1
Ходовые части	2	25	7,4	92,5
Пневмосистемы	1	26	3,75	96,25
Электрооборудование	1	27	3,75	100,0

По полученной таблице регистрации данных по типам отказов составлена диаграмма Парето с разбиением отказов на группы, которая представлена на рисунке 1.

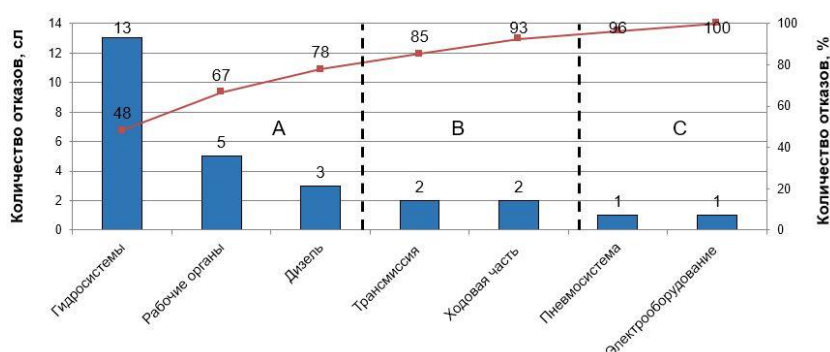


Рисунок 10 – Диаграмма Парето с разбиением отказов на группы

Окончательные результаты определения вклада каждого отказа системы в общий отрицательный результат поможет определить метод ABC-анализа.

С помощью ABC-анализа распределим отказы на 3 группы:

А – наиболее частые: 77,7 % отказов;

В – промежуточные: 14,8 % отказов;

С – наименее частые: 7,5 % отказов.

В группу А вошли отказы следующих узлов и агрегатов, имеющие 77,7 % от общего количества отказов: гидросистема (48,1%), рабочие органы (18,5%) и силовая установка ДВС (11,1%). В группу В вошли отказы узлов, имеющие 15% от суммы всех отказов. Это трансмиссия (7,4%) и ходовые части (7,4%). В группу С вошли все остальные отказы узлов и агрегатов: пневмосистемы (3,75 %) и электрооборудование (3,75 %).

Согласно проведенному АВС-анализу, к группе А относятся такие узлы, как гидросистемы, рабочие органы и дизель.

Основными причинами отказов гидросистемы стали срыв корпуса масляного фильтра, течь гидромотора на раскрутку ППБ, течь масла по сальнику гидромотора.

Рабочие органы отказали из-за излома пальца крепления гидроцилиндра роликов захвата правого ПРУ.

Дизель отказал из-за выброса охлаждающей жидкости ДВС при температуре 80 градусов, излома зубьев привода вентилятора охлаждения ДВС, излома пальца крепления гидроцилиндра роликов захвата правого ПРУ.

Для гидросистемы, рабочих органов и дизеля необходимо сформировать ремонтный комплект номер 1.

Для гидросистемы необходимы: защитные кольца; манжеты; прокладки и т.д.

К компонентам рабочих органов относятся шарнирные узлы рычагов подбоек; наружные и внутренние подбойки; маховики; коренные и шатунные подшипники; манжеты и т.д.

В состав компонентов дизеля войдут: прокладка головки блока цилиндров (ГБЦ) стандартной толщины; прокладка крышки клапанов; прокладки впускного и выпускного коллектора; прокладка поддона двигателя; прокладка масляного насоса; прокладка насоса охлаждения; сальники клапанов; сальник распредвала;

Таким образом, в результате проведения исследования по методу Парето и группировки систем через АВС-анализ, были сформированы ремонтные комплекты.

В заключении можно выделить основные детали:

1. В работе применен способ обработки экспериментальных данных с использованием метода Парето, а также деление отказов на группы с помощью АВС-анализа. Метод достаточно универсален и может быть рекомендован к применению не только на путевых машинах, но и к другой технике.

2. Проведенное исследование позволило найти еще один способ совершенствования организации ремонта путевых машин с использованием системы ремкомплектов.

Список использованных источников.

1. Отчет по факторному анализу отказов путевых машин за 3 месяца 2018 года в Западно-Сибирском филиале АО «Калужский завод Ремпуть-маш». – Новосибирск, 2018. – 28 с.

IMPROVEMENT OF THE ORGANIZATION OF THE REPAIR OF THE WAY TECHNIQUES

I.A. Abramov, T.S. Abramova, O.A. Shalamova

*FSBEI HE "Siberian State University of Ways of Communication"
Novosibirsk, Russia*

In the article, in order to improve the repair of track machines, the failures of straightening-tamping-straightening machines are investigated, the current system of scheduled preventive maintenance is considered, and a method for introducing a system of repair kits is proposed.

Key words: failure, scheduled preventive maintenance, straightening-tamping-straightening machine, repair kit.

УДК 656.11

ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ СТОЙКА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ КЛАПАНОМ

А.Р. Акжигитов, А.А. Войнов

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье предложена модернизация пневматической стойки путем установки электромагнитного клапана

Ключевые слова: Легковой автомобиль, подвеска, клиренс, проходимость.

При движении по неровностям дороги на колёса автомобиля действуют ударные нагрузки. Эти нагрузки через систему подрессирования и направляющие элементы передаются на кузов автомобиля. Одна из задач подвески – демпфирование этих нагрузок.

Цель – повышение демпфирующих свойств пневматической подвески автомобиля.

Достигается за счет электромагнитного регулирования сопротивле-

ния клапанной системы между рабочими камерами амортизатора.

Клапан *PDC* изменяет гидравлическое сопротивление между рабочими камерами.

Рабочая камера 1 с помощью отверстий соединена с клапаном *PDC*. При низком давлении в пневматическом упругом элементе клапан *PDC* имеет малое гидравлическое сопротивление, благодаря чему часть масла направляется в обход соответствующего демпфирующего клапана. Тем самым уменьшается усилие демпфирования. Гидравлическое сопротивление клапана *PDC* находится в определенной зависимости от управляющего давления (давления в пневматическом упругом элементе). Усилие демпфирования зависит от гидравлического сопротивления соответствующего клапана демпфирования, а так же клапана *PDC*.

Работа при ходе отбоя и низком давлении в пневматическом упругом элементе.

Поршень идет вверх, часть масла дросселируется через поршневой клапанный узел, другая часть пересекает через отверстия в рабочей зоне 1 к клапану *PDC*.

Поскольку управляющее давление и следовательно, гидравлическое сопротивление клапана *PDC* малы, то усилие демпфирования уменьшается.

Работа при ходе отбоя и высоком давлении в пневматическом упругом элементе.

Управляющее давление, а следовательно, и гидравлическое сопротивление клапана *PDC* высоки. Большая часть масла должна дросселироваться через поршневой клапан, усилие демпфирования повышается.

Работа при ходе сжатия и низком давлении в пневматическом упругом элементе.

Поршень уходит вниз, рассеивание энергии обеспечивается донным клапанным узлом, и в некоторой степени, гидравлическим сопротивлением движению поршня. Часть вытесняемого штоком поршня масла дросселируется через донный клапанный узел в компенсационную камеру. Другая часть перетекает туда через отверстия в рабочей камере 1 к клапану *PDC*. Поскольку управляющее давление и следовательно, гидравлическое сопротивление клапана *PDC* малы, то усилие демпфирования уменьшается.

Работа при ходе сжатия и высоком давлении в пневматическом упругом элементе.

Управляющее давление и следовательно, гидравлическое сопротивление клапана *PDC* высоки. Большая часть масла должна пройти через донный клапанный узел, усилие демпфирования повышается.

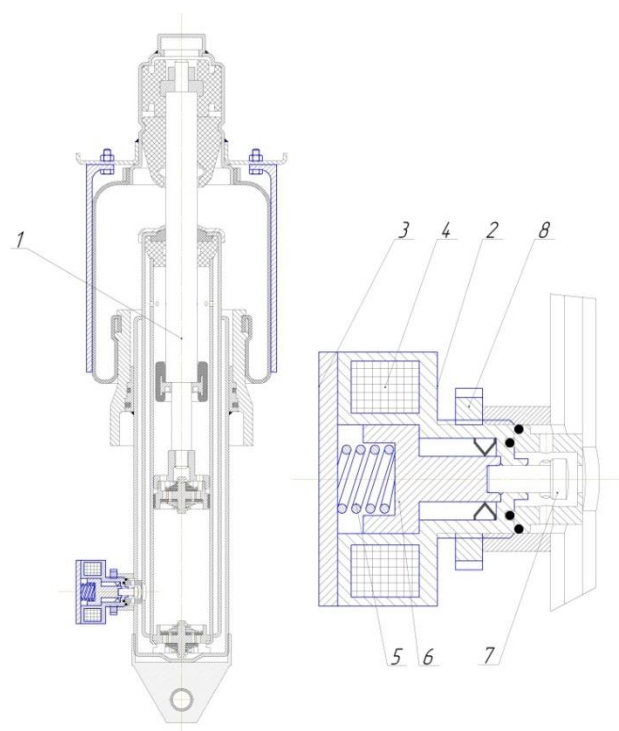


Рисунок 1 – Конструкция предлагаемого амортизатора

Пневматическая подвеска состоит из амортизатора 1 с электромагнитным клапаном *PDC*, состоящим из корпуса 2, крышки 3, обмотки электромагнита 4, пружины 5, якоря 6, клапана 7, фиксирующей гайки 8.

Достигается повышение быстродействия управляющего клапана, а значит, скорость адаптирования амортизатора под текущие дорожные условия, повышается надежность амортизатора из-за отказа от использования гибкой связи (шланга) между пневматическим элементом и клапаном *PDC*, уменьшается возможность образования утечек рабочего тела.

Список использованных источников.

1. Конструкция автомобиля. Шасси. [Текст]/Под общ. ред. А.Л. Карунина – М.: МАМИ, 2000. – 528 с.
2. Раймпель, И. Автомобильные шасси. Амортизаторы, шины и колеса [Текст] / И. Раймпель. – М.: Машиностроение, 1986. – 286 с.
3. Ротенберг, Р.В. Подвеска автомобиля [Текст] / Р.В. Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.

PNEUMATIC RACK WITH SOLENOID VALVE

A.R. Akzhigitov, A.A. Woinov

FSBEI HE "Penza state University"
Penza, Russia

The article suggests the modernization of the pneumatic rack by installing

an electromagnetic valve.

Keywords: Passenger car, suspension, ground clearance, cross-country ability.

УДК 004.056.55

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ АППАРАТНЫХ ЗАТРАТ НА АНАЛИЗ СЛУЖЕБНЫХ ПОЛЕЙ БЛОКОВ ИНФОРМАЦИЙ

Х.Я. Алшаиа

*ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»,
г. Курск, Россия*

Предметом данной статьи является построение модели для сокращения быстродействующих аппаратных затрат и снижение временных. В работе представлена структурная схема быстродействующих аппаратных устройства, на основе разработанной структурной модели и требований к предлагаемым быстродействующим аппаратным пакетам, определены структура и формат пакетов, обрабатываемых быстродействующим аппаратным устройством, которые обмениваются и анализ блоков информации с ограниченным размером служебных полей.

Ключевые слова: Методика сокращение аппаратных затрат, взаимодействие устройств, структурная схема устройства, анализ блоков информации.

Последовательная передача данных между абонентами является наиболее распространённым способом передачи на физическом уровне модели взаимодействия открытых систем (OSI). В настоящее время параллельная передача, в которой имеется несколько параллельных однотипных информационных линий, применяется только при доступе к оперативной памяти. В то же время на верхних уровнях указанной модели информация обрабатывается информационными блоками (кадрами) [1], где большинство современных протоколов поблочной (покадровой) передачи предусматривают процедуры упорядочивания принимаемых кадров [2], который делится поток данных на несколько пакетов [3]. Каждый пакет в общем случае содержит несколько одинаковых по структуре и формату флитов. Типовая структура информационного пакета – на рис. 1 [4].



Рисунок – 1. Типовая структура пакета

Необходимо учитывать общие требования к построению беспроводных сетей для обмена и передачи данных между множеством конечных устройств (модемов) и множеством базовых станций на основе узкополосной модуляции радиосигнала [5]. Любой пакет данных, передаваемый между источником и приёмником устройствами, в дополнение к полям служебной информации, содержит дополнительные поля или данные идентификации устройства, как показано на рис. 1. На основании этих дополнительных данных приёмник определяет отправителя, структуру сообщения, формируемого из множества информационных пакетов и других параметров передачи [6]. Цель настоящей работы – повышение скорости анализа служебных данных на информационные блоки малой длины [7]. Достигнуть этого можно, снижением временных и материальных затрат на разработку методов и уменьшив размер передаваемых пакетов и хранящихся в нескольких буферах через использование метаданных поля.

Для определения формата флитов по заданной структуре необходимо установить границы разрядности каждого поля. Для определенности будем ориентироваться на пакет, который используется для построения беспроводных сетей для обмена и передачи данных на основе узкополосной модуляции радиосигнала. Мы отмечаем на рис. 1, что повторение этих полей во всех пакетах ведёт к созданию достаточно значительную информационную избыточность и увеличит объём информации [8 – 9], которая будет храниться в буфере. Что приводит к тому, что хранению избыточных данных, который приводит к увеличению аппаратных затрат и занимает больше времени для анализа служебной информации. Из-за физических условий передачи, на протокол накладываются серьёзные ограничения по размеру передаваемого за сеанс кадра информации [10]. Дело в том, что такие устройства фактически будут взаимодействовать со многими буферами, то есть они будут хранить одно и то же, просто в разных местах для источников данных. Одним из подходов, направленных на снижение информационной избыточности, является, если мы говорим о контроле адресом и идентификатором входящих блоков, поэтому будет создан буфер, назначение которого – хранить координаты и адреса буферов данных для различных источников, как показано на рисунке 2.

Структурно-функциональная схема комплекса показаны на рис. 2. Блоки устройств обмениваются данными по внутренней шине. Назначение блоков устройства можно объяснить следующим образом:

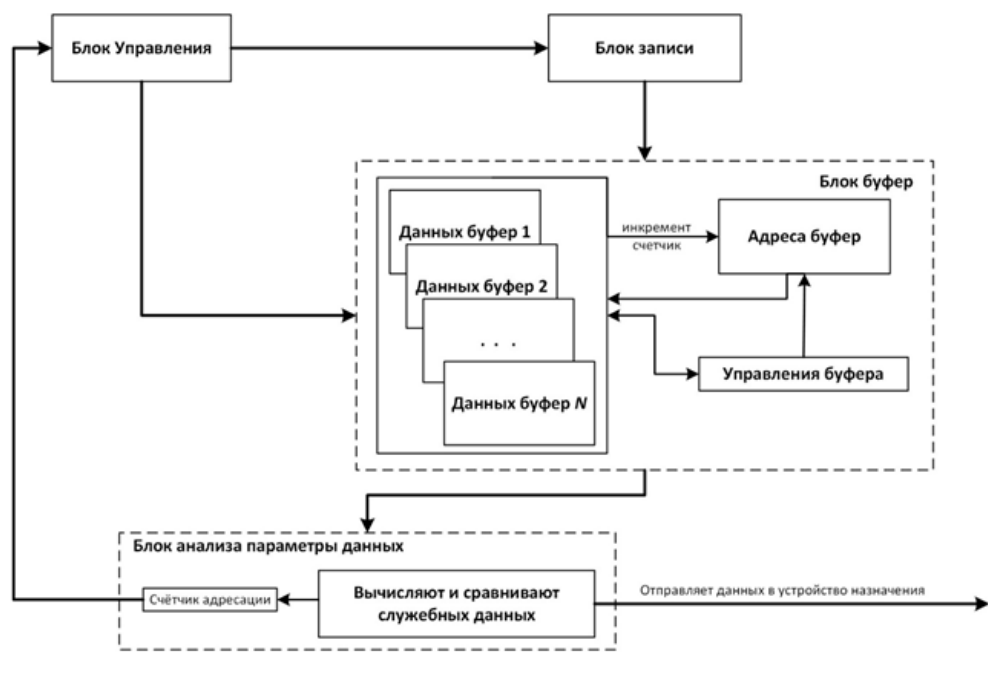


Рисунок – 2. Структурно-функциональная схема комплекса

Блок управления (БУ): – Все блоки вырабатывают сигналы соответствующих флагов условий в группе триггеров флагов (ГТФ). Флаги также выставляются сигналами от счётчик таймер (отсчитывающего интервалы времени), в течение которого устройство получает команды и ожидает разрешения на выполнение команд; По этим флагам микропрограммное устройство управления (МПУУ) в блоке управления (БУ), реализуя алгоритм функционирования рабочего устройства, производит управляющие и синхронизирующие сигналы для всех остальных блоков устройств. Формирователь цепочка (ФЦ) и сигнал синхронизации (СС) по сигналам от МПУУ вырабатывает разрядное слово и выдаёт его по внутренней шине.

Блок записи: – Этот блок обмена данными с внешними устройствами, подготавливает данные для хранения в буфере перемещая его из памяти информационных блоков, выполняет формирование служебных данных для ГТФ, и информирующих о процессе обмена данными с внешними устройствами и о типе прочитанных данных;

Блок буфер: – Этот блок хранит передаваемые служебных данных пакета в устройство, получая данные с блока записи данных, формирует задатчик адреса буфера, по которым производится чтение или запись служебных данных пакета и хранящихся в буфере, который приходит с разных устройств. Затем отправляются служебные данные пакетов в блоке внутренних регистров, чтобы блок внутренних регистров служит для временного хранения служебных данных, полученных с буфера;

Блок анализа параметры данных: – этот блок предназначен для анализа полученных служебных данных, который получая данные с внутренних регистров в блок буфера, для того чтобы инициализировать необходи-

мые и реальные данные, чтобы построить легальную цепочку данных.

В настоящей работе мы рассматриваем типовую систему передачи информационных блоков (пакетов) с несколькими источниками и одним приемником [11]. При поступлении пакета в приёмник, идентификаторы аппаратных хранятся в адресном буфере, и каждый пакет данных хранится в отдельном данных буфере для каждого источника данных. Задачей приёмника является разделение информационных пакетов от разных источников и идентификаторы аппаратных хранятся в адресном буфере отдельно.

Устанавливая конкретные битовые значения для отдельных полей, можно оценить предельные возможности модуля быстродействующего аппаратного устройства. Если принять ширину поля идентификатора, присвоенный устройству = 8 бит, то получим 256, что соответствует максимальной конфигурации (до 256 множеством конечных устройств (модемов)). Поэтому структура и форма предлагаемых пакетов, которые будут храниться в буфере, как показано на рис. 3.



Рисунок – 3. Предлагаемая структура пакета

В общем буфере (адресном буфере) будет линейная заливка и его размер будет относительно невелик, так как он будет содержать только координаты буферов данных для разных источников, а значит, не будет много затрат на устройств и ускорит анализ данных, которые будут отправлены в блок анализа параметры служебных данных.

Список использованных источников.

1. Бабич, Н. Основы цифровой схемотехники [Текст] / Н. Бабич, И. Жуков – М.: ДМК Пресс, 2007. – 480 с.
2. Марухленко А.Л., Марухленко Л.О., Конорева Е.Е., Таныгин М.О. Анализ потенциальных уязвимостей и современных методов защиты многопользовательских ресурсов // Инфокоммуникации И Космические Технологии: Состояние, Проблемы и Пути Решения; сборник научных статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет (Курск). 2018. 136 –140 с.
3. Марухленко А.Л., Таныгин М.О., Ефремов М.А., Слеваков А.Г. Безопасность информационных систем: учеб, пособие учеб., пособие изд. Курск. 2019. 210 с.

4. Таныгин, М.О. Об одном методе контроля целостности передаваемой поблоково информации [Текст] / Таныгин М.О., Алшааи Х.Я., Алтухова В.А. // Телекоммуникации. – 2019. – № 3. – С. 12 – 21.
5. C. Zhang, C. Li, J. Zhang, “A Secure Privacy-Preserving Data Aggregation Model in Wearable Wireless Sensor Networks,” Hindawi Publishing Corporation, Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 15, (2015).
6. W. Wang et al., Energy efficient distributed compressed data gathering for sensor networks, Ad Hoc Networks (2016).
7. Зайцев В. Особенности мультисервисного трафика с учетом сообщений, создаваемых устройствами IoT. / В. Зайцев, Н. Соколов // Первая миля, 2017 № 4, с. 44 – 47
8. Таныгин, М.О. Установление доверительного канала обмена данными между источником и приёмником информации с помощью модифицированного метода одноразовых паролей [Текст] / М.О. Таныгин, Х.Я. Алшааи, В.А. Алтухова, А.Л. Марухленко // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2018. – № 4(29). – С. 63 – 71.
9. Ledneva O.N., Romasevich E.P. Analysis of the traffic of devices of the Internet of things // Modern information technologies and IT education, Vol. 14, No. 1, 2018. pp. 149 – 169.
10. Таныгин, М.О. Методы аутентификации устройств защиты информации и управляющих программных средств [Текст] / М. О. Таныгин, А. П. Типикин // Телекоммуникации – 2005. – № 9 – С. 37 – 42.
11. Tanygin M.O. Establishing Trusted Channel for Data Exchange between Source and Receiver by Modified One-time Password Method / Tanygin M.O., H.Y. Alshaeaa ; V.A. Altukhova // International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2019, Номер статьи 8867590

BUILDING A MODEL TO REDUCE HIGH-SPEED HARDWARE COSTS FOR ANALYZING SERVICE FIELDS OF INFORMATION BLOCKS

H. Y. Alshaeaa

FSBEI HE «South West State University», Kursk, Russia

The subject of this article is to build a model to reduce high-speed hardware costs and reduce time costs. The paper presents a block diagram of high-speed hardware devices, based on the developed structural model and the requirements for the proposed high-speed hardware packages, defines the structure and format of packets processed by a high-speed hardware device, which exchange and analyze blocks of information with a limited size of service fields.

Keywords: Method of reducing hardware costs, device interaction, device block diagram, analysis of information blocks.

**ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПЛАНИРОВАНИЮ,
ОПТИМИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ
И ЛОГИСТИЧЕСКИМИ МОЩНОСТЯМИ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Н.Д. Андрюхин

*Московский государственный технический
университет им. Н. Э. Баумана
г. Москва, Россия*

В статье рассматриваются современные подходы на основе систем имитационного моделирования для создания цифрового двойника производства, его анализу и дальнейшему проведению работ по решению задач оптимизации, модернизации и планированию производственных и логистических мощностей предприятия.

Ключевые слова: Имитационное моделирование, тенденции машиностроительных производств, современное машиностроение, цифровизация, цифровой двойник производства.

Как известно, планирование, оптимизация и управление производственными и логистическими мощностями – это те задачи, с которыми сталкиваются абсолютно все производители вне зависимости от специфики выпускаемой продукции. Решение подобных задач – это процесс совсем не линейный и требует грамотного подхода к определению подзадач на каждом уровне производства, начиная от одного рабочего места, закармливая анализом производственной системы в целом. Так, для любого производства крайне важно понимать, сможет ли оно выпустить требуемый объем продукции в заданные сроки, как повлияет на время выполнения заказа проведение технического обслуживания оборудования, как определить уже существующее узкое место на производстве и заранее спрогнозировать возникновение следующего, оценить грамотность работы логистической системы как внутрицеховой так и на предприятии в целом. Подобные задачи можно перечислять достаточно долго и каждая из них будет по своему важна и требовать решения.

Комплексным же решением будет являться создание цифрового двойника производства в среде имитационного моделирования. В основе подхода к созданию цифрового двойника производства лежит принцип декомпозиции исследуемой системы. Другими словами мы разбиваем нашу большую производственную систему на множество более мелких подсистем, такие как рабочие места, буферные зоны, логистическое оборудова-

ние и множество других подсистем, после чего исследуем и устанавливаем их взаимосвязь, влияние как друг на друга так и на систему в целом. Отличительной особенностью системы имитационного моделирования является возможность учесть возникновение случайных факторов, автоматизировать проведение экспериментов и анализа сценария «что-если», провести многокритериальную оптимизацию и как итог внедрить в реальный производственный процесс уже проверенное и отлаженное на цифровой модели решение.

Каждый элемент системы является по своей сути черной коробочкой с множеством параметров, такими как время операции, вместимость, надежность, режим работы и возможностью настроек пользовательских характеристик. Так же каждый элемент системы имеет настраиваемое поведение работы и процесс обработки событий. Как, например, измениться логика работы объекта при аварийной ситуации или заполнения буферного пространства, как изменится материалопоток в зависимости от типа обрабатываемого изделия. Другими словами все элементы системы на начальном этапе создания модели не имеют жесткой привязки к своему физическому образцу. Все зависит от того, как будет настроен этот элемент системы, какими параметрами и поведением он будет наделен. Это означает что система имитационного моделирования позволяет создавать любые объекты и не привязаны к имеющимся библиотекам.

Так же хотелось бы отметить возможность многокритериальной настройки формирования себестоимости получаемых изделий, а именно как повлияет эксплуатационные и амортизационные расходы того или иного оборудования на формирование себестоимости выпускаемой продукции. Один из важных инструментов так же является возможность настроить, оценить и оптимизировать объем потребляемой электроэнергии в зависимости от состояния рабочих элементов системы. Например, какой объем электроэнергии тратиться при простое оборудования и на сколько выгоднее с экономической точки зрения прибегать к его выключению при длительных простоях.

Отдельно хотелось бы отметить учет влияния случайных факторов. Функционал систем имитационного моделирования позволяет учесть возникновение внештатных ситуаций, таких как выход оборудования из строя, возникновения брака, сбоев в режимах поставок. Настройка подобных параметров является многокритериальной, что позволяет учесть нелинейное поведение исследуемой системы, что невозможно сделать классическими методами расчета.

Создание моделей в системе имитационного моделирования возможно как в 2D так и в 3D представлении. Создание модели в 2D требует минимум дополнительных усилий для моделирования. Модель отражает функциональную структуру, взаимосвязи и планировку. При этом 2D представление так же обладает визуализацией протекающих процессов.

Модель так же может быть создана и в 3D представлении. При этом

создание 3D модели подразумевает так же и автоматическую генерацию 2D модели, доступную при необходимости. 3D модель имеет несколько более широкий функционал. Например, поиск кратчайшего пути для персонала и учет обитаемых областей оборудования. Для пользователей доступны внутренние библиотеки моделей, и при этом возможно создание собственной геометрии и импорт из сторонних источников в наиболее популярных форматах.

Применение цифрового двойника производства на основе имитационной модели позволит обоснованно принимать проектные решения о модернизации или проектированию новых производственных мощностей. Проводить тактическое и долгосрочное планирование с учетом изменения объемов выпуска и номенклатуры выпускаемых изделий. Отдельно стоит выделить такое важное направление применения систем имитационного моделирования как виртуальная пусконаладка. Данные инструменты позволяют тестировать и производить наладку оборудования на цифровой модели, без необходимости проведения экспериментов на реальном оборудовании остановке производственных мощностей. Реализация этих решений позволяет вводить в эксплуатацию уже проверенную модель.

Создание и применение цифрового двойника производства в среде имитационного моделирования позволит по сравнению с классическими методами планирования в среднем сократить период планирования с нескольких недель до нескольких дней, при этом обеспечив высокую точность принимаемых решений на основе экспериментальных данных с отклонением менее 1%. Снизить инвестиционные затраты в среднем на 20% за счет оптимизации работы логистической системы и увеличить производительность за счет изменения логики управления производством, а не инвестиций в аппаратное обеспечение.

Список использованных источников.

1. Ягопольский А.Г. , Андрюхин Н.Д. , Тутукин Д.Г. Имитационное моделирование производственных систем машиностроительных производств. // Инновации и Инвестиции – 2020 – №11 – с.254-256.
2. Ягопольский А.Г., Домнышев А.А., Воронцов Е.А. Проблемы инновационного развития машиностроения России. // Инновации и Инвестиции – 2019 – №2 – с. 6 – 9.
3. Проектирование компьютерных сетей методами имитационного моделирования. В. С. Лукьянов, Г. В. Слесарев. Учебное пособие. – М.: Волгоградский государственный технический университет, 2001 г. – 60с., ил.

INNOVATIVE APPROACHES TO PLANNING, OPTIMIZATION AND MANAGEMENT OF PRODUCTION AND LOGISTICS CAPACITIES OF MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

N.D. Andryukhin

*Bauman Moscow State Technical University
Moscow, Russia*

The article deals with modern approaches based on simulation systems for creating a digital double of production, its analysis and further work on solving problems of optimization, modernization and planning of production and logistics capacities of the enterprise.

Keywords: Simulation modeling, trends in machine-building industries, modern engineering, digitalization, digital twin of production.

УДК 621.01

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЧНОСТЬ

А.А. Беззубов, В.А. Шорин

*ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет
г. Пенза, Россия*

В статье приведены формулы для определения остаточных напряжений и их влияние на прочность в зависимости от вида нагружения и характера напряженного состояния, а также от внешних нагрузок.

Ключевые слова: остаточные напряжения, прочность.

В современной технике возрастают требования к надежности и долговечности конструкций, что приводит к проблеме остаточных напряжений. В большинстве технологических процессов (литье, сварка, обработка давлением, механическая обработка и др.) возникают напряжения, оставшиеся в элементах конструкций и после завершения процесса изготовления. Остаточные напряжения могут достигать значительной величины, порядка предела текучести материала, и существенно влиять на прочность и надежность элементов конструкций.

Источником появления остаточных напряжений после снятия нагрузки являются неупругие деформации (пластичности, ползучести, структурные и др.), возникающие при силовых и тепловых воздействиях на элемент конструкции. Особенно часто они возникают в зонах концентрации напряжений, где имеется повышенный уровень напряжений.

Обозначая неупругую деформацию ε_0 , получим следующую зависимость для остаточных напряжений в стержне

$$\sigma_{\text{ост}} = \left(\frac{1}{F} \int_F \varepsilon_0 dF + \frac{y}{J_x} \int_F y \varepsilon_0 dF + \frac{x}{J_y} \int_F x \varepsilon_0 dF - \varepsilon_0 \right), \quad (1)$$

где F , J_x , J_y – площадь и главные моменты инерции сечения стержня. В рассматриваемом примере видно, что при постоянном значении ε_0 в сечении стержня остаточные напряжения не возникают, если закрепление стержня статически определено.

В случае, когда неупругая деформация ε_0 представляет деформацию пластичности, остаточные напряжения определяются как разность напряжений в реальном и идеальном упругом теле при одних и тех же силовых и тепловых воздействиях. Разумеется, последнее справедливо, если разгрузка происходит в пределах упругих деформаций. Элементы общей теории образования остаточных напряжений даны в работе [1].

Остаточные напряжения, возникающие в рабочих условиях, важны при циклическом (повторном) действии нагрузок. Они смещают постоянную составляющую цикла напряжений, особенно в местах концентрации напряжений.

Точный учет напряженно-деформированного состояния при повторных нагружениях требует применения общих алгоритмов решения задач теории упругости, пластичности и ползучести [2]. Расчет зон концентрации напряжений в настоящее время производится с помощью метода конечных элементов [3].

Для приближенной оценки напряжений и деформаций в зонах концентрации в упругопластической области можно рекомендовать модифицированную формулу Нейбера

$$K_\sigma K_\varepsilon = \frac{1}{2} (\alpha_\sigma^2 + K_\sigma \alpha_\sigma), \quad (2)$$

где $K_\sigma = \sigma/\sigma_n$, $K_\varepsilon = \varepsilon/\varepsilon_n$ – коэффициенты концентрации напряжений и деформаций в упругопластической области; σ_n , ε_n – номинальные напряжения и деформации, в качестве которых обычно выбирают их значения в данной области при отсутствии концентратора; α_σ – коэффициент концентрации напряжений (или деформаций) в упругой области. Соотношения (2) в уравнение кривой деформирования $\sigma = f(\varepsilon)$ позволяют по упругому расчету провести приближенный упругопластический расчет и определить остаточные напряжения при разгрузке.

Остаточные напряжения образуют самоуравновешенную систему напряжений, вызванную неравномерными начальными деформациями.

Влияние их на прочность зависит от вида нагружения и характера напряженного состояния от внешних нагрузок.

Как установлено [4] несущая способность (величина нагрузки, вызывающей разрушение) элементов конструкций из пластичных материалов не зависит от величины остаточных напряжений. Объясняется это тем, что в пластичных материалах перед разрушением протекает пластическая деформация, выравнивающая распределение напряжений. Этот вывод может нарушаться, если в какой-либо области тела имеется объемное (трехмерное) напряженное состояние, затрудняющее пластическую деформацию (в предельном случае – равномерное объемное растяжение или сжатие – пластическая деформация отсутствует).

Для хрупких материалов (нитей углерода, бора, керамики, интерметаллидов, хрупких металлов и др.) имеющих удлинение в момент разрыва менее 1 %, остаточные напряжения могут существенно влиять на статическую прочность. Влияние остаточных напряжений на усталостную прочность материалов и элементов конструкций изучено достаточно полно. Остаточные напряжения сжатия повышают усталостную прочность на (10...30)%, растяжения понижают на (10...50)%; при наличии концентрации напряжений влияние остаточных напряжений сказывается еще сильнее. Общее обоснование этого явления вытекает из экспериментальных исследований влияния постоянных напряжений на усталостную прочность (рис.1).

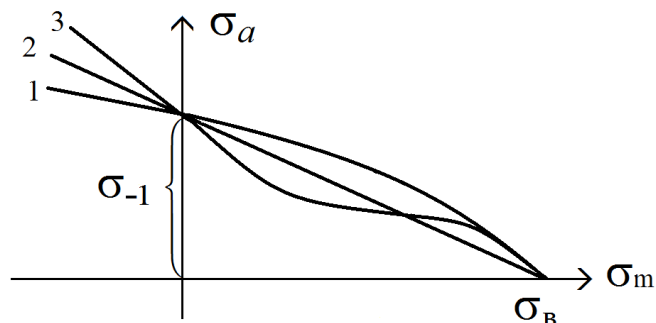


Рисунок – 1. Влияние постоянных напряжений цикла σ_m на усталостную прочность (1 – углеродистая и легированные стали; 2 – углеродистая и легированные стали повышенной твердости; 3 – титановые сплавы)

Остаточные напряжения влияют на скорость развития усталостных трещин, которая может быть представлена зависимостью

$$\frac{dl}{dN} = C(\Delta\sigma)^n l^m, \quad (3)$$

где l – длина трещины; C , n , m – постоянные материала; $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min} + \psi_0 \sigma_{\text{ост}}$, где $\sigma_{\max}$ – максимальное растягивающее напря-

жение, нормальное к поверхности распространения трещины (нормальное напряжение при отсутствии трещины), $\sigma_{\min}$ – минимальное растягивающее напряжение; ψ_0 – коэффициент влияния остаточных напряжений (приближенно, $0 < \psi < 0,3$). При $m = n/2$ формула (3) совпадает с уравнением Пэриса-Эрдогана [5]

$$\frac{dl}{dN} = C_1(\Delta K)^n, \quad (4)$$

где ΔK – приращение коэффициента интенсивности.

Зависимость между длиной трещины l и числом циклов нагружения N из соотношения (3) будет такой

$$l = \left(l_0^{1-m} + (1-m)AN \right)^{\frac{1}{1-m}}, \quad (5)$$

где $A = C(\Delta\sigma)^n$; l_0 – начальная длина трещины. Равенство (5) справедливо при $m \neq 1$. Если $m = 1$, то

$$l = l_0 e^{AN}. \quad (6)$$

Влияние остаточных напряжений на усталостную и, особенно, малоцикловую прочность нуждается в дальнейших исследованиях.

С теоретической точки зрения, остается неясным очень сильное влияние остаточных напряжений, залегающих всего на глубине $< 0,05$ мм. Не изучено, в достаточной мере, влияние остаточных напряжений при асимметричных циклах нагружения, в условиях коррозии и фреттинг-коррозии.

Практическая значимость имеет возможность упрочнения элементов конструкций, работающих в условиях повышенных температур.

Важной проблемой в рассматриваемом случае является релаксация остаточных напряжений.

Список использованных источников.

1. Поздеев А.А., Трусов П.В. Остаточные напряжения, теория и приложения. М.: Научная думка, 1982, с.111.
2. Малинин, Н.М. Прикладная теория пластичности ползучести, М.: Машиностроение, 1975, с.399.
3. Постнов, В.А. Численные методы расчета судовых конструкций, Л.: Судостроение, 1977, с.279.
4. Биргер, И.А. Остаточные напряжения, М.: Машгиз, 1963, с. 233.
5. Качанов, Л.М. Основы механики разрушения, М.: Наука, 1974,

RESIDUAL STRESSES IN STRUCTURAL ELEMENTS AND THEIR IMPACT ON STRENGTH

A.A. Bezzubov, V. A. Shorin

*FSBE I HE Penza State University,
Penza, Russia*

The article presents formulas for determining residual stresses and their effect on strength depending on the type of loading and the nature of the stress state, as well as on external loads.

Key words: residual stress, strength.

УДК 656.13

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Д.С. Белик, М.А. Храмова, Н.В. Камардина

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье предложена система раздельного сбора отходов автотранспортного предприятия, позволяющая снизить воздействие выбросов и сбросов на окружающую среду и уменьшить влияние на здоровье человека.

Ключевые слова: автотранспортное предприятие, отходы, система раздельного сбора.

Ежедневно в мире увеличивается количество автомобилей, на сегодняшний день их насчитывается порядка 1,3 миллиарда и ежегодно они увеличиваются на 127 миллионов [1]. С ростом количества автотранспорта повышаются объемы сбросов и выбросов, которые влияют на гидросферу, литосферу и атмосферу. Здоровье человека тоже находится под угрозой, поэтому актуальность экологической безопасности, растет изо дня в день. Чтобы понизить негативное влияние автотранспорта на окружающую среду, необходимо использовать на автомобилях и в инфраструктуре их обслуживания, средозащитное оборудование, работа которого основана на преобразовании выбросов и сбросов в отходы.

Инфраструктура эксплуатации и обслуживания автомобилей состоит из трех групп подразделений все виды отходов, которых делят на группы:

отходы от очистки сточных вод, отходы от очистки выбросов автотранспорта и отходы от ремонта автотранспорта (вышедшие из строя узлы и детали). Такими отходами могут быть: осадки очистки сточных вод мойки автотранспорта, фильтры, наполнители, стартеры или генераторы, остатки шин и другие. Самую большую опасность приносят нефтепродукты. Они образуются во всех группах отходов, например, растворы моющих средств с автомойки содержат нефтепродуктов до 5 г/л, что превышает концентрацию вредных примесей в 40 – 90 тысяч раз [2]. Все отходы необходимо собирать и систематизировать, чтобы в дальнейшем можно было их повторно использовать, либо отправлять на переработку или утилизацию.

Каждая группа отходов отличается своими признаками, свойствами, системой сбора, актуальностью и сложностью переработки. К первой группе отходов, которые образуются на автомойках, относят: песок, загрязненный нефтью или нефтепродуктами, обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами, смет с территории и уборки предприятия, осадки механической очистки сточных вод, вышедшие из строя пластмассовые запчасти и другие отходы [3]. Большинство из этих отходов имеют II и III классы опасности, большая часть это, нефтепродукты и смазочные материалы. Система очистки сточных вод на автомойках должна включать оборотную систему водообеспечения, которая подразумевает наличие очистных сооружений и отстойника, в котором будут скапливаться все вредные вещества. А очистные сооружения позволяют очищать используемую воду и применять ее несколько раз. Шламы, которые образуются в отстойниках нельзя вывозить на полигоны для захоронения, так как они имеют III класс опасности. Их необходимо отправлять на переработку [4].

Вторая группа отходов, к которой в основном отнесены катализаторы, так же является важной. Автомобильный конвертер необходим для уменьшения выбросов в атмосферу, но продолжительность его работы ограничена и поэтому со временем его необходимо менять. Сбор этого отхода должен происходить строго по ГОСТ Р 57703-2017 – «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация отработанных нефтепродуктов», из-за наличия в нем поглощенных вредных примесей, таких как, угарный газ, окись азота, недогоревшие углеводороды. Очистка выхлопных газов происходит за счет драгметаллов, которые благодаря своему составу и свойствам поглощают эти газы. На катализатор может попадать масло и нефтепродукты, которые в дальнейшем при неправильном сборе могут негативно повлиять на качество ОС. Класс опасности отработанного катализатора чаще всего III или IV, в зависимости от содержания вредных веществ. Накопление отработанных катализаторов происходит в специальные емкости, после чего их отправляют на специализированные предприятия, где из него извлекают драгметаллы, затем перерабатывают, чтобы использовать его как вторичное сырье [5].

В третьей группе находится наибольшее количество отходов: стекло,

пластмасса, шлам, аккумуляторы, запчасти, резина и другое. На первом этапе с любого отхода удаляют остатки нефтепродуктов и масла. Ликвидация отработанных нефтепродуктов осуществляется по ГОСТ Р 57703-2017 – «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация отработанных нефтепродуктов». Самым опасным для ОС является, отработанный аккумулятор с электролитом, относящийся ко II классу опасности. Их сбор происходит строго отдельно от всех остальных отходов в маркированной таре, после чего их отправляют на производство как вторичный продукт. Все остальные детали также сортируют по маркировкам для утилизации, оставшийся металл переламывают и используют в качестве вторичного продукта. Резина, стекло и пластик не несут большого вреда экологии, поэтому особой осторожности в сборе и переработке нет, они отлично служат как вторичное сырье [6].

Для правильного обращения с отходами и их утилизации, необходимо использовать следующие ГОСТы и документы: Федеральный закон об отходах производства и потребления, сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления.

Для сбережения качества окружающей среды и, в будущем, здоровья человека, необходимо использовать систему раздельного сбора отходов. Это рекомендует международная организация GREENPEACE. Она охватывает 55 стран, включая Россию. В городах, которых достигла эта организация открыты места для сбора отходов по их группе. GREENPEACE является независимая, некоммерческая организация, созданная на частные сборы людей [7].

В настоящее время транспорт используется на любом предприятии, для разгрузки, погрузки и перевозки, поэтому необходимо иметь систему раздельного сбора отходов в самом предприятии. Контейнеры должны быть разделены по группам и иметь отдельные емкости, чтобы в дальнейшем не возникало проблем с перевозкой на специализированное предприятие по переработке и утилизации отходов АТП. Такая система представлена в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование вида отхода	Код по ФККО	Кл. оп.	Цели пере- дачи отхо- дов	Место накоп- ления отхо- дов
1	2	3	4	5	6
1	Аккумуляторы свинцовые отработанные непо- врежденные, с электролитом	92011 00153 2	2	И	контейнер для аккумуля- торов

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
2	остатки дизельного топлива, утратившего потребительские свойства	40691 00110 3	3	О	контейнер для нефтепродуктов
3	отходы синтетических и полусинтетических масел электроизоляционных	41330 00131 3	3	О	металлическая бочка для масла
4	обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов менее 15%)	91920 40260 4	4	И	контейнер для нефтепродуктов
5	фильтры очистки масла автотранспортных средств отработанные	92130 20152 3	3	И	контейнер для фильтров
6	фильтры очистки топлива автотранспортных средств отработанные	92130 30152 3	3	И	контейнер для фильтров
7	осадок (шлам) флотационной очистки, содержащий менее 15% нефтепродуктов в сточных водах	31332 82139 3	4	О	контейнер для нефтепродуктов
8	смет с территории гаража, автостоянки малоопасный	73331 00171 4	4	З	контейнер для смета
9	тормозные колодки отработанные с остатками накладок асбестовых	92031 00252 4	4	И	контейнер для резины, лома, колодок
10	шины пневматические автомобильные отработанные	92111 00150 4	4	И	контейнер для резины, лома, колодок
11	камеры пневматических шин автомобильных отработанные	92112 00150 4	4	И	контейнер для резины, лома, колодок
12	покрышки пневматических шин с тканевым кордом отработанные	92113 00150 4	4	И	контейнер для резины, лома, колодок
13	фильтры воздушные автотранспортных средств отработанные	92130 10152 4	4	И	контейнер для фильтров
14	Отходы смазочных и гидравлических масел из растительного сырья	12600 10002 004	4	О	металлическая бочка для масла
15	свечи зажигания автомобильные отработанные	92191 00152 5	5	И	контейнер для свечей зажигания

В таблице представлен список отходов предприятия, которые регламентированы по Федеральному классификационному каталогу отходов с номером класса опасности. Также представлены названия мест где осуществляется сбор отходов в предприятии.

Список используемых источников.

1. AUTONEWS // Цифра дня: сколько автомобилей на планете? [электронный ресурс] // URL: <https://www.autonews.ru/news/5c9114d69a7947491f827c6e> (дата обращения: 25.03.2021)
2. Тихонов П. А. Воздействие автотранспортного предприятия на окружающую среду / А. П. Тихонов // Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина. – 2018. №18 – 2. – С. 44 – 46.
3. Экология 24 // Автомойки [электронный ресурс] // URL: <https://ecology24.ru/avtomoyki.html> (дата обращения: 25.03.2021)
4. Судникович В. Г. Определение параметров оптимизации системы водоотведения автотранспортных предприятий / Г. В. Судникович, А. Ю. Авиво // Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет – 2012. – №2(61). – С. 59 – 62.
5. Cleanbin.ru // Переработка отработанных автомобильных катализаторов: этапы, способы и открытие бизнеса [электронный ресурс] // URL: <https://cleanbin.ru/utilization/solid/automotive-catalysts> (дата обращения: 25.03.2021)
6. BEZOTXODOV.RU // Как утилизировать автомобиль в 2021? [электронный ресурс] // URL: <https://bezotxodov.ru/jekologija/kak-utilizirovat-avtomobil-v-year-godu> (дата обращения: 25.03.2021)
7. Greenpeace [электронный ресурс] // URL: <https://greenpeace.ru/> (дата обращения: 25.03.2021)

WASTE MANAGEMENT SYSTEM OF A TRUCKING COMPANY

D.S. Belik, M.A. Khramova, N.V. Kamardina

*FSBEI HE "Penza state university"
Penza, Russia*

The article proposes a system for the separate collection of waste from a motor transport enterprise, which makes it possible to reduce the impact of emissions and discharges on the environment and reduce the impact on human health.

Key words: motor transport company, waste, separate collection system.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ВЕНТИЛЯЦИИ САЛОНА АВТОМОБИЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА

И.С. Водянов, В.Н. Каледа, А.С. Буйдин, С.С. Колпаков

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье проведён анализ потерь мощности на преодоление силы аэродинамического сопротивления при открытых окнах автомобиля и на привод кондиционера при закрытых окнах. Указана экономия топлива для некоторых марок автомобилей при разных режимах вентиляции. Приведён расчёт скорости, для которой потери на преодоление силы сопротивления воздуха сравниваются с потерями на привод компрессора.

Ключевые слова: автомобиль, энергия, воздух, топливо, окно, кондиционер, скорость.

Производители автомобилей постоянно стараются повысить комфортабельность салона автомобиля. Первые автомобили были открытыми и не защищали пассажиров от непогоды. Автомобили 20-х гг. уже имели крышу, которая защищала пассажиров на задних сидениях. Автомобили с закрытым кузовом и отапливаемым салоном появились в 1950 г. В 70-е гг. стали широко применяться автомобильные кондиционеры. [1]

Современные системы вентиляции и отопления стали более совершенными и производительными, но они всё равно требуют затрат энергии, которые в итоге приводят к дополнительному расходу топлива.

Также при увеличении скорости движения растёт доля мощности, отбираемой от двигателя, расходуемой на преодоление сопротивления воздуха. Следовательно, снижение сопротивления воздуха позволяет улучшить экономические, экологические, скоростные показатели автомобиля. [2]

На величину силы сопротивления воздуха влияет бесчисленное множество параметров, включая степень открытия боковых стёкол. При опускании стёкол дверей и открывании поворотных форточек в окнах дверей происходит естественная вентиляция кузова. [3] В жаркую погоду это необходимо, так как климат в автомобиле напрямую влияет на самочувствие водителя, а, стало быть, и на безопасность при вождении отдельной машины, на безопасность движения в целом на дороге. [4]

Альтернативой данному способу вентиляции является применение кондиционера, который имеет более тонкую настройку параметров: очистка воздуха в салоне, ионизация, осушение и т.д. [5]

За индивидуальный климат приходится платить. Как показали исследования, проводившиеся швейцарскими специалистами, при включенном кондиционере падение мощности мотора обычно колеблется в интервале от 5 до 10%. [6]

В итоге водитель должен выбрать оптимальный способ вентиляции салона: открыть окна или включить кондиционер. Потеря мощности двигателя в первом случае обуславливается увеличением аэродинамического сопротивления автомобиля, во втором – питанием компрессора климатической установки. С экономической точки зрения отличие между ними состоит в том, что расходуемая мощность компрессором практически постоянна, а мощность, расходуемая на преодоление дополнительного сопротивления воздуха, зависит от скорости движения автомобиля.

В связи с этим необходимо определить критическую скорость $v_{кр}$, при которой потери на преодоление силы сопротивления воздуха P_v сравняются с потерями на привод компрессора P_k . При дальнейшем увеличении скорости движения значение P_k будет оставаться постоянным, в то время как значение P_v продолжит увеличиваться по кубическому закону, а значит, целесообразнее закрыть окна и включить систему кондиционирования.

Сила сопротивления воздуха будет определяться следующим образом [2]:

$$F_v = 0,5 \cdot C_x \cdot S \cdot \rho \cdot V_a^2 \quad (1),$$

где C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления автомобиля; S - площадь миделя, m^2 ; ρ - плотность воздуха, kg/m^3 V_a - скорость автомобиля, m/s .

При этом мощность потерь составит

$$P_v = F_v \cdot V_a = 0,5 \cdot C_x \cdot S \cdot \rho \cdot V_a^3 \quad (2).$$

Критическую скорость стоит определять из равенства мощностных потерь между двумя способами вентиляции салона, отводимых как на преодоление сил трения воздуха, так и на привод компрессора. При этом подразумевается, что во время работы кондиционера окна закрыты, а при открытых окнах кондиционер выключен.

При опущенных боковых стеклах аэродинамическое сопротивление легкового автомобиля увеличивается на 8,3%, [7] то есть в этом случае коэффициент аэродинамического сопротивления будет составлять $1,083 \cdot C_x$. Мощность, потребляемая компрессором, составляет 5 - 10% от мощности двигателя $P_{дв}$ [6], то есть $P_k = (0,05...0,1) \cdot P_{дв}$.

Тогда

$$0,5 \cdot 1,083 \cdot C_x \cdot S \cdot \rho \cdot v_a^3 = 0,5 \cdot C_x \cdot S \cdot \rho \cdot v_a^3 + (0,05...0,1) \cdot P_{дв} \quad (3)$$

и критическая скорость определится как

$$v_{кр} = v_a = \sqrt[3]{\frac{(0,05...0,1) \cdot P_{дв}}{0,083 \cdot C_x \cdot S \cdot \rho_v}}, \text{ м/с. (4)}$$

Российский журнал «За рулём» провёл тесты, результаты которого приведены в таблице 1 [8].

Таблица 1

Автомобиль	Скорость автомобиля, км/ч	Режим	Расход топлива, л/100км	Критическая скорость, км/ч
Форд-Фокус 1,8 TDCi	90	Открыты окна	3,9	Около 120
	110		5,35	
	90	Включён кондиционер	4,8	
	110		5,7	
ВАЗ-1117 «Лада-Калина»	90	Открыты окна	6,5	Около 130
	110		8,95	
	90	Включён кондиционер	7,4	
	110		9,3	

Таким образом, выбор оптимального варианта вентиляции салона позволит сэкономить на Форд-Фокусе на скорости 90 км/ч 0,9 л/100км, на скорости 110 км/ч 0,65 л/100км, а на «Калине» на скорости 90 км/ч 0,9 л/100км, на скорости 110 км/ч 0,35 л/100км.

Выигрыш в топливе замечен при длительных поездках. Однако не стоит забывать и о других достоинствах и недостатках режимов вентиляции салона. Так на больших скоростях при открытых окнах в кабине наблюдаются высокий уровень шума, сильный ветер, а чистота воздуха оставляет желать лучшего на оживлённых автодорогах. Кондиционер также может повлиять на здоровье человека: испаритель является благоприятной средой для развития микроорганизмов. Он, как любая система, требует технического обслуживания и, при необходимости, ремонта.

Для комфортной езды водитель должен учесть перечисленные факторы и выбрать лучший для себя вариант охлаждения воздуха в салоне в жаркую погоду.

Список использованных источников.

1. Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. и др. Основы конструкции автомобиля. – М. 000 «Книжное издательство «За рулем», 2005 – 336 с: ил.
2. Бернацкий, В.В. Аэродинамика автомобиля. Методы испытаний. 2015 – 152 с.

3. Вахламов, В. К. Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/В.К.Вахламов, М.Г.Шатров, А.А.Юрчевский; Под ред. А.А.Юрчевского. – М.: Издательский центр «Академия», 2003 – 816с.
4. Митин М. А., Пчелинцев Н. И. Климатическая система в современном автомобиле – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2013 – 72 с.: ил. – (Серия «Ремонт», выпуск 127).
5. Андрей Кашкаров. Автомобильные кондиционеры. Установка, обслуживание, ремонт. 76 с.
6. <https://zabarankoi.mirtesen.ru>.
7. Е. В. Королев, А. В. Балыкин, С. И. Корженовский. Влияние параметров положения на аэродинамику легкового автомобиля. Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Нижегородский государственный инженерно-экономический институт. 2011.
8. <https://www.zr.ru>.

THE CHOICE OF OPTIMAL AIRING METHOD OF A CAR INTERIOR ACCORDING TO THE SPEED MODE

I.S. Vodyanov, V.N. Kaleda, A.S. Buydin, S.S. Kolpakov

*FSBEI HE "Penza State University"
Penza, Russia*

The article analyzes the power losses to overcome aerodynamic resistance with open windows and to gear an air conditioner with closed windows. There are fuel economy for some car brands with different ventilation modes, the calculation of the speed for which the losses to overcome the air resistance force will be equal to the losses to the compressor gear.

Keywords: car, energy, air, fuel. window, conditioner, speed.

УДК 621.351

ПРЕИМУЩЕСТВА И РАБОТА ПРОТОЧНОГО АККУМУЛЯТОРА

И.С. Водянов, А.А. Войнов

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье обозначена актуальность использования проточного аккумуля-

мулятора. Описана конструкция аккумулятора и возможность его использования на автомобиле. Рассмотрены характеристики проточного аккумулятора, улучшающие некоторые эксплуатационные автомобиля преимущества по сравнению со свинцово-кислотным.

Ключевые слова: энергия, мотор, электричество, автомобиль, двигатель, электролит, ёмкость, требования.

Электрические машины широко используют в различных отраслях народного хозяйства: в металлургии, на транспорте и многих других [1]. Они весьма удобны в эксплуатации: гораздо меньше шумят, не требуют прогрева и наличия дополнительных агрегатов, поддерживающих их работу, в отличие от двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Помимо всего прочего они имеют большой запас ресурса, т.к. в них значительно меньше движущихся деталей, кроме того не имеют вредных выбросов в атмосферу и способны рекуперировать энергию.

Приведённые достоинства электропривода определяют главную тенденцию развития автотранспорта – переход на электромобили.

Для электроснабжения электромоторов, либо стартера (при пуске ДВС), а так же других потребителей электроэнергии при неработающем генераторе или недостатке развиваемой им мощности необходима аккумуляторная батарея (АКБ) [2].

К автомобильным АКБ предъявляются следующие требования: максимальное рабочее напряжение; минимальное внутреннее сопротивление, то есть они должны давать большой ток; малое изменение напряжения в процессе разряда; максимальное количество энергии, снимаемое с единицы массы (удельная масса); быстрое восстановление ёмкости в процессе заряда; большая механическая прочность; надёжность; простота обслуживания; малая стоимость. В связи с этим, в настоящее время подавляющее большинство автомобилей оснащено стартерными кислотно-свинцовыми аккумуляторами [3].

Относительно недавно рынок пополнился ещё одной системой накопления электроэнергии: проточным аккумулятором. Он в большей степени соответствует предъявляемым требованиям, чем свинцово-кислотный. За счет конструктивных свойств и используемых материалов, данные АКБ намного экономичнее, имеют большую энергоёмкость и рассчитаны на большее число циклов заряда-разряда. К тому же, такие батареи не имеют никаких опасных или экологически агрессивных свойств. Изолированные друг от друга активные вещества и один на всех модуль генерации полностью исключают возможности замыкания или перегревов [4].

В электромобиле роль АКБ значительно больше, чем в обычном автомобиле, поэтому невозможно не заметить вышеперечисленных достоинств.

Типичная проточная батарея состоит из двух резервуаров с жидко-

стью, которые прокачиваются через мембрану, удерживаемую между двумя электродами (рис. 1).

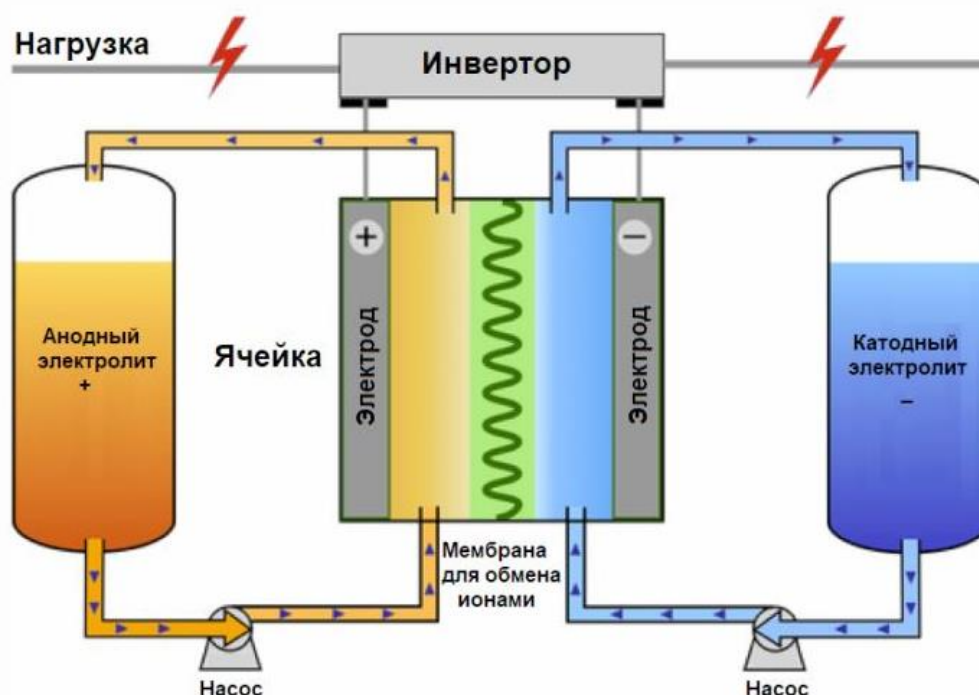


Рисунок 1 – Схема проточного аккумулятора

Принцип работы таких батарей основывается на взаимодействии двух жидкостей. Они выполняют роли носителей положительного и отрицательного зарядов. За счет давления, создаваемого насосами, жидкости пропускаются через специальную ячейку. В ней в результате химического взаимодействия производится электрический ток.

Электролиты располагаются в баках, каждый в своем, в ячейке их разделяет мембрана. Она не мешает жидкостям обмениваться ионной энергией, но и не допускает перемешивание. Продукты реакции выводятся из ячейки при помощи жидкости, которая затем опять поступает в емкость по замкнутому контуру. Отсюда и название АКБ - проточные или потоковые [4].

Несмотря на то, что в этой области всё ещё ведутся разработки и конструкция постоянно совершенствуется, уже представляется возможным установка на автомобиль вышеописанных аккумуляторов. К тому же, проблема долгой зарядки уходит в прошлое: вместо подачи тока на клеммы, предоставляется возможность слить из баков «отработанный» электролит и залить новый. Процесс занимает времени не больше, чем заправка на АЗС.

Таким образом, эксплуатация проточного аккумулятора позволит снизить, время «заряда», стоимость транспортного средства в целом от выпуска до утилизации, выбросы вредных веществ в окружающую среду при утилизации, повысить надёжность, безопасность, время эксплуатации.

Список использованных источников.

1. Кругликов, В.П. Учебное пособие «Электрические машины постоянного тока. Тяговый электродвигатель ТЛ-2К1». МУЦПК 2016. – 51 с.
2. Акимов С.В., Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Учебник для ВУЗов. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулём». 2004. – 384 с.: ил.
3. Богатырев, А.В. Автомобили: Учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский; Под ред. А.В. Богатырева. - 3-е изд., стер. - М.: 2014. - 655 с.
4. www.akkumulyatoravto.ru.
5. www.electrik.info.
6. www.proagregat.com.
7. www.rusbat.com.

THE ADVANTAGES AND WORK OF REDOX-BATTERY

I.S. Vodyanov, A.A. Voynov

*FSBEI HE "Penza State University"
Penza, Russia*

The article indicates the relevance of using a flowing battery. The design of the battery and the possibility of using it on a car are described. The characteristics of a flow-through accumulator, which improve some of the operational advantages of a car compared to a lead-acid accumulator, are considered.

Key words: energy, motor, electricity, car, engine, electrolyte, capacity, requirements.

УДК 629.1.06

ПРЕДПУСКОВОЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЬ-ОТОПИТЕЛЬ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ И КАБИНЫ МКСМ-800Н

А.А. Войнов, Ф.В. Лагодинский

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье предложен дополнительный электрический предпусковой подогреватель-отопитель двигателя и кабины погрузчика работающий от бортовой сети, ускоряющий прогрев кабины МКСМ-800Н и упрощающий запуск двигателя в холодное время года.

Ключевые слова: ДВС, масло, отопитель, подогреватель, углеродная лента, радиатор.

Одной из частых проблем во время эксплуатации погрузчика МКСМ-800Н в зимнее время года при температуре от -0° и ниже, является – загустевшее масло в поддоне. Моторное масло, как известно, выполняет очень важную функцию в двигателе – смазывает сопряженные детали, обеспечивает герметичность цилиндров и выводит все продукты сгорания топлива. Основная проблема загустевшего масла – проблематичность пуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС). При низких температурах окружающей среды, текучесть масла в двигателе снижается. В подобной ситуации запуск ДВС затрудняется.

Есть различные способы решения данной проблемы, такие как специальные присадки. Обычно в состав зимнего масла входят два вида присадок:

- беззольные дисперсанты – вещества, предотвращающие выпадение осадка в картере, образование низкотемпературных отложений на деталях двигателя, загрязнение фильтров;

- депрессорные присадки, понижающие температуру застывания масел. Их добавляют к «зимним» и всесезонным маслам для улучшения текучести при низких температурах окружающей среды;

На сегодняшний день существует целый ряд производителей, которые имеют собственное производство базового масла, но для доведения его до уровня высокого класса закупают готовые комплексы присадок у тех, кто их производит. Не секрет, что практически все российские масла имеют отечественную основу и импортные присадки [1].

Основным недостатком присадок, является увеличение стоимости масла.

Так же существуют летние зимние и всесезонные масла. Сегодня используется классификация моторных масел по вязкости, установленная SAE. Эта классификация содержит 11 классов, из которых шесть относятся к зимним маслам (например, SAE 20W и 25W) и пять – к летним (например, SAE 20, 30). Всесезонные масла, которые используются круглый год, имеют двойное обозначение, где первое дает зимнюю характеристику, а второе – летнюю. Разница между маслом в двигателе для зимы и лета заключается в их вязкости:

- летнее масло более вязкое и менее текучее.

- зимнее масло имеет меньшую вязкость и большую текучесть.

В период межсезонья необходимо вовремя переходить на нужный вид масла или добавлять присадки, чтобы упростить запуск двигателя МКСМ-800 Н.

Так же существуют различные предпусковые подогреватели масла в двигателе, проблема которых заключается в сложной конструкции, дороговизне и необходимости внесения конструктивных изменений.

Недостатком данных способов является прежде всего то, что это дополнительные расходы на эксплуатацию погрузчика МКСМ-800Н, а при установке предпускового подогревателя-отопителя, его регулярная заме-

на не требуется.

При проведении патентного поиска, полностью решающих данную проблему, изобретений найдено не было.

Для решения данной проблемы предлагается заменить стандартные маслосливные пробки в двигателе Hatz 3m41 на штуцера, в которые будут входить патрубки, с установленной на них углеродной нагревательной лентой, и нагревать циркулирующее, при помощи электронасоса, масло. Нагревательная лента и электронасос работают от штатных АКБ.

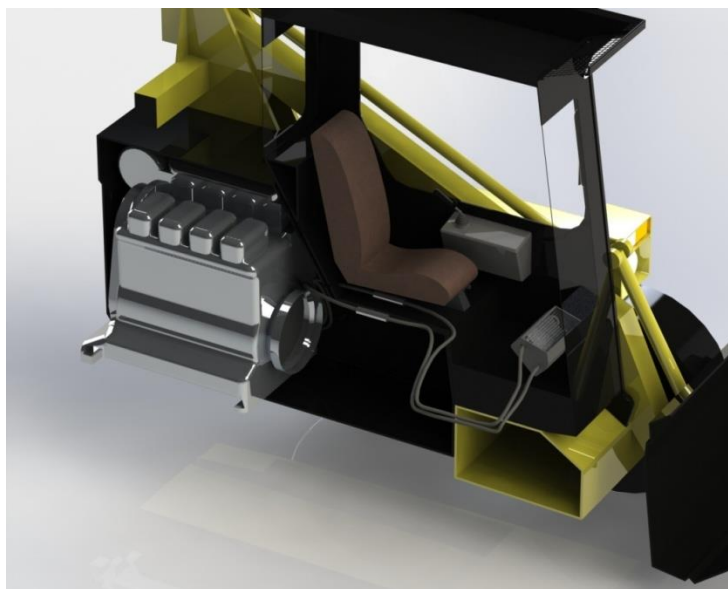


Рисунок 1 – Предпусковой подогреватель-отопитель в кабине погрузчика МКСМ-800Н

В кабине погрузчика МКСМ-800Н устанавливается дополнительный отопитель AIRTONIC, так как двигатель Hatz 3m41 имеет воздушное охлаждение, который потребляет топливо из основного бака и является дорогостоящим. Для уменьшения исходной стоимости погрузчика и обеспечения топливной экономичности предлагается так же установить в кабине погрузчика радиатор с вентилятором, через который будет циркулировать нагретое масло обеспечивая тем самым прогрев кабины, затем масло будет подогреваться снова, проходя через второй патрубок с нагревательной лентой обратно в поддон двигателя.

Предпусковой подогреватель-отопитель двигателя является прибором, необходимым для легкого и быстрого пуска силового агрегата погрузчика в зимнее время года. Использование данного подогревателя позволяет повысить срок работы двигателя Hatz 3m41 и увеличить экономичность. [2] Достигается это за счет:

- Сокращения числа холодных пусков мотора. Ежегодно каждый водитель в среднем производит порядка 300-500 холодных пусков силового агрегата. Подогреватель позволяет снизить расход топлива из расчета на

один холодный пуск на 100-500 мл. Экономия топлива во многом зависит от длительности прогрева мотора и температуры окружающей среды.

- Уменьшение износа двигателя. Максимальный уровень износа силового агрегата приходится на период запуска. Объясняется это тем, что вязкость холодного машинного масла ниже, соответственно, оно не способно обеспечить достаточную смазку деталей. Повышается трение, что увеличивает износ узлов двигателя.

- Повышение комфорта и безопасности управления автомобилем. Холодная погода отрицательно сказывается на внимательности водителя, повышая сонливость и утомляемость. В итоге это может сказаться на стиле вождения и привести к возникновению опасных ситуаций на дороге [3].

Рациональными местами установки подогревателя является патрубок идущий из масляного поддона на радиатор отопителя в кабине МКСМ-800Н и патрубок идущий с радиатора обратно в масляный поддон. Для двигателей с объемом масла 8 литров при доминирующих в зимний период температурах окружающего воздуха ниже – 20 °С необходимая мощность нагревательного элемента составляет от 800 до 1200 Вт, что обеспечивает нагрев моторного масла до температуры 70 °С в течении 45 – 25 минут.

При температурах окружающего воздуха – 10 °С предпусковой подогрев моторного масла в течении 10 – 15 минут позволяет улучшить прокачиваемость масла. При температурах – 20 °С предпусковой подогрев моторного масла в течении 20 минут обеспечивает надежный пуск двигателя. При более низких температурах предпусковой подогрев моторного масла должен применяться в сочетании с другими мерами облегчения пуска [4].

Расчет массового расхода масла

Расчет массового расхода масла считается по формуле:

$$Q_m = \rho \cdot V \cdot S \quad (1)$$

где ρ – плотность масла (0,8 кг/дм³)

$$Q_m = 800 \cdot 0,58 \cdot 0,056 = 26 \text{ кг/ч}$$

Требования к мощности для нагрева

$$P_{ch} = \frac{(Q_m \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1) \cdot 1,2)}{860} \quad (2)$$

где C_p – удельная теплоемкость ккал/кг·°С;

t_1 – входная температура;

t_2 – выходная температура;

1,2 – коэффициент безопасности связанный отклонениями при производстве и колебаниями в электрической сети.

$$P_{ch} = \frac{(26 \cdot 1,8 \cdot (70 - 0) \cdot 1,2)}{860} = 1,08 \text{ кВт}$$

Расчет времени нагрева считается по формуле:

$$t = \frac{(m * c \Delta T)}{(P * \eta)}$$

где m – количество масла

c – теплоемкость

ΔT – разность температур

P – мощность требуемая для нагрева

η – КПД

При нагреве до 70 °С:

$$t = \frac{(8,5 \cdot 1,8 \cdot \Delta 70)}{(2200 \cdot 0,7)} = 0,69 \text{ ч} = 41,4 \text{ мин}$$

При нагреве до 50 °С:

$$t = \frac{(8,5 \cdot 1,8 \cdot \Delta 50)}{(2200 \cdot 0,7)} = 0,49 \text{ ч} = 29,4 \text{ мин}$$

Вывод: для прогрева моторного масла в двигателе погрузчика МКСМ – 800 Н до рабочей температуры 50 °С за 29.4 минуты, требуется установить на патрубках два нагревательный элемента (один на выходном патрубке, второй на входном) работающих от сети 220 В, мощностью по 1,08 кВт каждый.

Практическая значимость работы обусловлена простотой реализации устройства для предпускового подогрева масла в двигателе и отоплении кабины погрузчика. Перспективы предлагаемого решения состоят в упрощении запуска дизельного двигателя Hatz 3m41 в зимнее время года.

Список использованных источников.

1. <https://os1.ru/article/7302-zimnie-masla-i-prisadki>
2. «Всё об обогревателях и отопителях»/ Владимир Найман: АСТ, Астрель, Хранитель, 2007. – 368 с.
3. «Электрооборудование автомобилей»/ Акимов С. В. Чижков Ю. П. За рулём, 2004. – 384 с.
4. <https://www.dissercat.com/content/povyshenie-ekspluatatsionnykh-kachestv-avtomobilnykh-dvigateli-putem-primeneniya-lentochnykh>

PRE-STARTING HEATER FOR ENGINE AND MKSM-800N CABIN

A.A. Woinov, F.V. Lagodinskiy

*FSBEI HPE «Penza state University»
Penza, Russia*

The article proposes an additional electric pre-heater-heater for the engine and the loader cab, which works from the on-board network, which accelerates the heating of the MKSM-800N cab and simplifies the engine start in the cold season.

Keywords: Internal combustion engine, oil, heater, heater, carbon tape, radiator.

УДК 629.3.083

МОДЕРНИЗАЦИЯ ADAS И БЕСПИЛОТНОГО ВОЖДЕНИЯ С ПОДДЕРЖКОЙ РАДАРА МИЛЛИМЕТРОВОГО СПЕКТРА

A.A. Войнов, К.Э. Токарев, Д.А. Лебедянецв

*ФГБОУ ВО "Пензенский Государственный Университет"
Пенза, Россия*

В статье рассматриваются основные характеристики системы ADAS и особенности применения автомобильного рада для беспилотного вождения. Выделяются технологии обнаружения неисправностей транспортного средства.

Ключевые слова: система помощи водителю, беспилотное транспортное средство, безопасность дорожного движения, автомобильный радар.

Система помощи водителю (ADAS) – комплектация алгоритмов, призванных упростить управление автотранспортным средством, а также приумножить безопасность дорожного процесса. Данный комплекс может распознавать неподвижные и перемещающиеся объекты на проезжей части, аутентифицировать их и анализировать на вероятность опасности.

Хорошо известно, что концепции ADAS, которые ввязываются в управление, внедрены в «мозги» автомашины и оценивают участок около авто, не только поддерживают реализацию трудных маневров, но и позволяют уменьшить темп при неизбежном приближении к препятствию. Все данные функции, без исключения, содействуют снижению числа ДТП.

Несомненно, автомобильная система ADAS группирует обширный

круг новейших технологий, таких как:

- Скоростные информативные концепции, связывающие авто сети Ethernet, прецизионные навигационные конструкции с картами высокого разрешения;
- Взаимосвязанность авто-авто (V2V), авто-инфраструктура (V2I), а также автомобиль-энергосистема (V2U);
- Совокупность радиолокационных, лазерных дальномерных и зрительных измерителей.

Прежде всего, следует сказать, что из существующих датчиков новейшими являются лидары, которые вызвали энтузиазм на рынке автономных транспортных средств. Однако они еще не прошли массовых испытаний на рынке, и круговое сканирование обеспечивается вращающимися частями. Устройство производит огромные объемы данных, обрабатывание которых требует крупных вычислительных мощностей, а также современной организации управления информацией. Здесь следует отметить, что более распространенными являются оптические датчики. Они гарантируют идентификацию и группировку объектов, и считывание путевых знаков.

Автомобильный радар считается максимально безопасным измерителем, определяющим интервал до объекта (дистанции) и характеристики движения фактически в любых условиях. Он использует парированные радиоволны с целью выявления одних препятствий в фоне других и предъявляет низкие запросы к обработке сигнала.

В настоящее время с поддержкой автомобильного радара концепция ADAS разрешает соответствующие проблемы: автоматическое экстренное затормаживание, предупреждение о вероятном лобовом конфликте, выявление предметов за пределами зоны видимости водителя, поддержку при смене полосы, предупреждение о возможном ударе сзади. Полные сравнительные характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение технологий обнаружения на базе радара, видеокамеры и лидара

	Радар	Видеокамера	Лидар
1	2	3	4
Технология	Диагностирование дистанции и перемещения через радиосигналы	Определение и систематизация согласно изображениям	Объемный кольцевой анализ с поддержкой лазера
Области применения	Помощь при парковке; ACC, AEBS; Обнаружение объектов вне зоны видимости водителя	ACC, AEBS; Распознавание дорожных знаков; Помощь при движении по полосе	Экстренное торможение для предотвращения наезда на пешехода, построение карты местности

1	2	3	4
Преимущества	Большая дальность обнаружения; Надежно при любых погодных условиях	Обработка изображений; Распознавание цвета	Высокая точность и разрешение; Интеллектуальная обработка сигнала с большим количеством данных
Ограничения	Ограниченная информация об обнаруженных объектах (только форма и движение)	Чувствительность к погодным условиям	Чувствительность к погодным условиям; Сложное и дорогое управление сигналами и данными

Автомобильный радар, который в основном использует узкополосные радары 24 ГГц, быстро переходит на 76 – 81 ГГц с 5 ГГц, используя непрерывные FM-сигналы (FMCW) и антенны с формированием луча. Неопределенность измерения расстояния и разрешение по расстоянию обратно пропорциональны ширине полосы. Следует признать, что при переходе с 24 ГГц на 76 ГГц разрешающая способность и точность радара увеличились в 20 раз. Например, радар с частотой 24 ГГц имеет разрешение 75 см, а для радара с частотой 77 ГГц – всего 4 см, что позволяет лучше распознавать близлежащие объекты (рис 1).

Также необходимо отметить, что разрешение и точность измерения скорости увеличиваются пропорционально уменьшению длины волны. На основе этого можно сделать вывод, при переключении с 24 ГГц на 77 ГГц точность измерения скорости увеличивается в три раза.

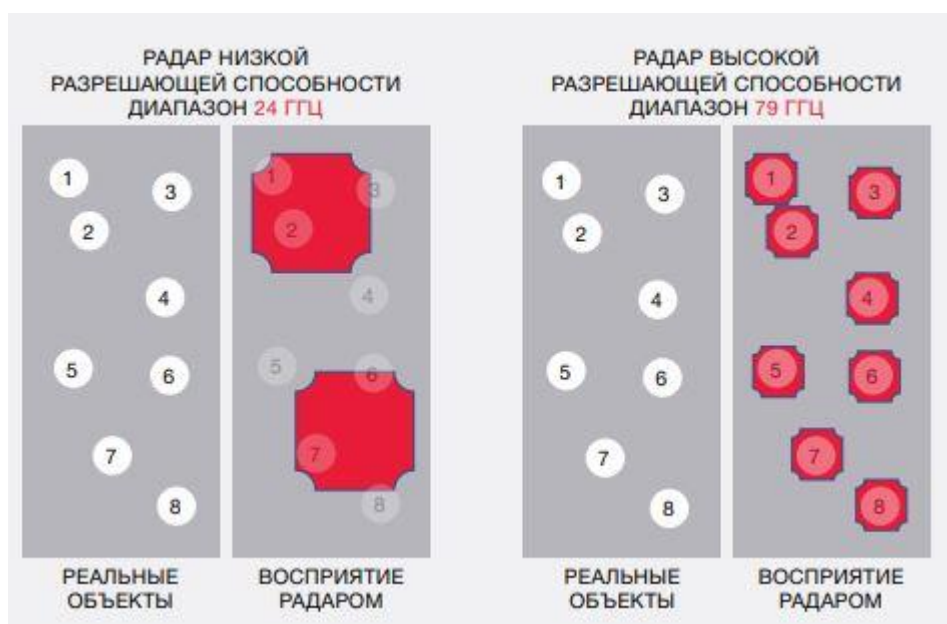


Рисунок 1 – Зависимость разрешающей способности от полосы сигнала

Более того, еще одним преимуществом перехода на миллиметровый диапазон длин волн является увеличение размера и веса. Поскольку длина волны сигнала 77 ГГц составляет одну треть длины волны сигнала 24 ГГц, площадь антенны радар 77 ГГц в девять раз уменьшает площадь радар 24 ГГц. Они становятся меньше, их легче спрятать, что выгодно для дизайна автомобиля и за счет этого происходит экономия топлива.

Еще один положительный момент заключается в том, что увеличение дальности обнаружения и улучшение разрешения радар автомобиля делают вождение более безопасным в любых условиях. Отправляя SMS-сообщение на скорости 85 км/ч, водитель может преодолеть расстояние, равное длине футбольного поля. Если отвлечься, он может не заметить замедления потока, но система ADAS успеет дать визуальное и звуковое предупреждение перед возможной аварией. Если водитель ничего не делает, ADAS может инициировать автоматическое торможение, чтобы избежать столкновения или уменьшить силу удара. Решающую задачу по обнаружению объектов на больших и малых расстояниях может выполнить только усовершенствованный автомобильный радар миллиметрового диапазона, способный работать днем и ночью.

Кроме того, не следует забывать, при разработке автомобильных радаров, работающих на миллиметровых длинах волн, необходимо минимизировать потери распространения, фазовый шум, ошибку IQ, ошибку частотной характеристики и величину вектора ошибок. Испытания миллиметрового диапазона, особенно на частотах 77 – 80 ГГц, требуют сложного решения с множеством инструментов, кабелей, разъемов и других принадлежностей, что затрудняет обеспечение повторяемости измерений. Крайне важно использовать наиболее надежное и точное решение для тестирования для моделирования и измерения характеристик широкополосных сигналов миллиметрового диапазона.

Подводя итог, можно сказать, что беспилотные автомобили приносят огромную пользу, спасают жизни и делают вождение более безопасным. Поэтому проектировщикам необходимо продемонстрировать надежность и безопасность разрабатываемой ими технологии, а также оптимизировать свою конструкцию и методы испытаний, которые в идеале не должны приводить к гибели людей в дорожно-транспортных происшествиях.

И несмотря на то, что каждая технология играет важную роль в разработке автономных транспортных средств, именно радиодатчики необходимы для безопасности движения. Из всех доступных датчиков только автомобильный радар автомобиля однозначно определяет три основные переменные – скорость, дальность и курс – независимо от освещения и погодных условий.

Список использованных источников.

1. Адмиралов, В.П. Транспортные средства: устройство и технические характеристики. – М.: Форум, 2019. – 236 с.

2. Радов, Е.В. Безопасность и техническая диагностика транспортных средств. – М.: Academia, 2019. – 178 с.
3. Ярцев, П.Д. Эксплуатация автотранспортных средств и принципы построения внутренних систем. – М.: Книжный мир, 2019. – 204 с.

MODERNIZATION OF ADAS AND AUTOMATIC DRIVING WITH SUPPORT OF MILLIMETER SPECTRUM RADAR

A.A. Voinov, K.E. Tokarev, D. A. Lebedyantsev

*FSBEI HE "Penza State University"
Penza, Russia*

The article discusses the main characteristics of the ADAS system and the features of the use of an automobile radar for unmanned driving. The technologies for detecting vehicle malfunctions are highlighted.

Keywords: driver assistance system, unmanned vehicle, road safety, car radar.

УДК 656.078

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЕ

А.А. Войнов, Н.Д. Мартынов, М.А. Крестин

*ФГБОУ ВО "Пензенский Государственный Университет"
г. Пенза, Россия*

В статье рассмотрены содержание и применение ИТ-решений в системах управления транспортом. Выделены особенности внедрения нововведений в автомобилестроении, а также обозначены перспективы их использования на современном этапе технологического прогресса.

Ключевые слова: инновационные технологии, автомобильный транспорт, ИТ – решения, стратегическое развитие.

На сегодняшний день современный мир трудно представить без инновационных технологий, ведь они используются во всех сферах жизнедеятельности и прочно вошли в повседневную жизнь человека. Не стала исключением и автомобильная промышленность, которую невозможно представить без многочисленных компьютерных инноваций.

Инновационная транспортная система – комплексная система оптимизации управления современными транспортными средствами в режиме реального времени, которая мгновенно адаптируется к внешним условиям,

анализируя текущие ситуации и планируя будущее развитие. Чтобы выстраивать дальнейшую стратегию развития IT-технологий, необходимо четко понимать специфику работы действующих инноваций в автомобилестроении. Ниже представлены основные IT-решения на транспорте:

- Концепции GPS. Они дают возможность определять интервал и период с поддержкой навигационных спутников. Это всеобщая система позиционирования, которая позволяет устанавливать правильное положение и высокоскоростные свойства предмета фактически в какой угодно точке планеты, также в космосе.

- OnStar. Снижение скорости удаленного транспортного средства при угоне автомобиля и попытке скрыться от полиции во время погони, позволяет в короткие сроки вернуть украденные автомобили.

- Автопилот. Тип устройства или программно-аппаратного комплекса, который управляет транспортным средством по определенной приписанной ему траектории без помощи водителя.

- Мониторинг трафика. Безопасность дорожного движения можно повысить за счет мониторинга слепых зон и системы предупреждения о дорожных знаках. Такая система предупредит водителя, если он, к примеру, начнет менять полосу движения на соседнюю полосу без включения указателя поворота.

Одно из самых амбициозных автомобильных инноваций – это автономное вождение. В целом, во всем мире существует шесть уровней автоматизации вождения, начиная с уровня 0, где все контролирует один человек, и заканчивая уровнем 5, который не требует вмешательства человека в любой момент развития событий. В интересах беспилотных автомашин различного уровня инновации включают модернизирование измерителей, концепций связи интеллектуальных алгоритмов истинного времени. Уровни автоматизации представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Уровни автоматизации вождения

Следует отметить, в основной массе современных ТС применяются

разнообразные методы синхронной навигации и построения карты (SLAM). Во-первых, методика SLAM соединяет данные с нескольких датчиков и офлайн-карту с целью вычисления месторасположения ТС. Во-вторых, генерирует карту настоящего времени с текущей ситуацией. В непилиотируемых ТС метод SLAM принимает с большого количества датчиков разнообразную информацию:

1. Сканирующий радиолокатор в целях построения многомерной картины окружающей обстановки;

2. Акустический радиолокатор ближнего воздействия и ультразвуковые детекторы парктроника с целью обнаружения объектов в близости с ТС;

3. Высокоточные сведения всемирной концепции позиционирования (GPS) для дефиниции местоположения и общедоступных маршрутов в пункт назначения.

Примечательно, что большинство систем ADAS используют различные комбинации вышеупомянутых технологий для интеграции различных датчиков, включая оптические, лидарные и радарные датчики. Это имеет важные последствия для общей инфраструктуры транспортного средства, поскольку необходимость интеграции информации от нескольких датчиков и быстрого реагирования на полученные данные требует наличия надежной бортовой сети связи. Благодаря технологическим достижениям в области автоматического управления транспортными средствами производители могут внедрять и улучшать системы индивидуально.

Для связи с внешним миром современные автомобили используют ряд протоколов связи, в том числе:

- Односторонний спутниковый канал для систем космической навигации GPS, ГЛОНАСС, BeiDou и Galileo;
- Двухнаправленный канал GSM, CDMA и W-CDMA для связи между автомобилем и внешним миром;
- Двусторонний канал 4G LTE для доступа в Интернет;
- Двухнаправленный мобильный интернет-канал 5G для высокой скорости, малой задержки и скорости в несколько гигабит в секунду для сотовых сетей для широкополосной передачи аудио и видео в автомобиль;
- Однонаправленный спутниковый канал с целью приема радиовещания по подписке.

Можно заметить, что разработанные системы помощи в пробке позволяют автомобилю автономно выдерживать дистанцию, снижать скорость и при необходимости останавливаться. Также стоит отметить, автотранспортное средство даже способно собственноручно изменять курс перемещения, однако только до тех пор, пока рука водителя располагается на рулевом колесе.

Связь с подключенными автомобилями не ограничивается общением внутри транспортного средства или между ним и облаком. Конечная цель - подключить автомобиль к другим объектам (V2X). Основные типы V2X

представлены в таблице №1.

Таблица 1 – Разновидности связи V2X

Тип связи	Содержание
ТС - сеть	посредством передачи сообщений LTE с сервера V2X подключенные автомобили могут отправлять одноадресные сообщения, информирующие о дорожных условиях и опасностях
ТС - устройство	взаимодействуя со смартфонами, можно получать не только информацию и развлечения, но и доступ к автомобилю без ключа и включение зажигания, а также работу с такими приложениями, как каршеринг
ТС - инфраструктура	передатчики дорожных радиомаяков могут информировать водителя о закрытых дорогах, схемах движения, чрезвычайных ситуациях и другую полезную информацию в дополнение к информации, полученной по сотовой сети
ТС - ТС	автомобиль осведомлен о находящихся рядом ТС и может общаться с ними, соответственно есть возможности предотвращения столкновений, мониторинга слепых зон и управления дорожным движением, это позволяет безопасно сокращать расстояния

Таким образом, совершенствование информационных технологий в транспорте гарантирует перемещение к обеспечению максимального комфорта в интересах пользователей. IT-решения способствуют предельной автоматизации персонала, формируют условия для перехода от специализированных аппаратных заключений к глобальным справочно-коммуникационным технологиям.

Список использованных источников.

1. Бершадский, В.Ф. Основы управления механическими транспортными средствами и безопасность движения. – М.: Амалфея, 2016. – 458 с.
2. Дудков, В.Н. Инновационные технологии в транспортной сфере: Учебное пособие. – М.: Academia, 2018. – 158 с.
3. Левин, В.И. Информационные технологии в машиностроении: Учебник для специалистов. – М.: Academia, 2019. – 512 с.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF IT-TECHNOLOGIES IN THE TRANSPORT SPHERE

A.A. Voinov, N.D. Martynov, M.A. Hkrestin

*FSBEI HE "Penza State University"
Penza, Russia*

The article discusses the content and application of IT solutions in transport management systems. The features of the introduction of innovations in the automotive industry are highlighted, as well as the prospects for their use at the present stage of technological progress.

Keywords: innovative technologies, road transport, IT-solutions, strategic development.

УДК 656.1

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Д.А. Войнова, А.А. Войнов

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье описывается суть интеллектуальных транспортных систем и использование их в городской среде.

Ключевые слова: транспортная система, автомобиль, дорожное движение, транспорт.

В настоящее время во всем мире наблюдается рост дорожного движения. Из-за значительного увеличения автомобильного парка, а также ограниченной пропускной способности улично-дорожной сети происходит немалое количество конфликтных ситуаций, сильно снижается транспортная мобильность.

Данную проблему нельзя разрешить лишь строительством магистралей, так как на новом участке дороги сразу же появляется большое количество машин, и образуется затор. Поэтому для эффективного контроля транспортного потока необходимо внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) – это совокупность автоматизированных систем, которые дают возможность эффективно эксплуатировать транспортную сеть, используя при этом информационные, коммуникационные и управленческие технологии, которые встроены в транспортное средство или дорожную инфраструктуру.

Основой интеллектуальных транспортных систем является информация, которую нужно собирать, обрабатывать, распространять.

Построение интеллектуальных транспортных систем города основано на:

- сборе информации;
- анализе трафика;
- моделировании трафика;
- обмене данными;
- управлении дорожным движением и ТС.

Элементы ИТС – интеллектуальные транспортные системы, которые на дорогах представляют собой совокупность функционального оборудования, организуют сбор информации, управление потоком транспорта и информирование участников дорожного движения.

Достичь значительного улучшения ситуации на дорогах можно только в случае, когда система оснащена необходимым качественным оборудованием.

Дорожные видеокамеры активно используются разработчиками интеллектуальных транспортных систем и комплексами фиксации нарушения ПДД. Они помогают эффективно следить за дорожным потоком, выделять движущиеся объекты, осуществлять захват кадров транспортных средств с государственными регистрационными знаками, а также распознавать буквенно-символьные изображения на номерах автомобилей.

Умные светофоры – светофоры, управление которыми выполняет специальная программа, которая позволяет прибору самостоятельно принимать решения на основе поступающей информации о дорожном движении с других устройств.

Существует три режима работы светофоров:

Первый это локальный. В данном режиме устройство работает по описанной схеме, в которой, например, учитывается час пик.

Второй – координированный. Этот режим предполагает координацию работы сразу нескольких светофоров в одной зоне. Светофоры работают синхронно, пропускают определенное количество автомобилей, это способствует поддержанию интенсивного движения на конкретном участке.

Третий – адаптивный. Светофор работает самостоятельно. Устройство автоматически принимает решения на основе поступающей информации о ситуации на дороге с помощью датчиков. В городах, где используются такие системы, обязательно работает ситуационный центр, который помогает пропускать на вызовы автомобили экстренных служб [1].

Электронные средства оплаты проезда. Необходимость оплаты проезда образует заторов на автодорогах. Для того чтобы уменьшить пробки, применяются транспондеры – электронные средства оплаты проезда.

Это приемно-передающие устройства, позволяющие двигаться без остановки через платные пропускные пункты. Они прикрепляются на ло-

бовое стекло автомобиля и имеют уникальные лицевые счета и идентификационные номера. Таким образом, чтобы заплатить за проезд, водителю необходимо сбросить скорость до 30 км/ч и деньги автоматически спишутся со счета.

Информационные табло. Данное устройство помогает информировать водителей о ситуации на дорогах. На табло может размещаться такая информация как:

- загрузка участков дороги;
- наличие ДТП на маршруте;
- количество общественного транспорта;
- состояние дорог.

Внутренние системы интеллектуального транспортного средства.

Также применяются внутренние или автономные системы. Данные системы основаны на информации, получаемой от самого интеллектуального транспортного средства.

На сегодняшний день на легковых и грузовых автомобилях активно используются системы для повышения активной безопасности. Это системы повышения устойчивости, такие как ABS (антиблокировочные), ESP (electronic stability control) – повышения поперечной устойчивости), Brake assist – система помощи при экстренном торможении, а также такие системы, как (ACC) – adaptive cruise control (адаптивный круиз контроль), forward collision warning (FCW) – системы предупреждения столкновений, системы ухода с полосы движения (lane departure warning (LDW)) и системы обнаружения слепой зоны (blind spot detection (BSD) и др. [2].

Также многие внутренние системы могут служить источниками полезной информации для внешней инфраструктуры. Например, срабатывание системы ESP может сигнализировать о скользком дорожном покрытии, а эта информация полезна для других участников движения и дорожных служб. Само транспортное средство является источником важных данных, которые могут служить для многих других целей (управление городским транспортом, управление автомагистралями и т.п.).

Преимущества внедрения систем умного транспорта.

Уже строящиеся, а также находящиеся активной эксплуатации транспортные системы, имеют свои достоинства:

- способствуют уменьшению числа ДТП и смертности на дорогах.
- обеспечивают беспрепятственное передвижение спецслужб и спецтранспорта на экстренные вызовы;
- фиксируют факты нарушения ПДД и информируют об этом водителей.
- Позволяют выбрать оптимальный по удобству и скорости маршрут;
- оптимизируют движение с учетом ситуации на дорогах .

Сейчас многие компании занимаются разработкой архитектур ИТС, выдвигают современные и технологичные решения для обеспечения контроля дорожных ситуаций. Проекты интеллектуальных транспортных си-

стем имеют большие масштабы. Соответственно и требуют немалых инвестиций, так как необходимо оснастить город качественным оборудованием. Тем не менее данное направление является передовым и активно развивается.

Список использованных источников

1. <https://center2m.ru/intellektualnye-transportnye-sistemy>
2. Жанказиев, С.В. Интеллектуальные транспортные системы. Учебное пособие. Москва, Мадри, 2016.

APPLICATION OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

D.A. Voinova, A.A. Voinov

*FSBEI HE «Penza State University»
Penza, Russia*

The article describes the essence of intelligent transport systems and their use in the urban environment.

Keywords: transport system, car, road traffic, transport.

УДК 621.892

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ГЕТЕРОГЕННОЙ ФАЗЫ В АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВАХ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Т.И. Головнева, В.Ю. Жабский, Д.П. Вихарев

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
г. Воронеж, Россия*

В статье Рассмотрены процессы образования гетерогенной фазы в топливе ТС-1 при изменении внешних и внутренних факторов.

Ключевые слова: керосин, эксплуатационная надежность, окисление, авиационная техника, топливная система.

Одним из условий сохранения высокой эксплуатационной надежности авиационной техники является обеспечение безотказной работы газотурбинных двигателей. Для этого топливо должно оставаться гомогенным и однородным на всех этапах применения, хранения и транспортирования – от момента его производства до сгорания в двигателях. образова-

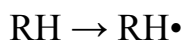
ние гетерогенной фазы в топливе приводит к таким эксплуатационным неисправностям, как: нарушение прокачиваемости топлива, засорение топливных фильтров, форсунок и каналов основной и форсажной камер сгорания продуктами термического окисления и коррозии, снижению эффективности теплообменных устройств, связанному с потерей теплопроводности стенок радиатора из-за отложений на них продуктов термоокисления [1].

При, транспортировке, эксплуатации и хранении топливо контактирует с кислородом воздуха, металлами, уплотнительными материалами, нагревается (в теплообменниках, форсунках и др.). При этом в нем происходят процессы окисления, полимеризации и поликонденсации, приводящие к образованию различных веществ, в т. ч. растворимых и нерастворимых смол. Смолы, укрупняясь и подвергаясь химическим воздействиям, образуют осадки и отложения. Они забивают фильтры, загрязняют топливные баки, изменяют размеры и форму различных отверстий и каналов, что нарушает работу теплообменников, топливомасляных радиаторов, форсунок. Механические примеси, являясь центрами кристаллизации смол, интенсифицируют процесс образования отложений. Промежуточные продукты окисления разрушают резину и герметики, а кислые продукты и вода вызывают коррозию конструкционных материалов.

Наиболее значимый вклад в образование гетерогенной фазы в топливах для реактивных двигателей вносит процесс термоокисления, который сопровождается возникновением нерастворимых соединений (осадков и смол) при нагреве выше 90°C в присутствии кислорода. Часть осадка, образовавшегося при повышенных температурах, представляет собой продукты коррозии деталей топливной аппаратуры; незначительная часть – продукты износа деталей топливных насосов ГТД и микрозагрязнения, содержащиеся в топливах. Таким образом, опыт эксплуатации АТ показывает, что отказы в ее работе, связанные с качеством топлива, требуют проведения химмотологических исследований взаимосвязи качества топлива с конструкционными особенностями и условиями эксплуатации АТ.

Реакция окисления углеводородов в жидкой фазе протекает многостадийно по цепному свободно-радикальному механизму. Механизм жидкофазного окисления хорошо изучен вплоть до того, что его отдельные стадии получили стандартную нумерацию. В процессе окисления выделяют пять этапов:

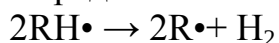
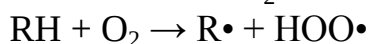
I. Процесс окисления углеводородов начинается с возбуждения молекулы и образования радикала $\text{R}\cdot$. Акты возбуждения случайны, наиболее вероятной причиной может быть возбуждение молекулы углерода при нагревании:



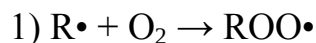
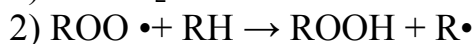
Поскольку эта стадия зависит от случайностей, она является лимитирующей при окислении жидких углеводородов.

II. Зарождение цепи окисления углеводородов с образованием сво-

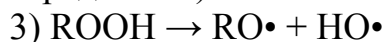
бодного радикала $R\cdot$.



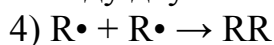
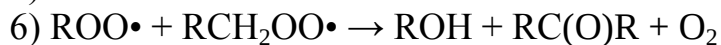
III. Продолжение цепи с образованием пероксидных радикалов $RO_2\cdot$, а также промежуточной гидроперекиси $ROOH$ и новых свободных радикалов.



IV. Вырожденное разветвление цепи (распад гидроперекисей на свободные радикалы).



V. Обрыв цепи в результате взаимодействия радикалов с исходными углеводородами или перекисями без образования свободного радикала, а также между двумя свободными радикалами или перекисями.



Развитие цепной реакции зависит от скорости образования гидроперекисей и от наличия в окисляющей смеси соединений, способных легко образовывать свободные радикалы и перекиси.

Гидроперекиси, являющиеся первичными продуктами окисления углеводородов, не стабильны. В результате их распада образуются спирты. При дальнейшем окислении гидроперекисей и спиртов образуются альдегиды и кетоны, термоокислительные превращения которых приводят к образованию кислот. Реагируя со спиртами, кислоты образуют сложные эфиры. По мере окислительного уплотнения высокомолекулярных соединений образуются смолы, которые, находясь в топливах в малых концентрациях, образуют истинный раствор (гомогенная система). В дальнейшем, по мере углубления окисления, усложнения состава образовавшихся соединений, и увеличения размеров коллоидных частиц, истинный раствор переходит в коллоидный (гетерогенная система). В образовавшейся системе продолжается постепенное увеличение размеров частиц твердой фазы. При достижении определенной массы частицы твердой фазы осаждаются, увлекая при этом из раствора значительную часть смолистых веществ и механических примесей, адсорбирующихся на их поверхности.

В специализированной лаборатории ГСМ были исследованы процессы воздействия внешних и внутренних факторов на свойства топлива ТС-1 (топливо умеренной термостабильности). Эксперименты проводились на стандартном приборе (термостат «М01» и бомба Рейда), в качестве теплоносителя использовалась дистиллированная вода.

Условия испытания:

- температура испытания – 40°C, 65°C, 90°C, 95°C;
- продолжительность испытания – 3 ч;
- образцы металла (дюралюминиевый и стальной трубопроводы,

гайка из легированной стали), протектированная резина.

На рисунке 1 представлены типовые формы высокотемпературных отложений, полученных при изменении температур топлива в сечении трубопровода, а в таблице 1 – результаты экспериментов.

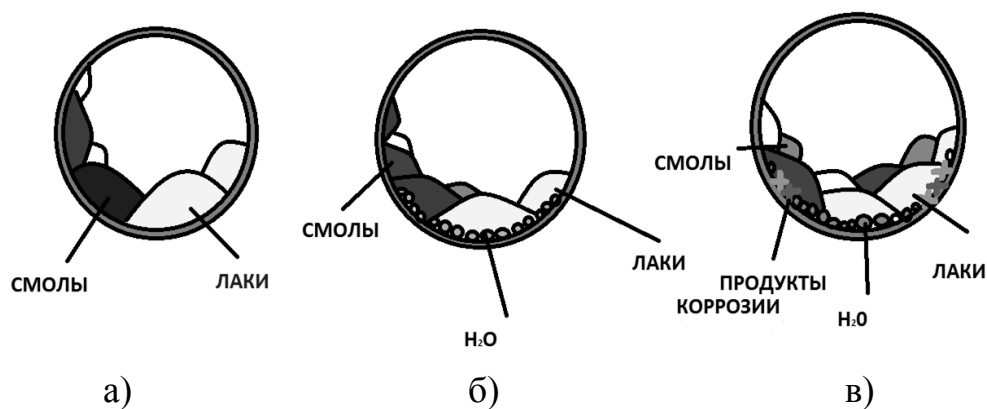


Рисунок 1 – Образование гетерогенной фазы и продуктов коррозии в сечении трубопровода топливной системы при температурах а –60°С, б – 90°С, в – 95°С

Из данных таблицы видно, что при повышенной температуре образуется коллоидная фаза и продукты коррозии.

Таблица 1 – Образование соединений смолистого характера и продуктов коррозии в топливе ТС-1

Образец	Температура, °С	Время выдержки, час	Результат
1.Топливо ТС-1 чистое	40	3	без изменений
	65	3	коллоидные частицы
	90	3	крупные коллоидные частицы
	95	3	крупные коллоидные частицы
2.Топливо ТС-1 и гайка стальная	40	3	без изменений
	65	3	коллоидные частицы
	90	3	крупные коллоидные частицы
	95	3	крупные коллоидные частицы, частицы твердой фазы
3.Топливо ТС-1 и протектированная резина	40	3	без изменений
	65	3	коллоидные частицы
	90	3	крупные коллоидные частицы
	95	3	крупные коллоидные частицы, частицы твердой фазы

В процессе исследования влияния внешних и внутренних факторов

на свойства топлива ТС-1 для реактивных двигателей было установлено, что при окислении нестабильной части углеводородов топлива и содержащихся в них гетероорганических соединений при их дальнейшей конденсации и полимеризации в топливе образуются соединения смолистого характера, а также осадки.

Список использованных источников.

1. Большаков, Г.Ф. Образование гетерогенной системы при окислении углеводородных топлив / Г.Ф. Большаков // Новосибирск. – «Наука», – 1990. – 248 с.

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF HETEROGENEOUS PHASE FORMATION IN AVIATION FUEL AT HIGH TEMPERATURES

T.I. Golovnyeva, V.Yu. Zhabsky, D.P. Vikharev

Air Force Education and Research Center "The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy", Voronezh, Russia

The article reviewed the processes of the formation of a heterogeneous phase in the TS-1 fuel on change of the external and internal factors

Keywords: kerosene, operational reliability, oxidating, aviation equipment, fuel system.

УДК 656.11

ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОФОРОВ С ВЫЗЫВНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

А.С. Голосов, А.А. Мамедов, Ю.Ю. Накашидзе

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

Одним из опасных мест для пешеходов на улично-дорожных сетях являются пешеходные переходы. Именно одна треть дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов от их общего числа происходит на нерегулируемых пешеходных переходах. В данной статье приведено обоснование необходимости применения светофоров с вызывными устройствами на пешеходных переходах.

Ключевые слова: пешеходный переход, безопасность, светофор, дорожно-транспортные происшествия.

Управление транспортом в большом городе – довольно трудный процесс, содержащий в себе большое количество пересечений, перекрестков и светофоров, а также постоянный контакт с пешеходами на нерегулируемых пешеходных переходах. Пешеходы – это большая доля участников дорожного движения, вследствие этого их интересы должны быть на первом месте при планировании дорожной сети.

Пешеходные переходы считаются одними из самых опасных мест для пешеходов на улично-дорожных сетях населённых пунктов. По сведениям статистики, в России каждый год случается в пределах 65 тысяч наездов на пешеходов, из них от 7,5 до 9 тысяч человек погибают и около 8 тысяч становятся инвалидами [1]. Исходя из этого, аварии с участием пешеходов занимает одну треть от общего количества ДТП.

Таким цифрам способствуют различные факторы, такие как:

- низкая организация дорожного движения;
- неблагоприятные погодные условия;
- низкая видимость пешеходных переходов.

По данным статистики 2019 г., наезды на пешеходов в темное время суток составили 37,2% от всех ДТП, что превышает наезды в дневное время почти на 10%. Именно в темное время суток гибнет более – 69,1% – от общего числа погибших пешеходов [2].



Рисунок 1 – Имитация наезда на пешеходов

Главная причина аварий с наездом на пешеходных переходах является недисциплинированность пешеходов и водителей. Переходя дорогу, пешеход считает себя защищенным Законом, однако это не всегда верное мнение. Исходя из поправок от 29 ноября 2014 г. п.14. ПДД, водитель, приближаясь к нерегулируемому пешеходному переходу, обязан остановиться для пропуска пешеходов, а также пропускать и только вступивших пешеходов на проезжую часть. Согласно пункту 4.5 ПДД, пешеходы на

нерегулируемых пешеходных переходах могут выходить на проезжую часть только после оценки расстояния до приближающихся к ним транспортных средств, убедившись, что переход будет безопасен [3].

Многие водители транспортных средств игнорируют снижение скорости при проезде пешеходного перехода, а пешеходы зачастую переходят проезжую часть, не убедившись в отсутствии приближающихся транспортных средств, что приводит к печальным последствиям. В общей совокупности всех этих факторов бывает трудно определить степень вины каждого из участников происшествия.

На данный момент это самый важный вопрос в обеспечении безопасности пешеходов. В ряде случаев причиной таких ДТП являются большие транспортные и пешеходные задержки и низкая организация дорожного движения.

Повышение безопасности пешеходов состоит в минимизации вероятности их конфликтов с автомобильным транспортом. С целью снижения скорости движения на улично-дорожных сетях городов около общественных мест, применяют различные методы организации дорожного движения, например:

- «лежачие полицейские»;
- возвышение дорожного полотна с изменением текстуры;
- изменение траектории движения;
- кольцевые пересечения;

Данные мероприятия позволяют снизить скорость движения транспорта и повысить безопасность движения пешеходов. Но в то же время применение мер по снижению скорости даже при небольшой интенсивности движения приводит к заторам на дорогах.

Однако не всегда перечисленные мероприятия могут применяться вследствие существующей застройки, малой ширины улицы и класса улицы.

Полученные данные свидетельствуют, что интенсивность движения пешеходов увеличивается только в утренние, с 7:00 до 09:00, и вечерние часы, с 16:00 до 18:00. Такие цифры обусловлены тем, что основной поток пешеходов увеличивается в часы – пик. Поэтому установка светофоров с вызывными устройствами целесообразна, так как если на проезжей части сформировался плотный поток транспортных средств, то желающие перейти дорогу вызывают светофор и спокойно переходят дорогу, если же желающих нет, то поток автомобилей проезжает данный участок, не снижая скорости и без остановки.

Высокая стоимость оборудования пешеходных переходов светофорами с вызывными устройствами не позволяет устанавливать их на всех переходах. Однако они крайне необходимы на переходах с постоянным транспортным потоком большой интенсивности и с пешеходным потоком, имеющим явно выраженные утренние и вечерние пиковые часы, что в свою очередь приведет к повышению комфортности движения.

В настоящее время данные светофоры используются лишь в некоторых городах России.

Главные преимущества светофоров с вызывным устройством [4], заключаются в следующем:

- безопасность пешеходов, так как увеличивается реакция водителя на красный сигнал светофора;

- пешеходы переходят дорогу группами, например, пешеход, заметив остановку автомобилей, переходит бегом и попадает на переход еще до того, как его покинул предшествующий пешеход. Следующие пешеходы также ускоряются, и «цепочка» пешеходов может длиться достаточно долго.

- экономия времени водителей, установка пешеходных кнопок снижает время простаивания водителей на перекрестках. В масштабах государства это экономит огромное количество времени и топлива.



Рисунок 2 – Вызывное устройство

При введении светофорного регулирования с вызывным устройством пешеходам становится удобнее и безопаснее переходить дорогу, о чем свидетельствуют практика применения таких светофоров и результаты опроса.

Исследование функционирования пешеходных переходов представляет огромный научный и практический интерес, так как эти участки улично-дорожной сети относятся к наиболее опасным. На них происходят частые конфликтные ситуации между участниками движения, и поэтому применение светофоров с вызывными устройствами позволит повысить безопасность дорожного движения и комфортность всех его участников.

Список использованных источников.

1. Как вести себя водителю, если на дороге пешеходы [Электронный ресурс]. URL: [//365cars.ru/vozhdenie/chto-delat-esli-peshehody-nadoroge.html](http://365cars.ru/vozhdenie/chto-delat-esli-peshehody-nadoroge.html)
2. Проблемы пешеходов и первоочередные меры для обеспечения безопасности пешеходов России [Электронный ресурс]. URL: [//www.gibdd.ru/mens/interview/pravopeshekhoda/70114/](http://www.gibdd.ru/mens/interview/pravopeshekhoda/70114/)
3. Статистика ДТП [Электронный ресурс]. URL: [//www.gibdd.ru](http://www.gibdd.ru)
4. Пешеходные светофоры, работающие «по кнопке» [Электронный ресурс]. URL: [//pddmaster.ru/interest/osobennosti-organizaciidorozhnogo-dvizheniya-v-ispanii-chast-3.html](http://pddmaster.ru/interest/osobennosti-organizaciidorozhnogo-dvizheniya-v-ispanii-chast-3.html)

THE PROBLEM OF USING TRAFFIC LIGHTS WITH CALLING DEVICES

A.S. Golosov, A.A. Mamedov, Y.Y. Nakashidze

*FSBEI of HE "Penza State University"
Penza, Russia*

One of the dangerous places for pedestrians on the road networks are pedestrian crossings. Exactly one-third of all pedestrian accidents occur at unregulated pedestrian crossings. This article provides a justification for the need to use traffic lights with call devices at pedestrian crossings.

Keywords: pedestrian crossing, security, traffic lights, traffic accidents.

УДК 629.027

ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОХОДИМОСТИ АВТОМОБИЛЯ УАЗ-452А «СКОРАЯ ПОМОЩЬ»

И.В. Гордюшкин, Н.Е. Курносков

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье рассматриваются способы повышения проходимости специального автомобиля скорой помощи в смешанных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: проходимость, трехосный автомобиль, скорая помощь грунт, несущая способность, пятно контакта, сопротивление движению.

Полноприводные автомобили занимают значительную часть парка

автомобильной техники в нашей стране, широко используются в различных сферах деятельности человека. Чаще их называют – автомобили многоцелевого назначения. Такие машины требуются при осуществлении различных транспортных операций в том числе и для нужд министерства здравоохранения. Условия эксплуатации таких автомобилей предполагают движение в различных дорожных условиях, при этом некоторую часть пути автомобили находятся в условиях бездорожья.

В поселке Полевом Бессоновского района Пензенской области, из-за нерасчищенной дороги машина скорой помощи не смогла проехать к месту назначения. В январе 2017 года в Мокшанском районе Пензенской области машина скорой помощи не смогла проехать по заснеженной дороге и остановилась в 10 километрах до села Краснополье, где находилась пациентка. [1] В связи с вышеизложенным, актуальным остается вопрос повышения проходимости – недостаточная проходимость автомобиля скорой помощи может привести к печальным последствиям.

При создании автомобиля скорой помощи высокой проходимости необходимо учесть некоторые эксплуатационные характеристики. Это сохранение динамических характеристик и требований медицины. Динамические характеристики машины должны остаться на прежнем уровне.

Поверхности с низкой несущей способностью такие как, снег, песок, болотистая почва по своим физическим свойствам, воспринимают вертикальную нагрузку и сопротивляются приложенному тяговому усилию, весьма разнообразно. [2] На практике сложно создать универсальную вездеходную машину, одинаково успешно передвигающуюся при различных дорожных условиях.

Рассмотрим варианты повышения проходимости планируемого автомобиля.

За основу улучшения характеристик проходимости примем увеличение опорной площади соприкосновения колес и поверхности дороги. [5]

Первый вариант решения проблемы – трехосное транспортное средство (пат. 2597056 Россия МПК В62D 61/10 В60F 3/00). Целью изобретения является создание конструктивно простого автомобиля, обладающего идеальной маневренностью (разворот на месте), а по проходимости на бездорожье даже превосходящего обычные трехосные автомобили. Средняя ведущая ось, соединена с задней осью цепной передачей, задняя ось с колесами в виде пневмокатков выполнена с возможностью ее подъема над полотном дороги, а цепная передача, соединяющая ее с ведущей средней осью, является отключаемой. [3] Недостатком такой конструкции является недолговечность цепной передачи и необходимость её обслуживания, особенно в условиях бездорожья.

В 1973 г. был создан УАЗ-452К – экспериментальный 16-местный автобус с колесной формулой 6х4, а на его базе были разработаны реанимационные автомобили «Медая» для нужд грузинских горноспасателей. Также существовал вариант с колесной формулой 6х6. В Грузии автомо-

били выпускались мелкими сериями (до 50 шт. в год) с конца 1980-х до начала 1990-х гг. силами кооператива «Вездеход» (г. Болниси). Как показали испытания, простая конвертация серийного двухосного автомобиля в трехосный в условиях ограниченной номенклатуры агрегатной базы не способствует оптимизации конструкторских решений. Не хватало мощности серийного двигателя, увеличивался расход топлива, а возросшая снаряженная масса может свести на нет полученные преимущества. [4] При конструировании автомобиля были использованы агрегаты УАЗ, ГАЗ, ЗИЛ и других серийных автомобилей. В дальнейшем серийные машины УАЗ получили ряд положительных изменений, увеличилась мощность двигателя.

С целью повышения проходимости с сохранением ряда характеристик автомобиля необходимо модернизировать конструкцию. Предлагается автомобиль с колесной формулой 4x4 который дооснащается дополнительным средним мостом, с возможностью поднятия его от поверхности земли на определенную высоту и возможностью отключения его привода. [5]

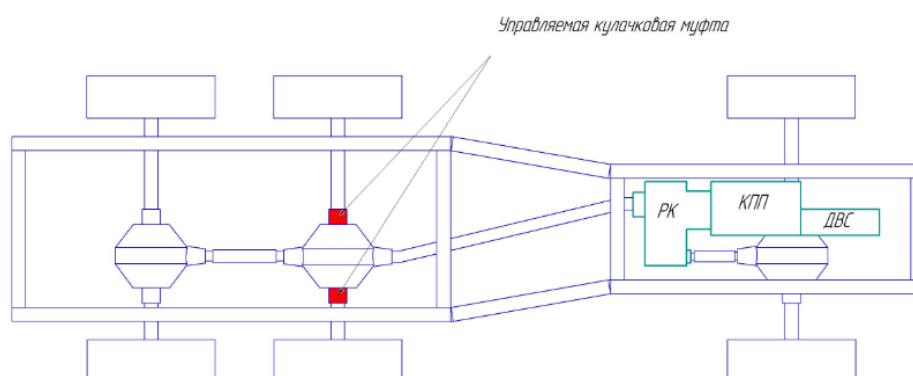


Рисунок 1 – Компоновка трансмиссии автомобиля УАЗ-452А

Средний мост является проходным, чтобы обеспечить подвод крутящего момента к задней оси. Отключение привода моста осуществляется управляемой кулачковой муфтой. Такое решение позволяет в нормальных дорожных условиях двигаться с ведущими передним и задним мостом, а средний в свою очередь находится в статическом положении.

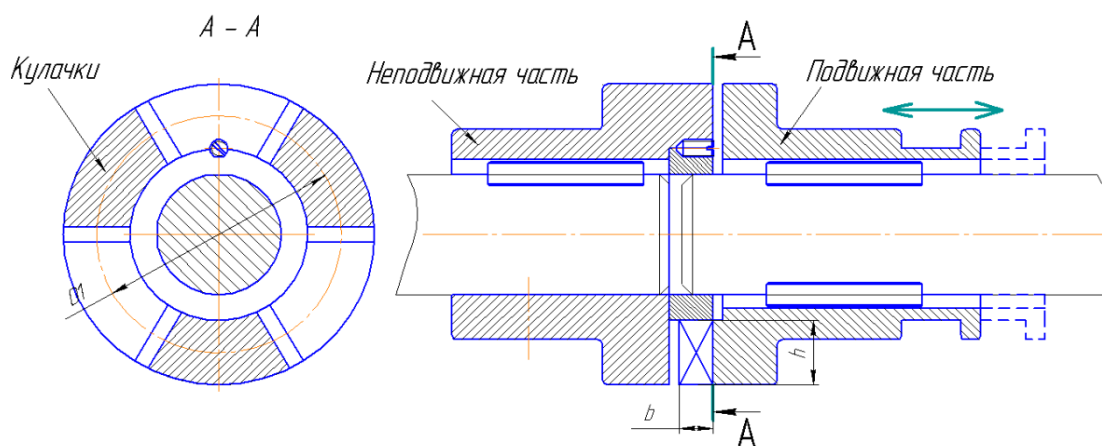


Рисунок 2 – Кулачковая сцепная муфта

Применение такой конструкции повышает проходимость автомобиля, а так же понижается расход топлива автомобиля: при движении по магистрали отключение карданного вала привода заднего моста снижает расход топлива примерно на 4 %, полное отключение заднего моста примерно на 8 %, а полное отключение задней тележки около 12 %. [6]

Список использованных источников.

1. [Электронный ресурс]. URL: https://www.penzainform.ru/news/public/2021/01/16/v_bessonovskom_rajone_patientku_nesli_k_zastryavshej_skoroj_na_rukah.html.
2. Бруданов, А.М. Обзор существующих конструкций для повышения проходимости автомобиля категории М1 // Международный научный журнал «Молодой ученый» №12 (116) / 2016, С. 216 – 220.
3. «Трехосное транспортное средство» Лялин А.П. пат. 2597056 Россия МПК В62D 61/10 В60F 3/00.
4. Научно-исследовательские и проектные разработки. Технология колесных и гусеничных машин – Technology of wheeled and tracked machines № 4(8), 2013. – 11 с.
5. Гордюшкин, И.В. О возможности повышения проходимости автомобиля малой размерности медицинского назначения /И.В. Гордюшкин, Н.Е. Курносков // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия: П.В. Сенин [и др.], сост. С.Е. Федоров, отв. за выпуск В.Ф. Купряшкин. 2020. С. 45 – 49.
6. Улучшение параметров движения трехосного полноприводного автомобиля по твердой опорной поверхности отключением отдельных ведущих мостов. Тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 05.05.03, к.т.н., Быков Р.В.

TECHNICAL POSSIBILITIES OF INCREASING THE CROSS-COUNTRY ABILITY OF THE UAZ-452A AMBULANCE»

I.V. Gordyushkin, N.E. Kurnosov

*FSBEI HE "Penza State University"
Penza, Russia*

The article discusses ways to improve the patency of a special ambulance in mixed operating conditions.

Keywords: cross-country ability, three-axle vehicle, ambulance ground, load-bearing capacity, contact spot, resistance to movement.

УДК 621/ББК 30.3

СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ КЕРАМИКИ

И.С. Горшков, М.А. Храмова, А.Ю. Муйземнек

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В работе приведено краткое описание модели Джонсона-Холмквиста, рассмотрены особенности ее использования при создании компьютерных моделей и моделировании напряженно-деформированного состояния лабораторных образцов из керамики.

Ключевые слова: модель Джонсона-Холмквиста, напряженно-деформированное состояние, лабораторный образец, испытание, керамика.

В самом широком смысле под керамикой понимают гончарное искусство, а также неметаллические материалы и изделия, получаемые с помощью спекания глин или порошков неорганических веществ. Техническая керамика – изделия, характеризующихся повышенной твердостью, жаро- и износостойкостью. Такие изделия изготавливаются спеканием оксидов металла, а также глин и других соединений с тугоплавкими свойствами.

Применение конструкционной керамики в машиностроении наиболее эффективно решает задачу увеличения срока службы основных узлов современного оборудования, эксплуатируемого в условиях воздействия абразивных сред и высоких температур. В современных реалиях технического прогресса керамика играет важную роль как основной материал для применения в различных отраслях промышленности. Это обусловлено широким спектром ее различных физических, химических и электрофизиче-

ских характеристик.

У распространенных керамических материалов (оксидов алюминия, магния, тория) термическая устойчивость намного превышает устойчивость большинства сталей и сплавов.

В отношении механических свойств можно выделить высокую твердость керамики. Данный показатель обеспечивает точность размеров деталей, изготовленных из нее, в течение более длительного периода времени. На точность размеров керамических деталей не влияют влага и химические реагенты, поскольку керамические материалы обладают более высокой коррозионной и радиационной стойкостью по сравнению с металлами, что определяет долговечность керамических конструкций в агрессивных средах. Керамика не подвержена процессу окисления, стабильна в более высоком температурном диапазоне, чем металлы.

В современной конструкционной керамике важнейшими компонентами являются оксиды алюминия, циркония, кремния, бериллия, титана, магния, нитриды кремния, бора, алюминия, карбиды кремния и бора, их твердые растворы и разнообразные композиты.

Для моделирования керамики, стекла и других хрупких материалов предназначена модель пластического разрушения Джонсона-Холмквиста [1]. Она является моделью упругопластичности, в которой учитывается накопленная в результате пластической деформации поврежденность.

В этой модели приведенное эквивалентное напряжение $\sigma^* = \frac{\sigma}{\sigma_{hel}}$ определяется соотношением

$$\sigma^* = \sigma_i^* - D(\sigma_i^* - \sigma_f^*), \quad (1)$$

где σ_{HEL} – предел упругости Гюгонио; σ_i^* – приведенное эквивалентное напряжение неповрежденного материала, определяемое по зависимости

$$\sigma_i^* = a(p^* + t^*)^n (1 - c \ln \Phi); \quad (2)$$

a, n, c – параметры; описывающие поведение неповрежденного материала;

D – накопленная за счет приращения пластической деформации поврежденность материала, вычисляемая по зависимости

$$D = \sum \frac{\Delta \varepsilon^p}{\varepsilon_f^p}; \quad (3)$$

$\Delta \varepsilon^p$ – приращения пластической деформации в одном цикле вычислений;

ε_f^p – пластическая деформация трещинообразования, определяемая по зависимости

$$\varepsilon_f^p = d_1 (p^* + t^*)^{d_2}, \quad (4)$$

d_1, d_2 – параметры, управляющие скоростью накопления поврежденности;

σ_f^* – приведенное эквивалентное напряжение поврежденного материала, определяемое по зависимости

$$\sigma_f^* = b(p^*)^m (1 - c \ln \beta) \leq sfma; \quad (5)$$

m – параметр; $sfma$ – максимальная нормализованная прочность поврежденного материала; $p^* = \frac{P}{P_{HEL}}$ – приведенное давление; P_{hel} – давление в точке Гюгонио.

В неповрежденном материале гидростатическое давление задается соотношением

$$P = k_1 \mu + k_2 \mu^2 + k_3 \mu^3, \quad (6)$$

где k_1, k_2, k_3 – параметры; $\mu = \frac{\rho}{\rho_0} - 1$ – объемная деформация неповрежденного материала; ρ, ρ_0 – текущая и начальная плотности материала.

Когда начинается разрушение, то происходит увеличение давления. Часть упругой энергии β , заключенная между 0 и 1, превращается в гидростатическую потенциальную энергию (давление).

В поврежденном материале гидростатическое давление задается соотношением

$$P_{hel} = k_1 \mu_{hel} + k_2 \mu_{hel}^2 + k_3 \mu_{hel}^3, \quad (7)$$

где k_1, k_2, k_3 – параметры; μ_{hel} – объемная деформация поврежденного материала.

Если заданы предел упругости Гюгонио σ_{hel} и модуль сдвига G , значение μ_{hel} можно найти при помощи итераций из соотношения

$$\sigma_{hel} = k_1 \mu_{hel} + k_2 \mu_{hel}^2 + k_3 \mu_{hel}^3 + \left(\frac{4}{3}\right) G \left(\frac{\mu_{hel}}{1 + \mu_{hel}}\right), \quad (8)$$

и затем выполнить нормализацию значений давления с использованием зависимости (5) и напряжения по зависимости

$$\sigma_{hel} = 1,5(\sigma_{hel} - p_{hel}), \quad (9)$$

В программе LS-DYNA эти итерации выполняются автоматически при инициализации решения.

Применение модели Джонсона-Холмквиста рассмотрено на примере моделирования процесса разрушения лабораторного образца Кальтхоффа (Kalthoff) с боковыми горизонтальными трещинами при боковом ударе. Схема испытаний показана на рисунке 1а. Толщина образца равна 1 см. Учитывая наличие у лабораторного образца горизонтальной плоскости симметрии, при разработке компьютерной модели процесса разрушения рассматриваем только 1/2 образца, показанную на рисунке 1а (на рисунке эта часть выделена прямоугольником). В дальнейшем считаем, что на плоскости симметрии заданы граничные условия симметрии. Также считаем, что скорость ударника в момент встречи с лабораторным образцом составляет 16,5 м/с. Осуществляем компьютерное моделирование процесса соударения на протяжении 500 мкс. Поведение материала лабораторного образца считаем упругим. Компьютерное моделирование выполнено в программе LS-DYNA. Результаты моделирования представлены на рис. 1б и 1в.

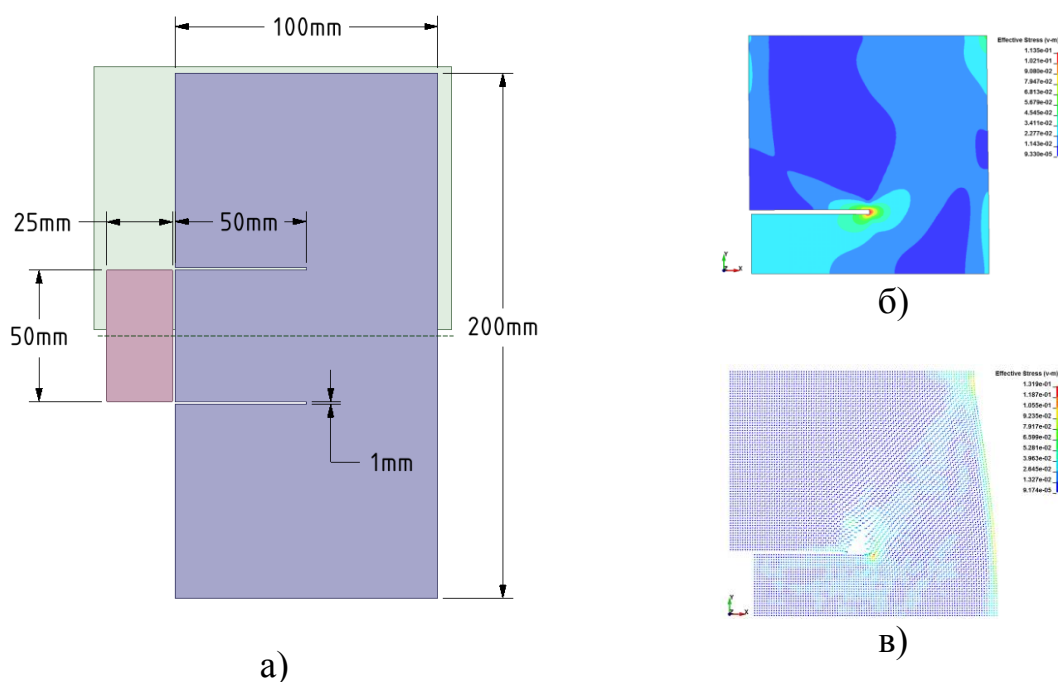


Рисунок 1 – Схема лабораторного образца Кальтхоффа (Kalthoff) с боковыми трещинами при ударе (а) и распределение приведенных по Мизесу напряжений в моменты времени $t = 65, 500$ мкс

На рисунках 1б и 1в представлены распределения модуля приведенных по Мизесу напряжений в моменты времени при $t = 65, 500$ мкс. Распределение приведенных напряжений у вершины трещины на начальной

стадии процесса (рисунок 1б) близко к распределению напряжений у упругого материала. На завершающей стадии процесса (рисунок 1в) наблюдается разрушение, проявляющееся в росте трещины.

Таким образом, применение модели Джонсона-Холмквиста для моделирования процесса разрушения лабораторного образца Кальтхоффа (Kalthoff) с боковыми горизонтальными трещинами при боковом ударе в целом соответствует результатам экспериментальных исследований.

Список использованных источников.

1. Holmquist, T.J., Johnson G.R., Cook W.H. A Computational Constitutive Model for Concrete Subjected to Large Strains, High Strain Rates, and High Pressures / Proceedings 14-th International Symposium on Ballistics. Quebec, Canada, 1993. - p. 591 - 600.

MODERN MODELS OF DEFORMATION PROCESSES AND THE DESTRUCTION OF CERAMICS

I.S. Gorshkov, M.A. Khramova, A.Y. Muyzemnek

*FSBEI HE «Penza State University»
Penza, Russia*

The paper provides a brief description of the Johnson-Holmquist model, discusses the features of its use in creating computer models and modeling the stress-strain state of laboratory ceramic samples.

Keywords: Johnson-Holmquist model, stress-strain state, laboratory specimen, test, ceramics.

УДК 623.74+621.899

РАЗРАБОТКА СПОСОБА РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ АЭРОДРОМА

Т.Р. Грамадчуков, И.В. Леденева

*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф.
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
г. Воронеж, Россия*

Исследованы возможности регенерации отработанных смазочных масел, используемых в системах смазки силовых установок вертолетов, за счет двухступенчатой поэтапной очистки с применением адсорбентов и центрифугирования. Предложена принципиальная схема регенерации от-

работанных масел в условиях аэродрома.

Ключевые слова: отработанное масло, регенерация, адсорбенты, сорбционная очистка, центрифугирование, авиационная техника, аэродром.

Достаточно большую часть отходов, образующихся на аэродромах, составляют отработавшие масла, относящиеся к категории опасных отходов, сбор и утилизация которых регулируется соответствующими законами, экологическими стандартами и экономическими условиями. В системе ФККО все отработанные масла относятся к отходам химического происхождения с кодом 5410020002000 и классами опасности от 1 до 3. Поэтому слив отработанных органических масел в реки, водоёмы или на грунт – экологическое преступление, ответственность за которое предусматривается статьей 8.2 КоАП[1]. Следовательно, возникает необходимость применения современных методов утилизации и регенерации отработавших масел, которые позволят сохранять необходимые для вторичного использования компоненты, а также обезопасить сами отходы.

Обезвреживание отработанных нефтепродуктов на предприятиях производится ПО договору в специализированных подрядных организациях, имеющих лицензию на соответствующую деятельность. Вывоз отработанных нефтепродуктов на обезвреживание производится, как правило, силами и транспортом предприятия, занимающегося их обезвреживанием. Вся партия отработанных нефтепродуктов до отправки с территории передается по накладной специализированному предприятию.

К сожалению, в настоящее время на территории большинства регионов РФ не существует доступной инфраструктуры по накоплению, классификации и хранению отработанных смазочных материалов. В ёмкости для отработанных масел помимо масел различных марок сливают жидкости не нефтяного происхождения. Состав и качество отработанных масел в результате постоянно изменяется [2].

Для регенерации отработанных масел в настоящее время широко применяется адсорбционный метод. Высокий эффект очистки при использовании адсорбентов и сравнительная простота всех операций дают возможность использовать этот метод для восстановления большинства отработанных масел. В процессах регенерации масел применяют естественные и искусственные адсорбенты.

В настоящей работе в качестве объектов исследования были выбраны образцы не пригодных для дальнейшей эксплуатации по ряду показателей качества синтетических и минеральных масел (Б-3В, ЛЗ-240, ИПМ-10, МС-8п), применяемых в маслосистемах силовых установок вертолетов.

На основании анализа литературных данных и доступности продуктов на отечественном рынке для исследования процесса очистки масел выбраны следующие сорбенты: каолин КБЕ-1, ионообменная смола (анионит АН-2ФН), силикагель (нанодисперсный SiO_2 , фракция 40-70 мкм), алюмо-

гель (нанодисперсный Al_2O_3 , фракция 50-150 мкм) (табл. 1).

Таблица 1 - Выход и основные показатели качества масел до и после очистки сорбентами

Масло	Сорбент	Выход, %	Основные показатели качества восстановленного масла			
			Вязкость кинематическая, мм ² /с		Кислотное число, г КОН/100 мл	Температура вспышки, °С
			25°С	50°С		
Б-3В	Каолин КБЕ-1	87	<u>46,6*</u> 42,1	<u>20,5*</u> 20,1	<u>7,5*</u> 7,0	<u>169*</u> 230
	Силикагель 40-70 мкм	60	<u>46,6*</u> 40,3	<u>20,5*</u> 16,1	<u>7,5*</u> 6,3	<u>169*</u> 243
	Ионообменная смола (анионитАН-2ФН)	72	<u>46,6*</u> 41,7	<u>20,5*</u> 23,5	<u>7,5*</u> 7,6	<u>169*</u> 211
	Алюмогель 50-150 мкм	65	<u>46,6*</u> 45,0	<u>20,5*</u> 23,5	<u>7,5*</u> 5,3	<u>169*</u> 253
	Нормы ГОСТ		-	-	≤4,4-5,5	≥235
ЛЗ-240	Алюмогель 50-150 мкм	74	<u>44,4*</u> 44,8	<u>20,2*</u> 24,9	<u>0,8*</u> 0,4	<u>257*</u> 244
	Нормы ГОСТ		-	-	≤0,5	≥235
МС-8п	Алюмогель 50-150 мкм	84	<u>22,1*</u> 14,9	<u>13,1*</u> 11,5	<u>0,06*</u> 0,03	<u>132*</u> 158
	Нормы ГОСТ		-	≤8	≤0,03	≥150
ИПМ-10	Алюмогель 50-150 мкм	79	<u>28,3*</u> 27,9	<u>16,7*</u> 15,0	<u>0,09*</u> 0,02	<u>188*</u> 195
	Нормы ГОСТ		-	-	≤0,05	≥190
* отмечены значения показателей качества отработанных масел						

Экспериментальная очистка отработанных масел осуществлялось путем пропускания определенного объема исследуемого образца масла через слой сухого сорбента, помещенного в колонку для препаративной хроматографии. Количество применяемого сорбента во всех случаях составляло 10% от массы регенерируемого масла.

В качестве экспресс-методов испытаний для оценки качества вторичных рафинатов использовали значения кинематической вязкости при 25 и 50 °С, температуры вспышки и кислотного числа. Эффективность используемых в работе сорбентов оценивали на примере очистки синтетического масла Б-3В. Выбор марки масла для сравнительной характеристики сорбентов обусловлен высокой степенью деградации его компонентов во время эксплуатации при рабочих температурах.

Из данных, приведенных в таблице 1, следует, что наиболее эффективным адсорбентом для очистки как сильно загрязненных, так и слабо загрязненных масел, является нанодисперсный алюмогель.

Для очистки масел в реальных условиях предлагается использовать модуль для регенерации (рис. 1), представляющий собой металлический цилиндр ($V = 50$ л) с верхней и нижней крышками и отводом для слива.

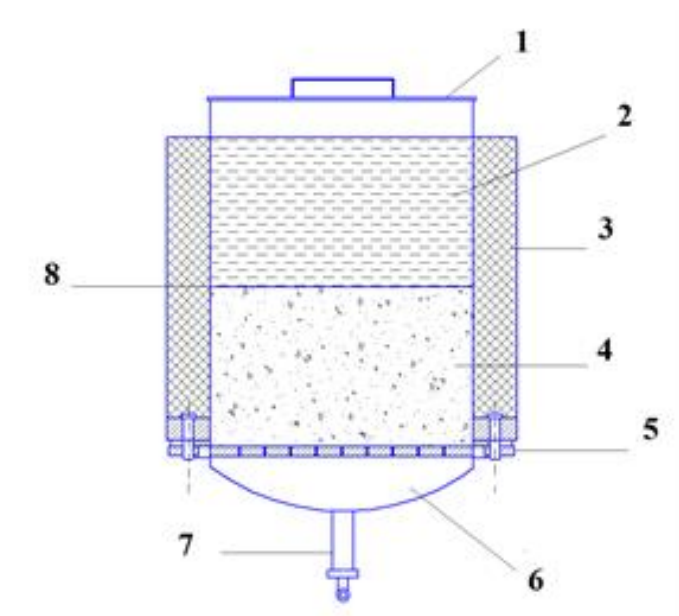


Рис. 1. Модуль регенерации отработанного масла:

1 – верхняя крышка; 2 – загрязненное масло; 3 – утеплитель; 4 – сорбент; 5 – прокладка; 6 – нижняя крышка; 7 – слив; 8 – уровень засыпки сорбента

Внешняя поверхность модуля регенерации обмотана ленточным электронагревателем и утеплена теплоизолятором. Очистка масла происходит при его самопроизвольном прохождении через слой нанодисперсного оксида алюминия.

С целью удаления из полученного после адсорбционной очистки масляного рафината остатков воды и механических примесей, в том числе нанодисперсных частиц сорбента, на следующем этапе регенерации предлагается использовать передвижной стенд очистки жидкостей СОГ-913КТ1М (НПП «Вектор», Россия, г. Саратов).

На основе выполненных исследований предлагается усовершенствовать схему регенерации отходов смазочных масел на аэродроме за счет организации специального пункта регенерации отработанных масел (рис. 2).

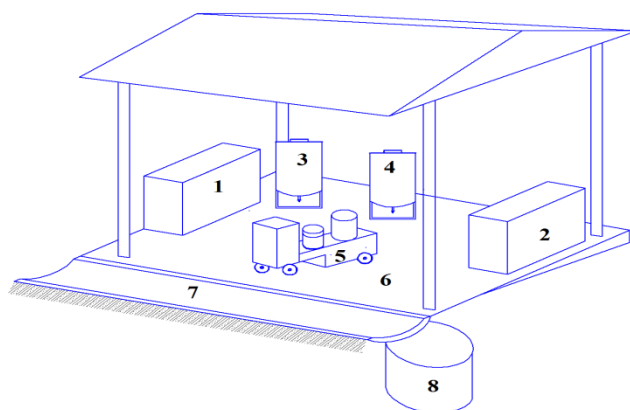


Рис. 3. Пункт регенерации отработанных масел:

1 – противопожарный инвентарь, средства защиты, средства ЛАРН; 2 – заправочный инвентарь; 3, 4 – модули регенерации отработанного масла; 5 – стенд очистки масла от воды и механических примесей СОГ-913КТ1М; 6 – площадка (бетонная и асфальтированная); 7 – приямок; 8 – лоток для сбора проливов.

Отработанный сорбент по степени опасности относится к 4 классу и может утилизироваться также как и другие маслосодержащие отходы.

Таким образом, полученное путем двухступенчатой очистки масло может быть использовано для осуществления периодических доливов в маслосистему летательного аппарата в случае дефицита ресурсов горюче-смазочных материалов, что позволит исключить необходимость производить замену масла на резервное.

Список использованных источников.

1. Одарюк, В.А. Очистка и утилизация отходов хранилищ горюче-смазочных материалов / В.А. Одарюк, Г.М. Нигметов // Технологии гражданской безопасности. 2011. – Т.8, № 3 (29). – С. 76 – 83.
2. Станьковски, Л. Оптимизация схемы переработки отработанных смазочных материалов с учетом современных условий в РФ / Л. Станьковски, Р.О. Чередниченко, В.А. Дорогочинская, А.А. Молоканов // Мир нефтепродуктов. – 2011. – № 10. – С. 36 – 42.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR REGENERATION OF WASTE OILS IN AERODROME CONDITIONS

T.R. Gramadchukov, I.V. Ledenyova

*MERC of Air Force «Air Force Academy.prof.
N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin», Voronezh, Russia*

The possibilities of regeneration of used oils used in the lubrication sys-

tems of power plants of helicopters, through a two-stage step-by-step cleaning with the use of adsorbents and centrifugation, have been investigated. A schematic diagram of the regeneration of waste oils in the conditions of an airfield is proposed.

Keywords: waste oil, regeneration, adsorbents, sorption treatment, centrifugation, aviation technology, aerodrome.

УДК 623.74

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ СРОКОВ ЗАМЕНЫ АВИАЦИОННЫХ МАСЕЛ ПО ФАКТИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

А.С. Жоров, И.В. Леденева

*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф.
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
г. Воронеж, Россия*

В статье представлена методика определения единичного показателя для оценки качества работающего масла и принятия решения о его замене по фактическому состоянию.

Ключевые слова: моторное масло, замена масла по фактическому состоянию, авиационная техника, математическая модель.

При эксплуатации авиационной техники возникают проблемы, обусловленные старением авиационных масел в процессе их наработки. Последнее обстоятельство может привести к использованию масел с неудовлетворительными эксплуатационными свойствами и, соответственно, к повышению износа деталей двигателя. Авиационные масла обладают определенным набором физико-химических показателей, которые характеризуют их эксплуатационные свойства: вязкостно-температурные, моюще-диспергирующие, антиокислительные, противоизносные, антикоррозионные свойства и другие.

Периодический контроль показателей качества позволяет проводить замену масел по фактическому состоянию и, таким образом, существенно сокращать потребность в свежих маслах, обнаруживать неисправности систем двигателя и предупреждать повышенный износ его деталей. Эксплуатационная динамика свойств авиационных масел зависит от целого ряда факторов, основными из которых являются: исходные свойства масла, конструктивные особенности двигателя, его техническое состояние и режим работы, свойства масла, используемого для долива, технология технического обслуживания и условия работы летательного аппарата. Для установления обоснованных сроков службы авиационного масла необходимо также располагать сведениями о характере загрязнений масла в процессе работы. Некоторые результаты ис-

следования состава загрязнений отработавших масел приведены в работах [1].

Изменение большинства показателей качества масла происходит в первые часы работы двигателя, после чего значения этих показателей стабилизируются, причём стабилизация показателей прослеживается даже при значительном увеличении срока службы масла. Стабилизация этих показателей затрудняет использование их для установления обоснованных сроков службы масла в эксплуатации. В большинстве случаев основной причиной их изменения является нарушение технического состояния двигателя. Показатели качества работающих авиационных масел ухудшаются с увеличением наработки силовой установки летательного аппарата. Количественный процесс изменения качества по наработке оценивается надёжностью. В свою очередь, изменение состояния масла с наработкой связано с термоокислительными превращениями основы, срабатыванием функциональных присадок и накоплением в нём дисперсной фазы, снижающей коллоидную стабильность системы. Поэтому основными требованиями при прогнозировании поведения авиационного масла в двигателе являются достаточно надёжное моделирование протекающих процессов и научно-обоснованное комплексирование единичных показателей качества масел.

Для характеристики состояния авиационных масел используется большое число единичных показателей. В зависимости от условий применения, предпочтение может отдаваться либо одним, либо другим. Вместе с тем, целесообразно выделить показатели состояния авиационных масел или их качества, наиболее значимые, вне зависимости от условий применения, т.е. выбрать наиболее универсальные или информативные единичные показатели. Это тем более важно для описания изменения общего состояния масла с целью исключения возможных последующих ошибок, при выводе прогнозных зависимостей или сведение этих ошибок к минимуму.

Основными методами оценки качества масла в двигателе и его влияния на надёжность и долговечность являются эксплуатационные испытания. Это обусловлено тем, что отдельные физико-химические показатели масла, служащие в основном для контроля при его производстве, не могут в полной мере характеризовать состояние масла в процессе его работы в двигателе. Поэтому, по мнению многих исследователей [2], старение масла и режим его замены необходимо определять на основе измерения комплексных показателей (наиболее сильно влияющих на параметры работы двигателя). Причём, замену масла в двигателе необходимо осуществлять, если достигнуты предельные значения одного или нескольких браковочных показателей.

Ряд исследователей [1-3] считают, что оценка качества масла по одному или нескольким диагностическим показателям часто приводит к ошибкам, так как показатели, выраженные в фактических единицах - величина случайная. Поэтому оценивать качество масла по их абсолютным значениям нельзя. Изменение уровней этих показателей по-разному влияет на степень старения масла и, следовательно, на скорость изнашивания деталей двигателя.

Предельные значения показателей качества масла приведены в технической документации. Исходные значения (для свежего масла) устанавливаются стандартом. Качество авиационного масла меняется по мере изменения наработки двигателя, которая является функцией, зависящей от времени эксплуатации.

Общая схема экспериментальных исследований состоит в следующем. По мере наработки двигателя летательного аппарата, находившихся под наблюдением, отбираются пробы масел для анализа. Оценка эксплуатационных свойств масел производится на основе результатов анализов отобранных проб по наиболее значимым показателям качества (температура вспышки масла, плотность масла, кислотное число, водородный показатель, кинематическая вязкость, содержание воды и механических примесей) (таблица 1).

Таблица 1 – Планирование эксперимента по оценке изменения свойств работающего масла

№ опыта	Уровень фактора, X	Функция отклика, Y				
	Наработка двигателя	Температура вспышки	Кинематическая вязкость	Кислотное число	Плотность	pH
1	ΔT_1	$Y_{1,1}$	$Y_{2,1}$	$Y_{3,1}$	$Y_{4,1}$	$Y_{5,1}$
2	ΔT_2	$Y_{1,2}$	$Y_{2,2}$	$Y_{3,2}$	$Y_{4,2}$	$Y_{5,2}$
3	ΔT_3	$Y_{1,3}$	$Y_{2,3}$	$Y_{3,3}$	$Y_{4,3}$	$Y_{5,3}$
4	ΔT_4	$Y_{1,4}$	$Y_{2,4}$	$Y_{3,4}$	$Y_{4,4}$	$Y_{5,4}$
5	ΔT_5	$Y_{1,5}$	$Y_{2,5}$	$Y_{3,5}$	$Y_{4,5}$	$Y_{5,5}$

После проведения необходимых экспериментов строят зависимости, характеризующие закономерность изменения показателей качества работавшего масла от наработки. Для проверки адекватности выбранных математических моделей, описывающих влияние наработки масла в двигателе на изменения показателей качества масла, рассчитывают основные статистические характеристики (коэффициенты корреляции и детерминации) и находят численные значения параметров указанных моделей. При анализе полученных математических моделей выявляют функции, которые достигают своего критического значения до достижения предельного срока наработки в двигателе.

Для того, чтобы выбрать наиболее значимый параметр (показатель качества) для определения предельной наработки до замены масла, необходимо определить скорость изменения функций, описывающий поведение того или иного показателя. Для этого производится анализ математических моделей, полученных на основе экспериментальных данных.

В результате выявляется показатель, который целесообразно использовать для критериальной оценки качества масла и принимать решение о за-

мене масла по фактическому состоянию.

Контроль масла по единичному информативному показателю с использованием полевых средств контроля позволит сократить время на осуществление предсезонной подготовки воздушного судна, особенно в условиях авиационно-технических частей, дислоцированных не на стационарных аэродромах.

Список использованных источников.

1. Гурьянов, Ю.А. Комплексное изменение свойств работающих масел / Ю.А. Гурьянов // Химия и технология топлив и масел. – 2002. – № 6. – С. 21 – 23.
2. Лышко, Г. П. Оптимизация сроков замена моторного масла / Г.П. Лышко, Г.Г. Левашов, А.М. Геленов, В.А. Шилин // Химия и технология топлив и масел. – 1982. – №11. – С.32 – 34.
3. Скиндер, Н.И. О необходимости систематического контроля качества работающих авиационных масел / Н.И. Скиндер, Ю.А. Гурьянов // Химия и технология топлив и масел. – 2003. – № 5. – С. 28 – 30.

IMPROVEMENT OF THE SYSTEM FOR REGULATING THE TIME OF OIL CHANGE IN ACTUAL CONDITION

A.S. Zhorov, I.V. Ledenyova

MERC of Air Force «Air Force Academy.prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin», Voronezh, Russia

The article presents a method of determining a single index to assess the quality of working oil and the decision to replace it on the actual condition.

Keywords: engine oil, oil change based on actual condition, aviation mechanics, mathematical model.

УДК 621.43.01

ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ МЕХАНИЗМА ГРМ

А.П. Жук, Р.А. Захарченко

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В данной статье рассмотрен способ повышения мощности двигателя. Описана разрабатываемая конструкция и принцип ее работы.

Ключевые слова: двигатель, газораспределительный механизм, система впуска топливно-воздушной смеси.

Газораспределительный механизм (ГРМ) – механизм осуществляющий своевременный впуск горючей смеси и выпуск отработавших газов в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания. Процесс осуществляется путём закрытия и открытия поршнями продувочных окон цилиндров в двухтактных двигателях, или же открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов (в четырехтактных двигателях), которые имеют привод от кулачкового механизма распределительного вала. В стандартной конструкции связь распределительного вала с коленчатым валом осуществляется за счет жесткой синхронизации, реализованной за счет шестерёнчатой, ремённой или цепной передачи [1].

Одними из основных параметров газораспределительного механизма являются подъём и фазы открытия впускных или выпускных клапанов, углы опережения или запаздывания открытия или закрытия клапанов ГРМ, величина и фаза перекрытия клапанов.

В следствие повышения максимального подъёма клапана, происходит увеличение размера клапанной щели, а соответственно её пропускной способности. Это положительно влияет на наполняемость цилиндра рабочей смесью во всём диапазоне оборотов ДВС. Но естественным ограничением влияющим на величину подъёма клапанов является конструкция ГРМ и ширина фазы открытия клапана (при узкой фазе и большом подъёме, профиль кулачка распределительного вала получается более заостренным, что увеличивает нагрузку на газораспределительный механизм и снижает срок его службы). При увеличении длительности открытия впускных или выпускных клапанов ведёт к смещению эффективности наполнения цилиндров к зоне более высоких оборотов, это приводит с одной стороны к повышению мощности (мощность ДВС прямо пропорциональна величине крутящего момента и угловой скорости коленчатого вала, т.е. оборотам двигателя), а с другой стороны – ухудшению мощности двигателя на низких и средних оборотах. Задержка процесса выпуска отработавших газов совместно с опережением впуска, представляют собой такое явление как перекрытие клапанов, это значит что в определенном моменте поворота коленчатого вала, открыты одновременно два клапана, впускной и выпускной. Перекрытие клапанов может дать интересный эффект. Отработавшие газы выталкиваемые с большей скоростью за счёт сообщенной энергии вытягивают свои остатки, которые механически не могут быть вытолкнуты поршнем из камеры сгорания, а также затягивают внутрь цилиндра рабочую смесь через приоткрытый впускной клапан, таким образом, происходит повышение топливной эффективности двигателя. Это значит, что чем больше перекрытие клапанов, тем выше пропускная способность цилиндров, а значит и улучшенная продувка камеры сгорания [3].

Фаза – это момент открытия и закрытия клапанов относительно по-

ложения коленчатого вала (рисунок 1). Большая фаза выпуска должна способствовать лучшей продувке цилиндра, но её увеличение приводит к росту опережения открытия и задержки закрытия выпускного клапана относительно НМТ и ВМТ соответственно. В момент, когда поршень подходит к НМТ, продукты сгорания рабочей смеси ещё находятся под давлением, но практически не совершают полезной работы. В данном случае небольшое опережение открытия выпускного клапана позволит понизить давление в цилиндре, до момента когда поршень пройдёт НМТ и начнёт вытеснять отработавшие газы в выпускной коллектор, что снизит давление на поршень [3].

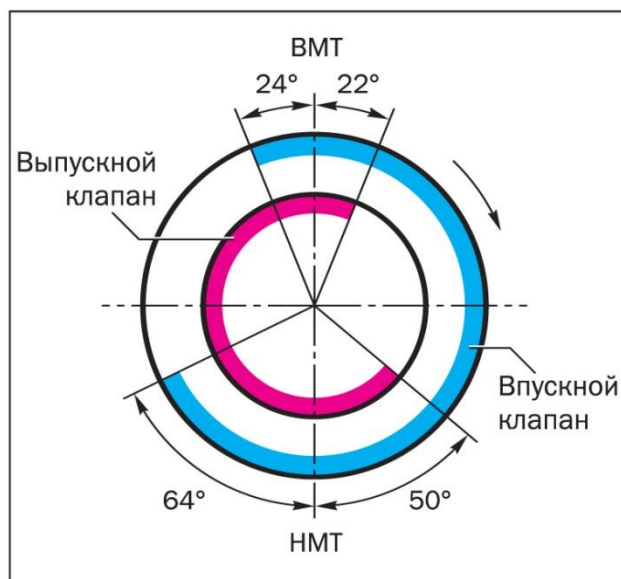


Рисунок 1 – Фазы ГРМ

На стандартном ГРМ, во время первого такта работы двигателя, впускной клапан открывается сразу же после того как поршень начинает свое движение к НМТ. При использовании распределительного вала с увеличенными фазами газораспределения, в первом такте впуска поршень начинает свое движение к НМТ, а впускной клапан все еще закрыт, и когда в цилиндре образуется достаточное разрежение – впускной клапан открывается и топливно-воздушная смесь поступает в камеру сгорания. Поскольку при высоких оборотах появляется инертность в ходе заполнения камеры сгорания топливно-воздушной смесью, таким образом, увеличивается скорость наполнения цилиндра, что очень необходимо при повышенных оборотах.

Дальше рассмотрим такт выпуска на стандартном распределительном вале. Дойдя до НМТ, поршень начинает процесс вытеснения отработанных газов через выпускной клапан. Выпускной клапан открывается вместе с началом движения поршня и закрывается в конце такта. При использовании распределительного вала с широкими фазами данный процесс приобретает несколько другой вид. После воспламенения рабочей

смеси, поршень совершая работу движется к НМТ. В конце своего движения полезная работа практически равна нулю, и, для того что бы ускорить освобождение камеры сгорания от отработавших газов, необходимо начать открывать впускной клапан. Что и происходит при использовании распределительного вала с широкими фазами.

Распределительный вал с широкой фазой обеспечивает не только максимальное наполнение цилиндра воздухом, но и быстрый выпуск отработавших газов.

На стандартном распределительном вале, перекрытия клапанов практически нет, это обеспечивает хорошую тягу двигателя на низких оборотах. В высокофорсированных двигателях перекрытие достигает всего лишь несколько десятков градусов. Это способствует использованию инерции вылетающих отработавших газов для заполнения цилиндров свежей рабочей смесью.

В завершение можно сделать вывод, что для более заметного повышения мощностных характеристик ДВС стоит установить на двигатель распределительный вал с большим подъемом и широкой фазой.

Список использованных источников.

1. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов, – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 496 с.: ил.
2. Расчет и проектирование поршневых двигателей внутреннего сгорания [Текст]: учеб. пособие по курсовому проектированию/ Салмин В.В., Жук А.П. – Пенза: ПГУ, 2017. – 154 с.
3. Конструирование двигателей внутреннего сгорания Чайнов Н.Д. (ред.)/ Машиностроение, 2008 – 504 с.
4. Богатырев, А.В. Автомобили / А.В. Богатырев, Шатров, Вакхламов . – М.: Колос, 2004. – 496 с.
5. Оsepчугoв, В.В. Автомобиль. Анализ конструкции и элементы расчета / В.В. Оsepчугoв, А.К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989.

INCREASING ENGINE POWER BY UPGRADING THE TIMING MECHANISM

A.P. Zhuk, R.A. Zakharchenko

*FSBEI HE "Penza State University"
Penza, Russia*

This article describes a method for increasing engine power. The developed design and the principle of its operation are described.

Keywords: engine, gas distribution mechanism, fuel-air mixture intake system.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОДИТЕЛЕЙ

**Н.В. Зеликова, М.Н. Казачек, Е.В. Сибиряткин,
Г.Н. Климова, Э.А. Черников, В.А. Зеликов**

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Россия.*

В статье рассмотрены факторы, влияющие на надежность и работоспособность водителя. Особое внимание уделено фактору влияния физического состояния водителя и дорожных условий на безопасность дорожного движения. Также приводятся результаты исследований в области изучения суточного ритма работоспособности человека.

Ключевые слова: работоспособность водителя, риск ДТП, система ВАДС, дорожные условия.

Водительский труд один из самых тяжелых как в физическом, так и в психологическом плане. В соответствии с принятой классификацией различают работы физические и психические. Физическая работа может быть динамической и статической. Психическая работа выступает в двух основных формах в виде умственной нагрузки (напряжение внимания, процессы мышления) и в виде эмоциональных напряжений [1].

Работа водителей, является самым напряженным видом работы. Поэтому неудивительно, что большинство дорожно-транспортных происшествий происходит по вине водителя.

По вине водителей происходит большой процент ДТП, т.е. безопасность в системе ВАДС, зависит в основном от водителя. Поэтому поддержания высокого уровня работоспособности является важным фактором [2].

Работоспособность человека существенно зависит от условий работы (рисунок 1). В транспортной системе ВАДС на работоспособность водителя значительно влияет постоянное изменение дорожной ситуации и дорожной обстановки. Воспринимая органами чувств (в первую очередь, зрением) дорожную обстановку, водитель назначает режим движения автомобиля. Сопоставляя затем характеристики этого режима и дорожной обстановки, водитель получает дополнительную информацию о возможности безопасного проезда и в случае необходимости вносит коррективы в назначенный режим движения.

Прием и переработка информации водителем сопровождаются эмоциональными сдвигами в его организме. При этом величина эмоционального напряжения определяется потребностью в решении задачи, возникшей перед водителем, в связи с той или иной дорожной ситуацией.

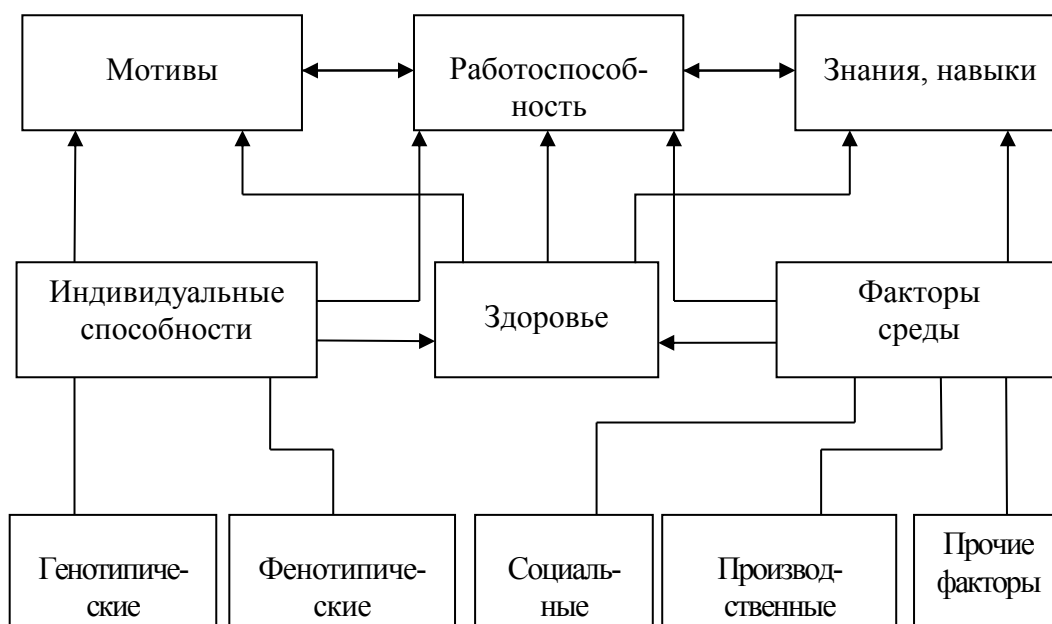


Рисунок 1 – Факторы, влияющие на работоспособность водителя

На работоспособность водителя влияет состояние покрытия и другие элементы автомобильной дороги [3, 4].

Исследования, проведенные Е. М. Лобановым и другими учеными, позволили установить зависимость величины кожно-гальванической реакции (КГР) от сложности дорожной обстановки (рисунок 2), определив, что на работоспособность водителя влияют колебания, тряска и различные возникающие в процессе движения ускорения.

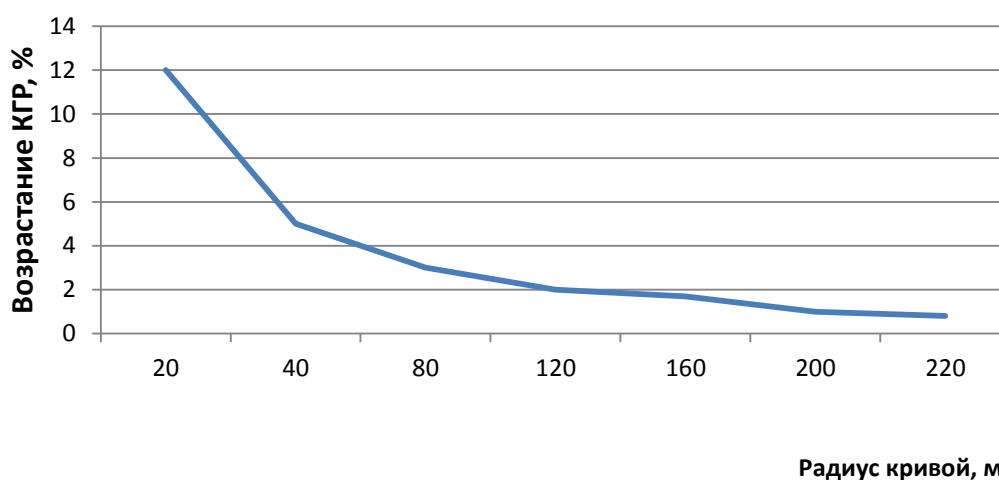


Рисунок 2 – Возрастание нервно-психической напряженности водителей при въезде на кривые малых радиусов

Изучение суточного ритма работоспособности человека началось с исследования периодики относительно простых движений, наиболее удоб-

ных для регистрации. В конце XIX столетия отечественные ученые М. В. Бух, Е. М. Дементьев, М. К. Поварин, Г. Н. Носович и др. установили, что уровень мышечной силы ночью уступает результатам аналогичных измерений, проведенных в дневные часы. В ходе исследований было установлено, что в течение суток совершается своеобразный круговорот двигательной работоспособности минимум в ночные часы. Однако при этом не учитывается целый ряд факторов, способных повлиять на ход периодических колебаний, например, особенности режима дня человека, прежде всего, длительность и порядок чередования работы и отдыха.

Суточный ритм оказывает свое влияние на продуктивность умственной работы. В часы бодрствования, с 8 до 23 ч, наибольшая точность в решении логических задач отмечается в утренние часы с последующим увеличением ошибок в остальное время суток. Скорость ответов постепенно повышается в утренние часы, достигает максимума к 14 ч, после чего медленно снижается. Однако практически можно выработать такой стереотип изменений, по которому объем умственной работоспособности может проявляться в любое время суток. Хорошая умственная работоспособность отмечается после отдыха.

За последние годы больших успехов достигла сравнительно молодая наука – биоритмология, изучающая ритмические процессы живого организма. Одним из основных свойств живых организмов является ритмичность, т. е. способность периодически изменять свое состояние. Таких биологических ритмов у человека изучено уже несколько сотен. Наиболее важным для человека является суточный ритм. В этом ритме изменяется почти 50 функций: пульс, артериальное давление, дыхание, концентрация гормонов в крови и т. д. Например, температура тела человека понижается к 3 ч ночи и достигает максимума к 18 час.

У большинства людей в течение суток наблюдается два пика повышенной работоспособности: первый подъем – от 9 до 12–13 ч; второй – между 16 и 18 ч. В периоды максимальной активности повышается и острота наших органов чувств. Особенно неблагоприятным периодом считается промежуток с 1 до 3 ч ночи. Вот почему в это время резко возрастает число ДТП, когда наиболее ярко выражено утомление.

Таким образом, установлена связь между частотой ДТП и такими важными факторами, как психологической профессиональной пригодностью и надежностью водителя. Надежность водителя зависит от уровня работоспособности водителя. Для поддержания работоспособности, необходимо разработать график движения, чтобы соблюдать режим труда и отдыха.

Список использованных источников.

1. Методические подходы к повышению качества подготовки водителей автотранспортных средств [Текст] / В.Я. Буйленко, Г.Н. Климова,

В.А. Зеликов, Ю.В. Струков, А.Ю. Артемов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2018. № 3 (85). С. 13 – 16.

2. Increasing psychological stability of vehicle drivers [Электронный ресурс] / V. A. Zelikov, G. N. Klimova, Y. V. Strukov, A. Y. Artemov, D. V. Likhachev // Ubiquitous Computing and the Internet of Things: Prerequisites for the Development of ICT / Editors (view affiliations) Elena G. Popkova. – Springer Verlag 2019. – Vol. 826. – P. 1129 – 1136.

3. Романов А.Н., Надежность водителя: учеб. пособие для вузов / А.Н. Романов, П.А. Пегин. – Хабаровск: Издательство Тихоокеанского гос. университета, 2006. – 367 С.

4. Методы оптимизации трудового процесса, обеспечивающие высокую работоспособность водителей [Текст] / Г.Н. Климова, В.А. Зеликов, Г.А. Денисов, Н.В. Зеликова, Ю.В. Струков, Е.В. Крюков. // В сборнике: Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения) сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 61 – 66.

FEATURES OF DRIVERS' WORKING CAPACITY

**N.V. Zelikova, M.N. Kazachek, E.V. Sibiryatkin,
G.N. Klimova, E.A. Chernikov, V.A. Zelikov**

*FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov»,
Voronezh, Russia*

The article discusses the factors affecting the reliability and performance of the driver. Particular attention is paid to the factor of the influence of the driver's physical condition and road conditions on road safety. The results of studies in the field of studying the daily rhythm of human performance are also presented.

Key words: driver efficiency, road accident risk, DCRE system, road conditions.

УДК 623.74+ 665.7.038.5+665.256.15

РАЗРАБОТКА НОВОЙ ПРИСАДКИ ДЛЯ ЗАМЕДЛЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВАХ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

П.А. Золотарев, И.В. Леденева

*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им.
проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
г. Воронеж, Россия*

В статье предложен синтетический аналог зарубежной присадки де-

активатора-металла, препятствующий каталитическому окислению авиационных топлив при хранении в резервуарах.

Ключевые слова: керосин, присадки к авиационным топливам, деактиваторы металлов, хранение топлива.

На аэродромах при хранении топлива возникает проблема его каталитического окисления при контакте с поверхностями металлических резервуаров. Последнее обстоятельство может привести, с одной стороны, к повышенному коррозионному износу внутренней поверхности резервуара, с другой – к использованию топлива с неудовлетворительными эксплуатационными свойствами за счет изменения его химического состава, что может повлечь за собой авиационные происшествия. Решение этих проблем лежит в области разработки средств, нивелирующих каталитическое действие металлов на окисление топлива при хранении. Известно, что за рубежом для решения этой проблемы применяют специальные присадки – деактиваторы металлов. В РФ применяют только антиокислительные присадки к топливам, механизм действия которых не исключает каталитического влияния металлов на окисление углеводородов топлива. Поэтому разработка присадки-деактиватора металлов к авиационным топливам является актуальной задачей.

Ионы металла переходят в топливо при их получении непосредственно из нефти или в ходе хранения в результате коррозионных процессов, протекающих в резервуарах для хранения. В результате коррозионных воздействий снижается срок службы технических средств, ухудшается экологическая ситуация, происходит загрязнение топлива продуктами коррозии. Последние являются абразивом, вызывающим преждевременный износ и выход из строя трущихся деталей топливной аппаратуры и двигателей.

Анализ закономерностей окисления топливных компонентов и антикоррозионных свойств органических веществ позволяет сформулировать систему требований для создания присадок – деактиваторов металлов: 1) присадки должны обладать способностью обрывать цепи окисления, для чего в состав молекулы должны входить функциональные группы, способные отщеплять протон; 2) должны включать ароматические фрагменты, обеспечивающие сопряжение по системе связей в молекуле; 3) должны образовывать с металлами комплексные соединения.

На основании указанных требований было предложено несколько соединений для оценки возможностей их применения в качестве деактиваторов металлов в топливах. В качестве экспериментальных образцов были получены 3,5-бис(2-гидроксифенил)-1-фенилформаза (ДМ-1), 3-(2-гидроксифенил)-1-фенил-5-(1*H*-пиразол-5-ил) формаза (ДМ-2), 2-гидрокси-*N*-(1*H*-1,2,4-триазол-3-ил) бензамин (ДМ-3), 2-((фенетилимино) метил)фенол (ДМ-4).

Для выбора оптимальной композиции присадки проводили тест по

растворимости соединений в топливе ТС-1. Для этого каждое из 4 веществ в количестве 5 масс % растворяли в 100 мл топлива ТС-1. В результате эксперимента выявили, что только соединение ДМ-4 полностью растворимо в топливе ТС-1 и не образует осадка при отстаивании топлива в течение 1 недели при комнатной температуре. При выдерживании раствора образца топлива с ДМ-4 в холодильнике-термостате при минус 40 °С также сохраняется гомогенность раствора.

Механизм действия 2-((фенетилимино) метил)фенола такой же, как и других соединений хелатного строения, заключается в образовании с ионом металла комплексов, в которых атом металла присоединяется к гетероатомам комплексообразователя как за счет главной, так и за счет побочной валентности. При этом, молекулы ДМ-4 могут образовывать хелаты как с двухвалентными, так и с трехвалентными металлами.

Оценка антикоррозионных свойств присадки в топливе определяли гравиметрическим методом. На основе результатов эксперимента построена зависимость изменения массы испытуемого стального образца от содержания присадки (Рис. 1).

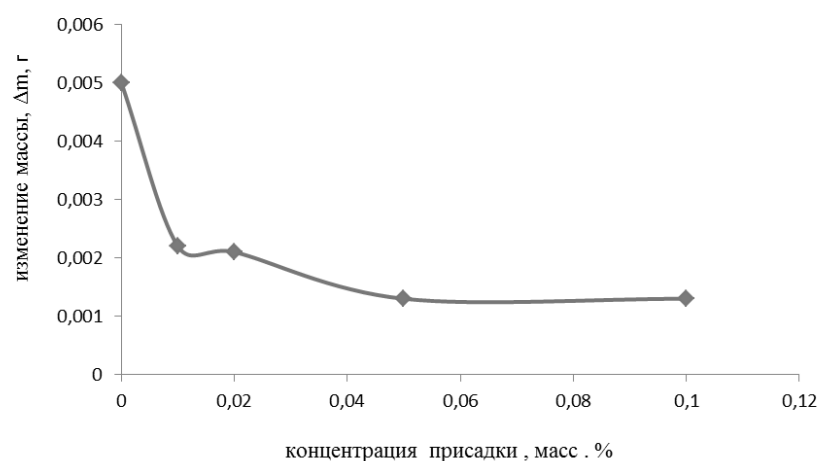


Рисунок 1 – Зависимость изменения массы стального образца при испытании от концентрации присадки

Как видно из графика, присадка уменьшает потери массы исследуемых стальных образцов в среде топлива. При этом, увеличение содержания присадки выше 0,05 масс. % в топливе практически не изменяет его антикоррозионные свойства.

Влияние присадки на изменение химической стабильности и коррозионных свойств топлива при длительном хранении оценивали по ГОСТ 11802-88. С целью оценки изменения свойств топлива ТС-1 после добавления присадки определили основные показатели качества топлива по методикам, описанные в межгосударственных стандартах. На основе сравнения экспериментальных данных с нормами ГОСТ установлено, что содержание в топливе 0,05 масс. % присадки ДМ-4 не влияет на величину ос-

новых показателей качества топлива ТС-1.

Газохроматографический анализ образцов топлива ТС-1 проводили с целью количественного определения продуктов окисления углеводородов при длительном хранении в контакте с металлической поверхностью. Испытанию подвергались 4 образца топлива, в два из которых была добавлена присадка ДМ-4 (0,05 масс. %). Все образцы выдерживались в контакте с металлическими пластинами из оцинкованной стали размером 5×10 см в течение 3, 6, 12 месяцев при комнатной температуре в присутствии кислорода воздуха. Анализ смесей после хранения осуществляли на газохроматографическом комплексе Agilent 7890В с масс-селективным детектором Agilent 5977А MSD. На рис. 2 представлена зависимость концентрации продуктов окисления топлива от времени хранения в резервуарах.

Определены уравнения зависимостей с использованием метода подбора эмпирических коэффициентов и сделан прогноз изменения свойств топлива на основе этих зависимостей при его хранении в течение 4 лет (в соответствии с принятым сроком хранения ТС-1 в П₁₀-П₁₁ климатическом районе).

На основе зависимостей определена предельная концентрация продуктов окисления в топливе при его хранении, которая составила 10,16 масс. %. На основе полученных данных рассчитано время (64,3 месяцев), за которое топливо с присадкой достигнет степени окисления, качественно меняющее его свойства и ограничивающее срок хранения.

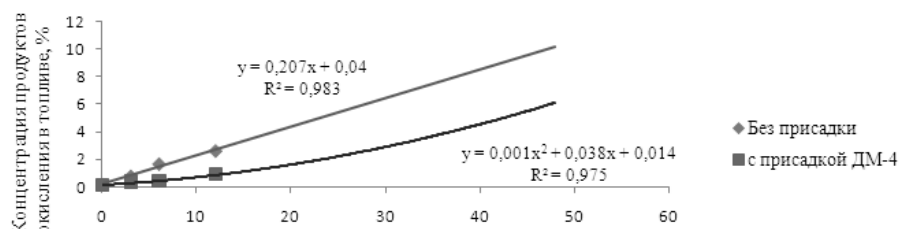


Рисунок 2 – Зависимость концентрации продуктов окисления топлива от времени хранения в резервуарах

Таким образом, использование присадки ДМ-4 позволит увеличить срок хранения топлива ТС-1 в резервуаре в климатическом районе П₁₀-П₁₁ до 5 лет. Кроме того, введение присадки в керосин позволит значительно снизить концентрацию продуктов окисления топлива при хранении в течение 4 лет и значительно уменьшить его коррозионную агрессивность по отношению к внутренней поверхности резервуаров.

Список использованных источников.

1. Арчаков, Ю.И. Защита от коррозии резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов / Ю.И. Арчаков, Б.М. Тесля, Т.В. Никитина // Хи-

мия и технология топлив и масел. – 1985. – № 4. – С. 7-9.

2. Голубева, И.А. Окисление и стабилизация углеводородных топлив в условиях длительного хранения / И.А. Голубева, Е.В. Клинаева, В.И. Келарев, В.Н. Кошелев // Химия и технология топлив и масел. –1997. –№ 5. – С. 38 – 40.

DEVELOPMENT OF A NEW ADDITIVE FOR DECELERATION OF OXIDATIVE PROCESSES IN AVIATION FUELS WHEN LONG STORING

P.A. Zolotarev, I.V. Ledenyova

*MERC of Air Force «Air Force Academy.prof.
N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin»,
Voronezh, Russia*

The paper proposes a synthetic analogue of a foreign metal deactivator additive that prevents catalytic oxidation during storage of aviation fuels in reservoirs.

Keywords: kerosene, aviation fuel additives, metal deactivators, fuel storage.

УДК 658

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ

Н. В. Иванова

*ФГБОУ ВО "УГАТУ"
г. Уфа, Россия*

Результаты исследования эффективности ВМС, реализуемого в России, проведенного координационным советом по логистике в 2017 году, показали: функциональность систем более 90% использует только 12% складов, более 80% складов – в пределах 15%.

Ключевые слова: WMS, эффективность, склад, штрих-код, оптимизация.

В конце 1990-х-начале 2000-х. В России у ВМС было всего несколько предприятий, но с 2004-2005 годов большинство торгово-производственных компаний начали реализовывать проекты или начали об этом думать. Варианты были: купите "коробку", примените полномасштабную WMS или создайте свою систему. Сегодня этот период прошел, и в отсутствие WMS почти не осталось компаний, которые не хотели его реализовывать.

Таким образом, большинство репозиторий, в которых применяется WMS, используются на очень ограниченном уровне, сопоставимом с возможностями систем учета, в то время как затраты на их получение и реализацию были значительными.

Следующие функции оптимизации WMS не используются:

- автоматическое планирование и распределение ресурсов: персонал, подъемное и транспортное оборудование, технологические сайты и т. д.;
- вложенность как автоматическое распределение полученных продуктов на полигонах в соответствии с заранее определенными стратегиями или правилами;
- выполнение и использование результатов анализа, таких как ABC, XYZ, DEF;
- автоматическое параллельное управление процессом уменьшает время холостого хода.

Есть несколько распространенных причин, по которым преодоление позволит обеспечить высокую эффективность применения.

Причина 1. Отсутствие высококачественной детальной технической задачи для реализации системы управления складом приводит к тому, что ИТ-компания устанавливает стандартное решение без функциональности оптимизации.

В таком случае у компании-заказчика есть две альтернативы: разработать модель эталонных процессов «To Be» под свой собственный склад, либо автоматизировать те процессы, которые сложились, что, конечно, неверно и не принесет положительного эффекта. Основная рекомендация в случае принятия решения – не создавать из склада компании подопытный объект.

Ярким примером нарушенной логики и последовательности внедрения WMS является распределительный центр одной из крупнейших в России компаний-производителей продуктов питания. Так, в результате аудита внедрения WMS одним из 24 пунктов расхождений с эталоном стала глубина статистики применяемого ABC-анализа – компания-заказчик не указала ни критерии, ни правила, ни глубину проведения анализа и WMS-интегратор счел возможным перенести шаблон с предыдущего решения.

Следующая причина. Выбор компании-интегратора по критериям «стоимость приобретения системы» или «наличие внедрения у крупного конкурента»:

– совокупная стоимость владения системой, которая складывается из стоимости приобретения, внедрения, доработок, лицензий на рабочие места, а также стоимости ежегодного обслуживания;

– успешный опыт неоднократных внедрений на складах со схожими бизнес-процессами.

– важным критерием является портфолио каждого члена команды, который будет работать над вашим проектом.

– достаточность ресурсов у компании-подрядчика и устойчивость к рискам.

– технические возможности системы в части производительности и функционала.

– удобство интерфейса и быстрая адаптация пользователей к нему.

Рассмотрим причину № 3. Одна из ключевых причин низкой эффективности внедрений – отсутствие справочников данных для внесения в систему.

При отсутствии массогабаритных характеристик груза, принципов товарного соседства и грузообработки, ролей и функций персонала и ПТО внедрение системы не рекомендуется, так как уже при планировании первой операции по разгрузке и приемке WMS не сможет распределить ресурсы, «не понимая», с каким объемом грузов работать и каким агрегатам обслуживания выдавать задачи. Следовательно, сотрудник на складе будет решать эту задачу самостоятельно, заменяя собой логику системы со всеми последствиями.

Например, в 2018 г. на одном из складов крупных промышленных предприятий внедрена WMS разработчика – лидера по количеству внедрений. И по тому комплектацией одной документостроки занимается четыре человека.

Следующая причина – отсутствие качественной подготовки к запуску системы.

Для преодоления этой проблемы рекомендуется:

- выбрать наиболее комфортный период внедрения. Это точно должен быть не высокий сезон, иначе в 90% случаев вероятны провал при внедрении и огромные сбои в отгрузках, вплоть до потери бизнеса.

- до запуска необходимо на макете провести обучение всех сотрудников, работающих в системе. Это позволит снять до 90% вопросов, которые обязательно появятся в первые дни запуска.

В качестве макета можно использовать часть склада или настольный макет, выполненный в масштабе, с маркировкой штрих-кодами мест хранения и всех технологических зон для последующей отработки операций основными сотрудниками с использованием своих автоматизированных рабочих мест.

И наконец опишем пятую причину – команда проекта и сопротивление на местах.

При внедрении WMS нужно быть готовым к тому, что большинство сотрудников негативно отнесется к таким изменениям, и команде внедрения со стороны предприятия-заказчика нужно будет справиться с этим фактором и пройти весь тернистый путь от идеи внедрения до выхода на заданные KPI. Для этого в первую очередь нужно тщательно подойти к созданию команды. В состав специалистов заказчика должны войти:

- руководитель проекта;
- технолог или внешняя компания – разработчик процессов в

формате «To be»;

- IT-специалист, курирующий вопросы интеграции с ERP;
- Руководитель склада – в идеале как проводник нововведений

на складе.

Преодолению сопротивлений помогут программы опережающего обучения и тренинги, посвященные WMS, выезды с персоналом на другие объекты с завершенным внедрением, новая система мотивации, ориентированная на повышение производительности и использование WMS.

Учет этих пяти причин в своем проекте по внедрению WMS значительно повысит эффективность прохождения вами пути при условии детального погружения в рекомендации. Безусловно, каждая из них требует подробного рассмотрения. Например, разработка эталонных процессов в формате «To be» – это, по сути, вся «архитектура» как проекта WMS, так и работы будущего склада. Объем задач, решаемых на этом этапе, огромный – от разработки алгоритма пополнения зоны отбираемого запаса с расчетом размерностей запасов по всем зонам склада на каждую SKU и товарную группу до определения оптимальной комбинации используемых технологий и конструкций мест хранения и отбора. Важно в этом пути не изобретать велосипед, а использовать уже сформированные методы и практики, которые гарантируют достижение поставленной цели.

Список использованных источников.

1. Аникин, Б.А. Коммерческая логистика: учебник / Б. А. Аникин, А. П. Тяпухин. – Москва: Проспект, 2017. – 426 с.
2. Сергеев, В.И. Логистика снабжения: учебник для бакалавриата и магистратуры / В.И. Сергеев, И.П. Эльяшевич. – Москва: Юрайт, 2014. – 522 с.

IMPLEMENTATION OF A WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM

N.V. Ivanova

*FSBEI HE "USATU"
Ufa, Russia*

The results of the study of the effectiveness of the Navy, implemented in Russia, conducted by the coordination council for logistics in 2017, showed that the functionality of systems is used by only 12% of warehouses over 90%, more than 80% of warehouses - within 15%.

Key words: WMS, efficiency, warehouse, barcode, optimization.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТВЕРДОСТИ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ
ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛА
ПОД ИНДЕНТОРОМ**

Е.Г. Исаков, А.О. Корольков, А.Ю. Муйземнек

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В работе представлены результаты исследования процессов деформирования и разрушения хрупких материалов под индентором при испытаниях твердости методами Кнупа и Виккерса. Приводится краткое описание модели сцепления Твергарда–Хатчинсона, используемой при компьютерном моделировании.

Ключевые слова: деформирование, разрушение, твердость, индентор, метод Кнупа, метод Виккерса, хрупкие материалы.

Под твердостью понимается способность тела противостоять внедрению в него другого более твердого тела. Твердость является важнейшим механическим свойством, прежде всего, из-за того, что при относительной простоте определения ее характеристик, она позволяет оценить как другие механические, так и эксплуатационные свойства. В настоящее время существует большое количество характеристик твердости, определение некоторых из них основывается на результатах внедрения в подготовленную поверхность лабораторного образца индентора, представляющего алмазную пирамиду. К числу таких методов относится метод Виккерса [1] и метод

Кнупа [2]. Измерение твердости твердых материалов этими методами сопряжено с рядом трудностей, основной из которых является возможность разрушения как индентора, так и образца. В последнем случае трещины образуются у вершин отпечатка на поверхности лабораторного образца [3, 4]. Трещины могут иметь большую протяженность, по сравнению с размером отпечатка, и сложную форму. В этом случае результаты определения твердости не могут быть зачтены. Методы Виккерса и Кнупа позволяют выбрать нагрузку на индентор из достаточно широкого диапазона. Выбор нагрузки, приложение которой не приводит к разрушению ни индентора, ни лабораторного образца может быть сделан на основе результатов компьютерного моделирования процесса индентирования. Результаты подобного моделирования приведены, например в работе [3]. Другой причиной, обуславливающей необходимость проведения компьютерного моделирования процессов деформирования и разрушения хрупких материалов под индентором, является использование индентирования для опреде-

ления вязкости разрушения твердых материалов [4] или создания начальных трещин в лабораторных образцах [5].

Компьютерное моделирование процессов деформирования и разрушения хрупких материалов под индентором может быть выполнено методом конечных элементов или другим методом, позволяющим учесть возможное появление трещин у вершин отпечатка индентора на поверхности лабораторного образца. Одним из способов моделирования трещинообразования является использование моделей сцепления (cohesive model), например модель Твергарда-Хатчинсона (Tvergaard and Hutchinson). Эта модель описывает силы взаимодействия образующихся поверхностей трещины, в котором учитываются три формы трещин (трещины I, II и III типа). Величины раскрытия берегов трещины в локальной системе координат показаны на рисунке 1а. График кривой сцепления представлен на рисунке 1б. Важным является то, что она описывает как увеличение сопротивления раскрытию трещины, так и его уменьшение.

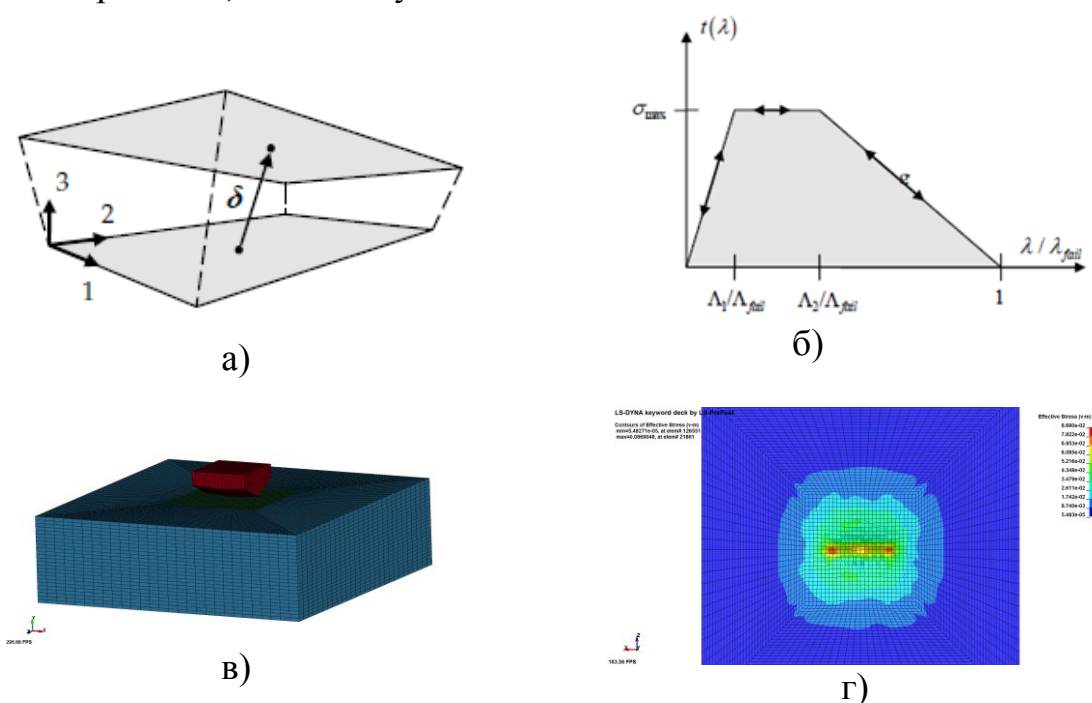


Рисунок 1 – Модели образования трещины (а, б, в) и результаты компьютерного моделирования (г): а – к определению масштабов раскрытия трещины; б – диаграммы сцепления берегов трещины; в – конечно-элементная сетка; г – распределение приведенных по Мизесу напряжений у отпечатка индентора

На рисунке 1б представлены следующие величины:

– λ – суммарное безразмерное раскрытие трещины, определяемое по зависимости

$$\lambda = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{T_{LS}}\right)^2 + \left(\frac{\langle\delta_2\rangle}{T_{LS}}\right)^2 + \left(\frac{\langle\delta_3\rangle}{N_{LS}}\right)^2}; \quad (1)$$

– $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – проекции раскрытия трещины на оси локальной системы координат (см. рисунок 1а);

– N_{LS}, T_{LS} – предельные значения раскрытия трещины для первой и второй типов трещин;

– $\sigma_{\max}$ – максимальное значение напряжения (рисунок 1б);

– $\lambda_{\max}$ – максимальное значение безразмерного раскрытия трещины в общем случае раскрытия трещины;

Λ_1, Λ_2 – параметры;

Λ_{fail} – раскрытие трещины, соответствующее началу ее неустойчивого роста.

С использованием модели Твергарда-Хатчинсона был проведен расчет напряженно-деформированного состояния лабораторного образца из диоксид циркония при indentировании по методу Кнупа.

На рисунках 1в и 1г показаны используемая при компьютерном моделировании конечно-элементная сетка и полученное распределение приведенных по Мизесу напряжений у отпечатка индентора. Компьютерное моделирование позволило выявить трещины, образующиеся у вершин отпечатка индентора на поверхности лабораторного образца.

Таким образом, использование модели Твергарда-Хатчинсона для исследования процессов деформирования и разрушения хрупких материалов под индентором позволило оценить возможность образования трещин в вершинах отпечатка индентора на поверхности лабораторного образца, что может быть использовано при назначении усилия вдавливания при испытании материала на твердость или при создании начальной трещины на лабораторном образце при испытаниях на вязкость разрушения.

Список использованных источников.

1. ГОСТ 25172-82. Сплавы твердые спеченные. Метод определения твердости по Виккерсу.

2. ГОСТ Р ИСО 4545-1-2015. материалы металлические. Определение твердости по Кнупу.

3. Кравчук, А.С. Уточненная теория определения параметров пластического течения материала при сжатии по измеренной твердости по Мейеру / А.С. Кравчук, А.И. Кравчук // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – Пенза: ИИЦ ПГУ, 2019, №4. – с. 98–110.

4. Georg D. Quinn. Fracture Toughness of Ceramics dy the Vickers Indentation Crack Length Method: A Critical Review. National Institute of Stand-

ards and Technology, 100 Bureau Drive, Gaithersburg, MD, 20899-8529.

5. ASTM C 1421. Standard Test Methods for Determination of Fracture Toughness of Advanced Ceramics at Ambient Temperature. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States/.

IMPROVEMENT OF METHODS FOR DETERMINING THE HARDNESS OF FRAGILE MATERIALS BY STUDYING THE STATE OF THE MATERIAL UNDER THE INDENTOR

E.G. Isakov, A.O. Korolkov, A.Y. Muyzemnek

*FSBEI HE «Penza State University»
Penza, Russia*

The paper presents the results of studying the processes of deformation and fracture of brittle materials under an indenter during hardness testing by the Knoop and Vickers methods. A brief description of the Tvergaard and Hutchinson cohesive model used in computer simulation is given.

Keywords: deformation, fracture, hardness, indenter, Knoop method, Vickers method, brittle materials.

УДК 656.025

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА ГОРОДА ПЕНЗЫ

Д.С. Капустин, И.И. Метальников, Ю.Ю. Накашидзе

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В данной статье рассматриваются проблемы, касающиеся транспортного комплекса города Пенза, такие как несоответствие современным требованиям маршрутной сети общественного пассажирского транспорта; низкий уровень пропускной способности транспортной сети; устаревшая инфраструктура и низкое качество дорожной сети.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, транспортный комплекс, пассажиропоток, грузопоток, транспортно-логистический комплекс, транспортные услуги, экологичность, агломерация.

Пензенская область обладает развитой транспортной инфраструктурой, представленной железнодорожными, автомобильными магистралями, а также аэропортом федерального значения.

Пензенская область является социально-экономическим объединением населенных пунктов вокруг города Пенза, она представляет собой наиболее урбанизированную часть области, на которой сконцентрировано более 57 % всего населения региона, около 1,3 млн человек.

На сегодняшний день транспортная система области состоит из сети автомобильных дорог федерального, регионального и местного значения и нескольких направлений пригородного железнодорожного транспорта. Основным видом транспорта, осуществляющим пассажирские перевозки, является автомобильный. На его долю приходится более 80 % всех перевозимых пассажиров [1]. Центр агломерации – город Пенза – связан с городами и сельскими поселениями пригородной зоны преимущественно автомобильным транспортом.

При этом существует ряд факторов, тормозящих эффективность существующей транспортной системы и процесс дальнейшего развития Пензенской агломерации:

- несоответствие современным требованиям маршрутной сети общественного пассажирского транспорта, обеспечивающей в большей части связь населённых пунктов;
- низкий уровень пропускной способности транспортной сети;
- устаревшая инфраструктура и низкое качество дорожной сети;
- высокий уровень износа подвижного состава пассажирского транспорта;
- низкое качество предоставляемых транспортных услуг;
- слабо развитый логистический комплекс.

Основными направлениями системного развития транспортной системы должны стать: создание единой системы конкурирующих пассажирских перевозок, развитие транспортно-логистического комплекса и модернизация путей сообщения и подвижного состава.

По данным аналитического агентства «Пензастат», на 1 января 2019 года в Пензе обеспеченность автомобилями составила 320,6 единиц на тысячу жителей [2]. Учитывая, что тысячи человек ежедневно совершают трудовую миграцию на личных автомобилях в областной центр, то уровень автомобилизации в городе может достигать значений 340–380 автомобилей на 1000 жителей. Постоянно растущее число личных автомобилей создает проблемы не только при организации пассажирских перевозок, но и отрицательно сказываться на работе специальных и экстренных служб.

Одной из особенностей г. Пенза является сильная загруженность пассажирских остановок и прилегающих к ним территорий в районе центрального рынка. Высокой загруженности этой территории способствует концентрирование такси и несанкционированные парковочные места.



Рисунок 1 – Загруженность пассажирских остановок в районе центрального рынка г. Пенза

На данный момент в работу общественного транспорта внедрены инновации, позволяющие частично снизить загруженность, такие как: интернет-сайты и мобильные ресурсы, предоставляющие всю информацию о работе компаний занимающихся пассажирскими перевозками.

Основными целями при формировании системы пассажирских транспортных услуг в Пензе должны стать:

- обеспечение устойчивых транспортных связей;
- повышение скорости перемещения населения в границах города;
- повышение конкурентоспособности, доступности и качества перевозок пассажиров;
- приоритет безопасности перевозок.

К числу приоритетных направлений, обеспечивающих достижение обозначенных целей можно отнести:

- оптимизация маршрутной сети, направленная на обеспечение транспортной подвижности населения с учетом тенденций ее развития;
- создание полос для движения пассажирского транспорта;
- обновление парка подвижного состава;
- введение единой безналичной системы оплаты проезда общественного пассажирского транспорта и дифференциация тарифного меню;
- создание высокой конкурентной среды для коммерческих перевозчиков;
- развитие арендуемого транспорта индивидуального пользования, по микрорайонам.

Различные цифровые ресурсы, специальное компьютерное ПО, системы отслеживания и планирования графика движения пассажирского транспорта смогут улучшить состояние транспортной сети, следующим образом:

- выполнять точное планирование графиков движения маршрутного городского транспорта с помощью специального ПО;
- совершенствовать информационные интернет-ресурсы.

Усилия по внедрению современных технологий в транспортной отрасли носят пока единичный, а не системный характер. Координация этой деятельности на межотраслевом и государственном уровнях отсутствует. Отслеживать движение и контролировать график автобусов посредством специальных устройств геолокации и информационных табло смогут специальные диспетчеры, что исключит сбои в работе системы и обеспечит непрерывное сообщение между данными пунктами.

Есть несколько направлений применения цифровых технологий в рамках данного вопроса: создание и применение систем мониторинга нагрузки на главных транспортных потоках города посредством датчиков или видеоустройств, и своевременное решение соответствующих проблем («подвижный» режим работы светофоров и др.); контроль за движением по специально выделенным для общественного транспорта полосам; создание и установка на главных магистралях города цифровых табло с информацией о загруженности дорог, работе светофоров, возможных маршрутах движения для разгрузки главных улиц [3].

Что касается модернизации подвижного состава, то приоритетным направлением этой работы должен стать наземный электротранспорт – удобный и экологически чистый вид транспорта. Так, 3 апреля 2018 года в Пензе был поставлен на тестирование новый образец троллейбуса, который закрепили за маршрутом №7 (Аэропорт – Микрорайон Запрудный).



Рисунок 2 – Троллейбус нового поколения

В условиях финансового дефицита транспортных предприятий стимулирующую роль в обновлении и модернизации транспортных средств

может сыграть льготирование инвесторов местными налогами, в том числе за счет транспортного налога.

Нормативно-правовая база региона должна совершенствоваться в направлении антимонопольного регулирования, поддержания конкуренции внутривидового и межвидового транспорта, что будет способствовать повышению качества транспортных услуг, расширению транспортных субсидий и оптимизации тарификации.

Эффективным будет создание единой системы управления транспортом на базе цифровой логистики.

Комплексная реализация предложенных мер по совершенствованию транспортной системы города Пенза будет способствовать дальнейшему интенсивному социально-экономическому развитию.

Список использованных источников.

1. Пресс-релиз Аналитического агентства «Автостат» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.autostat.ru/press-releases/29680/>.

2. Пензастат: в регионе втрое выросло количество автовладельцев [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.penzainform.ru/news/social/2020/09/21/penzastat_v_regione_virosl_o_kolichestvo_avtovladelcev.html

3. Постановление Правительства Пензенской области от 16 ноября 2009 года № 873- пП «Об утверждении порядка организации транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом на территории Пензенской области».

GENERAL PROBLEMS OF THE TRANSPORT COMPLEX OF THE CITY OF PENZA

D.S. Kapustin, I.I. Metalnikov, Y.Y. Nakashidze

*FSBEI of HE "Penza State University"
Penza, Russia*

This article discusses the problems related to the transport complex of the city of Penza, such as non-compliance with modern requirements of the route network of public passenger transport; low level of capacity of the transport network; outdated infrastructure and poor quality of the road network.

Keywords: passenger transportation, transport complex, passenger traffic, cargo traffic, transport and logistics complex, transport services, environmental friendliness, agglomeration.

МОЛОЧНОКИСЛЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ МЕДНЕНИЯ

С.Ю. Киреев, К.Д. Анопин

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
Г. Пенза, Россия*

Исследование направлено на изучение влияния молочной кислоты при осаждении меди из малокомпонентного электролита. Получены осадки из лактатных электролитов меднения, описаны основные закономерности изменения качества получаемого осадка от состава электролита.

Ключевые слова: лактатный электролит, меднение.

В ряду добавок перспективно выглядит молочная кислота. Влияние добавления 2-гидроксипропионовой кислоты уже было исследовано для электролитов цинкования, никелирования, получения сплавов никель-фосфор и олово-цинк [1 – 4]. Молочная кислота имеет ряд преимуществ. Она доступна, экологически безопасна, обладает рядом ценных химических свойств, с медью образует комплексное соединение (рК, 2,7), не смотря на большую устойчивость лактата меди (по сравнению с сернокислой медью) это соединение не создает дополнительных проблем для стандартных реагентных линий очистки сточных вод.

Не смотря на это высокая химическая активность молочной кислоты накладывает ряд ограничений на возможность использования ее в качестве добавки. Растворы минеральных кислот могут приводить к образованию лактидов различного состава, что уменьшает долю свободной молочной кислоты. Молочная кислота в сильно кислой среде, при нагреве, в присутствии меди или железа (выступающих в качестве катализатора) может окисляться до промежуточных продуктов. При этом доля свободной молочной кислоты может не соответствовать ожиданиям, а продукты деградации молочной кислоты способны оказывать влияние на получаемый металлический осадок. [4]

С целью оценки влияния молочной кислоты на электроосаждение медного покрытия был составлен ряд малокомпонентных электролитов См таблицу 1.

Таблица 1

	Сульфат меди	Молочная кислота	рН
1	2	3	4
Электролит 1	0,75 моль/л	0,75 моль/л	3
Электролит 2	0,5 моль/л	0,75 моль/л	3

1	2	3	4
Электролит 3	0,25 моль/л	0,75 моль/л	3
Электролит 4	0,75 моль/л	1,25 моль/л	3
Электролит 5	0,75 моль/л	1 моль/л	3
Электролит 6	0,75 моль/л	0,5 моль/л	3
Электролит 7	0,75 моль/л	0,75 моль/л	1
Электролит 8	0,75 моль/л	0,75 моль/л	2
Электролит 9	0,75 моль/л	1,5 моль/л	4
Электролит 10	0,75 моль/л	1,5 моль/л	5

Составы электролитов 1 – 3 отличны содержанием сульфата меди, составы электролитов 4 – 6 отличны содержанием молочной кислоты, электролиты 7 – 10 отличаются значением pH. Для оценки морфологии покрытие в градиенте плотности тока из каждого электролита осаждалось покрытие в стандартной ячейке Хула. При этом установлен ряд закономерностей:

1. При увеличении концентрации Cu^{+2} увеличивается допустимая плотность тока осаждения доброкачественного медного покрытия.
2. Уменьшение содержания молочной кислоты увеличивает область с покрытием удовлетворительного внешнего вида.
3. Наилучшие результаты были получены при pH3, при увеличении pH электролита покрытие получалось серыми

Увеличение температуры электролита положительно повлияло на допустимую плотность тока, увеличив ее приблизительно 4 раза (в градиенте 20-60°C.).

Исследования, проведенные на щелевой ячейки Молера с пятисекционным разборным катодом, показало, что увеличение концентрации молочной кислоты положительно влияет на рассеивающую способность электролита. По результатам работы в качестве малокомпонентного лактатного электролита может быть предложен раствор следующего состава: сульфат меди 0,5 моль/л, 2-гидроксипропановая кислота 0,75 моль/л, pH=3. Этот электролит позволяет получать розовые, хорошо сцепленные медные осадки при плотности тока до 1 А/дм².

Список использованных источников.

1. Перельгин, Ю. П. Исследование кинетических закономерностей электроосаждения никеля из разбавленного электролита содержащего молочную кислоту/ Ягниченко, Н. В., Кабанов, С. В., Кольчугина, И. Г.// Депонированная рукопись № 387-B2009 22.06.2009.
2. Перельгин, Ю. П. О роли молочной кислоты при электроосаждении цинка. / Перельгин Ю.П., Кабанов С.В., Кольчугина И.Г., Ягниченко Н.В., Трошкина Е.Г. // Депонированная рукопись № 21-B2010

25.01.2010.

3. Дровосеков, А. Б. Электроосаждение сплава Ni-P из электролита с добавками молочной и фосфористой кислот/ Дровосеков А. Б., Крутских В. М., Алиев А. Д. // Практика противокоррозионной защиты. – 2016. – №. 3. – С. 55-62.

4. Перелыгин, Ю. П. Способ нанесения гальванических покрытий сплавом олово-цинк. / Перелыгин Ю.П., Киреев С.Ю., Киреева С.Н., Киреев А.Ю. // Патент на изобретение RU 2616314 С , 14.04.2017. Заявка № 2016113468 от 07.04.2016.

5. Березин, Б. Д. Курс современной органической химии./ Березин Б. Д., Березин Д. Б. // – Издательство "Высшая Школа", 1999. – С. 768 – 768.

LACTIC ACID ELECTROLYTE OF COPPER PLATING

S.Yu. Kireev, K.D. Anopin

*FSBEI HE «Penza State University»,
Penza, Russia*

The study is aimed at studying the effect of lactic acid in the deposition of copper from a low-component electrolyte. Precipitation from lactate electrolytes of copper plating is obtained, and the main regularities of changes in the quality of the resulting precipitation from the composition of the electrolyte are described.

Key words: lactate electrolyte, copper plating

УДК 656.11

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЕНЗА)

М.А. Киселёва, Ю.Ю. Накашидзе

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье рассмотрены проблемы организации движения на примере города Пенза, транспортная система в целом и меры, направленные администрацией города на решение данных проблем для более комфортной и рациональной системы транспорта.

Ключевые слова: транспортная система, транспортная политика, организация движения, коллапсы.

В связи со сложившейся ситуацией в сфере транспорта в городе Пенза есть необходимость понять и «разложить по полочкам» все проблемы и пути их решения. Безумный рост городов и количество жителей тем или иным образом связан с определёнными трудностями и ограничениями. Каждый житель или гость Пензы видит проблемы в транспортной системе города. Не нужно быть человеком, хорошо знающим специфику транспорта, чтобы увидеть, что транспортные коллапсы, которые случаются в городе ежедневно, – это результат неправильной организации движения лицами, отвечающими за эту сферу, ну и конечно же властями.

Можно, конечно, заявлять о нерациональной планировке, которая складывается на протяжении всего исторического развития города, думать, что причина заторов в холодное время года связано с большим количеством осадков или в ажиотаже перед праздниками, ну и конечно часами-пик в утреннее и вечернее время. Можно говорить, что в данном случае ничего нельзя сделать с пробками и нехваткой нормальных парковочных мест. Но ведь и нельзя отрицать опыта больших городов в области транспортной политики, которым всё-таки удалось преодолеть проблемы планировки, которая не учитывает большое количество автомобильного транспорта. Токио и Пекин, Мюнхен и Париж, Берлин и Лондон, Нью-Йорк – но и это далеко не весь список городов, которые успешно преодолели свои транспортные трудности, не смотря ни на какие обстоятельства.

Многие города могут справиться с транспортными проблемами (город Пенза тем более в их числе), если подойти к ним с умом. Стоит только обратиться к трудам великих урбанистов, занимающихся проблемой транспорта, обратить внимание на разумный системный подход в управлении транспортной системой города.

Разумный подход к разрешению данных проблем-это осуществление на государственном и местном уровне сложной интегрированной политики, которая основывается на сумме факторов систем управления транспорта, градостроительства, землепользования и, конечно же организации дорожного движения. Только такой синтез систем управления становится неким необходимым условием для ликвидации транспортного коллапса в городах, у которых есть проблемы в организации движения.

Одной из главных причин пробок считается не до конца продуманная политика не только самой транспортной системы, но и жилых кварталов, да и всей инфраструктуры в целом. Поэтому лицам, отвечающим за комфортную жизнь людей в транспортной системе для решения указанных проблем нужно более внимательно рассматривать вопросы возведения новых улиц, кварталов, районов, которые бы изначально могли обеспечить огромный спрос горожан на парковочные места во дворах и на специально возведённых парковках и пропускную способность дорог, с учетом растущих потребностей у жителей; контроль над рассредоточенной застройкой, которая естественно сможет удовлетворить все потребности населения нашего города.

Люди, исследующие городские транспортные системы, выделяют два кардинально разных направления в реализации транспортной политики города. В рамках первого, автомобильно-ориентированное направление – ставит вопрос о коренной реконструкции городов, позволяющей адаптировать городское пространство [1].

К неограниченному пользованию частных автомобилей, с помощью возведения разветвленных сетей скоростных автомобильных дорог (например, автобанов) и нужных парковочных мощностей. Альтернативой данному направлению используется идея «городов, удобных для жизни», которые располагают интермодальной транспортной системой, которая в свою очередь составляется из сбалансированного и координированного пользования различных видов общественного транспорта [2].

Отметим, что при использовании автомобильно-ориентированного направления нужна будет фундаментальная перестройка городской среды, которая может создать ощутимую нагрузку на бюджет города и сможет привести к «автомобильной зависимости» и возмущениям со стороны пешеходов. Как произошло это в Детройте и Лос-Анджелесе (США), где когда-то, в нужное время была построена достаточно разветвленная система фривейв. Второй подход ставит общественный транспорт и потребности пешеходов в главенствующее положение, воплощая в жизнь достаточно рациональную транспортную политику [1]. При использовании идеи «удобного города» предотвращаются хронические заторы и минимизируется ущерб, который наносится городской среде Пензы.

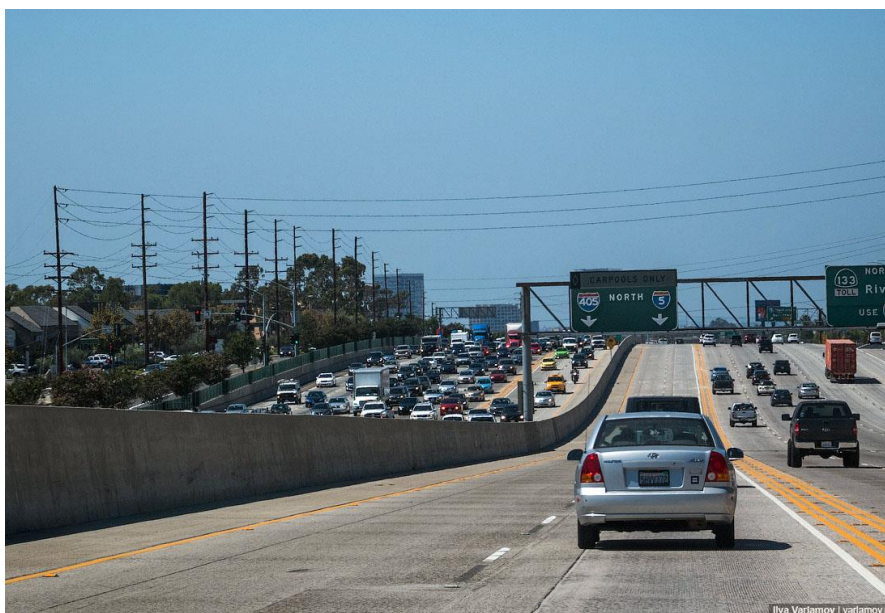


Рисунок 1 – Фривей в Лос-Анджелесе

На пути формирования сбалансированной транспортной политики в направлении «удобного города» нужно будет использовать два набора политических мер: содействие и противодействие.

Суть содействия, или поощрения, состоит в использовании общественного транспорта для обеспечения независимой работы маршрутов и линий публичного транспорта от уровня загрузки улично-дорожной сети, а также повышения эффективности и качества услуг, предоставляемых городом. Примером поощрения использования общественного транспорта можно привести организацию выделенных полос для автобусов, маршруток, троллейбусов, прокладка путей систем LRT (лёгкое метро в Германии) и BRT (скоростные автобусы).

Меры противодействия, или антистимулирования автомобилей, проводятся путём ограничения и взимание платы за парковку в центре города, введение платы за проезд по тем дорогам, которые дают какое-либо преимущество не только жителям города, но и служебного транспорта.

При поездках в общественном транспорте, использование системы квот и другие антиавтомобильные меры, которые считаются не востребовавшими среди существенно больших масс населения, поэтому реализация данных мер напрямую связана с неизбежным противодействием общественных институтов и требует от администрации более жёсткого управления, которое нацелено на долгосрочные перспективы.

Еще одной проблемой транспортной системы является дезинтегрированность разных видов транспорта в черте одного города. Она видна в непродуманности политики правительства города в пользовании пригородными железнодорожными линиями и внутригородских систем общественного транспорта, непродуманности и порой отсутствии удобных для жителей транспортных пересадочных узлов (ТПУ), единых тарифов и как таковых транспортных карт.

Если говорить о политике Пензенских властей в области транспорта, то в последние годы город встал на путь исправления, он становится более пешеходно-ориентированным. Например, в центре города делаются исключительно пешеходные зоны, устраиваются парковочные режимы в центральных и наиболее оживлённых районах Пензы, сами дороги стали шире, что значительно ускоряет движение автомобилей, ну и конечно правильно выстроенная работа светофоров. Все эти аспекты дают автомобилистам и пешеходам чувствовать себя более комфортно в нашем городе.

Нельзя пока что сказать, что процесс улучшения транспортной системы в городе идет достаточно стабильно и без промахов. Ошибки допускаются, например, не до конца выставлен процесс получения парковочного места или не везде еще построены перехватывающие парковки возле ТПУ. Но и Москва не сразу строилась, поэтому всё-таки надежда на улучшение транспортной ситуации в нашем городе всё же существует. Пусть конечно это всё будет не в ближайшие несколько лет, но ведь, как говорится, лучше поздно, чем никогда.

Список использованных источников.

1. Вукан Р. Вучик. Транспорт в городах, удобных для жизни. – М., 2011.
2. Игорь Пугачев. Проблема транспортных систем городов и возможные пути их решения.
3. Координационный совет по организации дорожного движения-2010.URL:<https://www.dissercat.com>

PROBLEMS OF ORGANIZATION AND DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT SYSTEM OF THE CITY OF PENZA AND WAYS TO SOLVE THEM

M.A. Kiselyova, Y.Y. Nakashidze

*FSBEI HE « Penza State University»
Penza, Russia*

The article presents the problems of organization in the example of Penza, the transport system as a whole and the measures of the city, we attack the solution of problems for a safer and more rational transport system.

Keywords: transport system, transport policy, traffic organization, collapse.

УДК. 629.039.58

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ

К.С. Колпаков, К.В. Лебединский

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье рассмотрены системы предупреждения столкновений, предложен вариант системы с улучшенным алгоритмом работы в зависимости от дорожных условий, показаны результаты компьютерного моделирования.

Ключевые слова: активная безопасность, автомобиль, тормозная система, система предупреждения столкновений.

По мере развития техники появляются всё более совершенные и сложные системы, устройства. Данная тенденция не обошла стороной ав-

томобилестроение, в частности вопросы, касающиеся активной безопасности. Поэтому возникла необходимость в создании систем предупреждения столкновений.

Система предотвращения столкновений – это система, которая предназначена для избегания ДТП и экстренных ситуаций путем включения тормозов автомобиля независимо от водителя [1 – 4].

Принцип их работы состоит из нескольких этапов, которые приводятся в действие последовательно.

1. При отсутствии реакции водителя на сокращение расстояния между его автомобилем и стоящим впереди объектом сигнал с датчика, установленного в передней части автомобиля, передается на электронный блок управления. Вместе с этим в салоне активируется звуковое оповещение. Всё это направлено на привлечение внимания водителя, который должен отреагировать на ситуацию должным образом.

2. Система начинает подготавливать автомобиль к будущему торможению (колодки сближаются с дисками, в гидравлике давление повышается). За счёт такой подготовки торможение будет эффективным даже при лёгком нажатии на педаль тормоза.

3. Если от водителя и в дальнейшем не поступает никаких действий, то система самостоятельно начинает активировать тормоз.

Выполненный анализ состояния вопроса, показал, что кроме основных факторов выбора алгоритмов управления системой предупреждения столкновений автомобилей необходимо дополнять и такими важными критериями как учет типа дорожного полотна и погодных условий, что на сегодняшний день не реализовано и отсутствуют необходимые теоретические и экспериментальные данные.

Из существующей информации о системах предупреждения столкновений обозначим факторы, возможно влияющие на ее работу.

Среди факторов будут:

- скорость автомобиля;
- тип дорожного полотна;
- погодные условия;
- скорость реакции водителя;
- скорость отклика системы предупреждения столкновений.

С учетом ранжирования факторов и возможности изменения параметров оптимизации в своем исследовании выбраны 3 фактора, однако 2 из них имеют общий параметр, и в итоге получаем, что в работе используем для варьирования и исследования параметра отклика два значимых фактора:

- скорость автомобиля;
- тип дорожного полотна и погодные условия (коэффициент сцепления с дорогой).

Проведенные исследования показали, что алгоритм управления системы предупреждения столкновений автомобиля, необходимо динамиче-

ски корректировать для разных условий дорожного полотна на основе функциональных состояний.

На рисунке 1 показан предлагаемый алгоритм управления системы предупреждения столкновений.

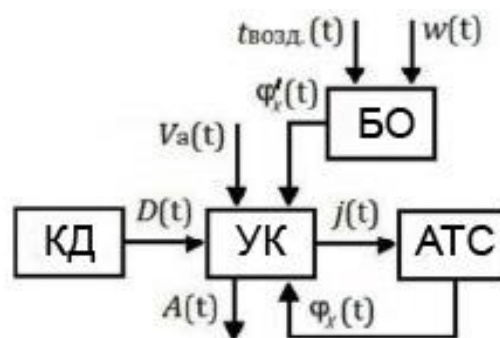


Рисунок 1 – Модернизированная функциональная схема алгоритма системы предупреждения столкновений

Исполнение алгоритма должно вестись на основе схемного решения, включающего в себя наличие следующих технических объектов в составе комплексной системы, установленной на автомобиле:

- комплект датчиков (КД);
- управляющий контроллер (УК);
- исполнительная автоматическая тормозная система (АТС).

Комплект датчиков, установленных на автомобиле и включающие в себя различные устройства «машинного зрения» регистрируют появление препятствия на пути следования автомобиля и определяют расстояние L до него. Имеющиеся собственные датчики определяют скорость движения автомобиля $V_{авт}$.

Данные с датчиков поступают в контроллер управления и с учетом их параметров вычисляется относительная скорость приближения к препятствию $V_{сближ}$.

С учетом полученных вычислений скорости сближения $V_{сближ}$ рассчитывается значение необходимого тормозного пути $S_{торм}$ при данной скорости автомобиля $V_{авт}$.

Далее контроллер управления сравнивает значения и в зависимости от условий принимается исполнительные команды:

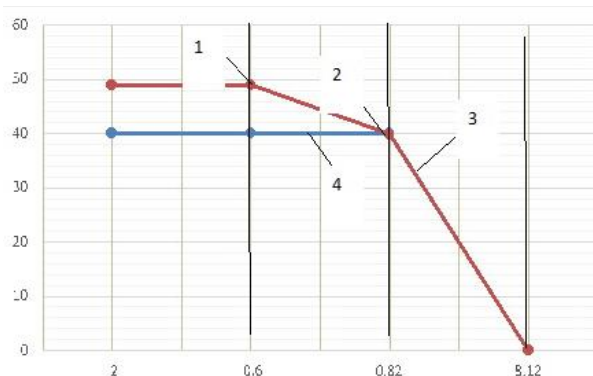
- 1) при $L \geq S_{торм}$ включает сигнализатор оповещения водителя о возможном столкновении;
- 2) при $L = S_{торм}$ включается в работу исполнительный механизм автоматической тормозной системы.

Для определения коэффициента сцепления шин с дорогой необходимо учитывать анализ дорожных условий на основе информации от датчиков.

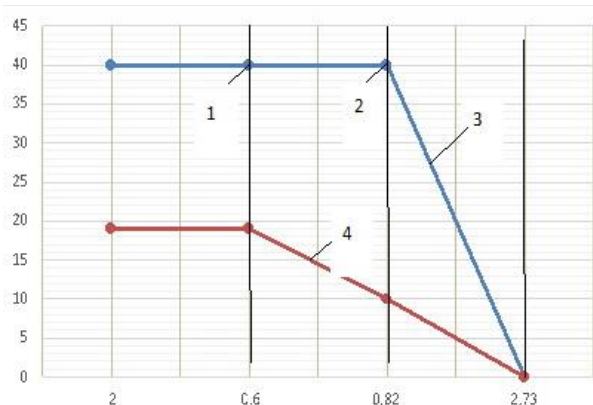
Данные с датчиков будут поступать на контроллер управления, ана-

лизироваться и формировать значение коэффициента сцепления шин с дорогой для последующего его использования при аналитическом определении требуемых параметров тормозного пути, замедления и пр.

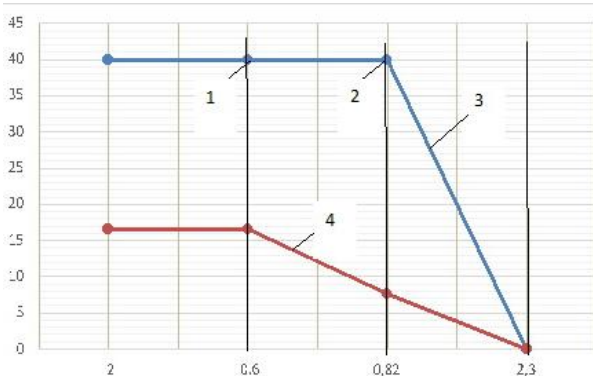
Приведённые расчеты и компьютерное моделирование (рисунок 2) показали, принципиальную возможность использования предлагаемого метода для совершенствования системы предупреждения столкновений



а



б



в

Рисунок 2— Результаты компьютерного моделирования

1 — включение предупреждения о возможном столкновении; 2 — включение экстренного торможения; 3 — график линейной скорости автомобиля; 4 — дистанция.

а — сухой асфальтобетон; б — сырой асфальтобетон; в — укатанный

снег

Таким образом, полученные данные позволяют определить расстояние до момента срабатывания системы предупреждения столкновений в зависимости от дорожных условий (типа дорожного покрытия).

В соответствии с алгоритмом реализации системы предупреждения столкновений должно быть запрограммировано изменение характеристик работы системы, а именно:

- для сухого асфальтобетона и цементобетона – срабатывание системы не менее чем за 17 метров до возможного препятствия;
- для мокрого асфальтобетона, цементобетона, грунта, травы, песка – срабатывание системы не менее чем за 20 метров до возможного препятствия;
- для уплотненного снега, льда, мокрого грунта – срабатывание системы не менее чем за 50 метров до возможного препятствия.

Данные параметры рекомендуются производителям подобных систем для повышения эффективности предотвращения столкновений.

Список использованных источников.

1. Автомобильная система предотвращения столкновений.- [Электронный ресурс]-URL: <http://www.carextra.ru/>.
2. Концепция развития систем предупреждения столкновений транспортных средств.- [Электронный ресурс]-URL: <http://www.science-education.ru/>.
3. Система автономного экстренного торможения автомобилей.- [Электронный ресурс]-URL: <http://www.wikipedia.ru/>.
4. Система экстренного торможения. – [Электронный ресурс]-URL: <http://www.systemsauto.ru/>.

IMPROVING THE ACTIVE SAFETY CARS BY APPLICATION OF THE COLLISION PREVENTION SYSTEM

K.S. Kolpakov, K.V. Lebedinskiy

*Penza State University
Penza, Russia*

The article discusses options for preventing collisions, offers systems with an improved algorithm of operation depending on road conditions, shows the results of computer modeling.

Key words: active safety, car, brake system, collision prevention system.

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОБУСА ПАЗ-3205

А.А. Крамин, Е.С. Рузанов, Ю.Ю. Накашидзе

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В данной статье рассмотрены пути повышения активной безопасности автобуса ПАЗ путём замены передних барабанных тормозных механизмов на дисковые, а в задних барабанных тормозах предлагается установить рабочие цилиндры с устройством для автоматической регулировки зазоров между тормозными колодками и барабанами.

Ключевые слова: тормозная система, автобус ПАЗ-3205, тормозные механизмы, дисковые тормоза, автоматическая регулировка зазоров.

Главная причина большого количества ДТП с летальным исходом заключается в том, что российские автомобили просто не оснащаются современными системами активной и пассивной безопасности. На краш-тестах по современным стандартам российские автомобили получают максимум 2 звезды, в то время как все ведущие компании имеют около 5 звёзд. Это означает то, что при столкновении на скорости 60 – 80 км/час водитель и пассажир не просто выживут, но и получают не слишком сильные травмы - часто удается обойтись участникам ДТП лишь легкими ранениями и ушибами.

По данным сводок ГИБДД порядка 13% всех ДТП происходит по техническим причинам. За последние годы ужесточены требования к подвижному составу по безопасности и экономическим параметрам, в результате чего появились новые технические решения, ведущие к усложнению конструкции автомобиля.

Число аварий, причиной которых была неисправность тормозной системы автомобиля, достаточно велико. Неудовлетворительное состояние тормозной системы является в среднем причиной более половины всех ДТП, возникших из-за технических неисправностей.

Более 30% всех ДТП можно было бы исключить за счет своевременного и более эффективного торможения.

Поэтому повышение активной безопасности транспортных средств за счет совершенствования конструкции тормозных систем является актуальной.

В Российской Федерации самым массовым автобусом малой вместимости используемым на пассажирских перевозках городских, пригородных и сельских маршрутах является автобус ПАЗ-3205, выпускаемый с 1987г.

Одним из главных параметров автомобиля являются его тормозные свойства. Возможность предотвращения ДТП чаще всего связана с интенсивным торможением, поэтому необходимо, чтобы тормозные свойства автомобиля обеспечивали его эффективное замедление в любых дорожных условиях. Для достижения этого условия, сила, развиваемая тормозным механизмом, не должна превышать силы сцепления с дорогой. В противном случае колесо заблокируется и начнет скользить, что может привести к заносу автомобиля и значительному тормозному пути [2].

На автобусе ПАЗ-3205 установлена пневмогидравлическая тормозная система. Пневмогидравлическая тормозная система имеет отдельный привод к тормозам передней оси и заднего моста, поэтому при разрыве шланга или трубки в одной из ветвей пневмогидравлического привода автобус сохраняет возможность производить торможение передними или задними тормозами [1].

В каждую ветвь пневмогидравлического привода тормозов включен отдельный пневматический усилитель с главным цилиндром, который действует только на свои тормоза. Преимуществами этой тормозной системы по сравнению с гидровакуумной системой являются:

- легкость управления педалью тормоза;
- возможность получения более высоких тормозных сил в тормозных механизмах.

К недостаткам данной тормозной системы относятся:

- наличие в колесном тормозном механизме устаревшей конструкции рабочего тормозного цилиндра, требующего ручной регулировки зазоров между тормозными колодками и барабаном. Это ведет к нестабильности тормозных свойств [3].

При длительной и динамичной езде, тормозные барабаны перегреваются, и тормозные свойства автобуса значительно ухудшаются.

На основании проведенного анализа преимуществ и недостатков видно, что пневмогидравлическая система тормозов, используемая в настоящее время на автобусах ПАЗ-3205 требует конструктивного усовершенствования. С целью повышения активной безопасности автобуса предлагается заменить передние барабанные тормозные механизмы на дисковые. Кроме того, в задних барабанных тормозах установить рабочие цилиндры с устройством для автоматической регулировки зазоров между тормозными колодками и барабанами. Дисковые тормоза обладают высокой стабильностью и лучшим теплоотводом. Большая часть рабочей поверхности диска соприкасается с окружающим воздухом и благодаря этому лучше охлаждается, чем поверхность барабана.

Преимуществами дискового тормоза являются:

- большая площадь охлаждения;
- независимость эффективности тормозов от степени износа накладок;
- возможность работать с малыми зазорами между колодками и дис-

ком;

-равномерное распределение давлений.

Для обеспечения автоматической регулировки зазора между тормозными колодками и барабанами задних колес предлагается установить в задних тормозных механизмах колесные цилиндры с устройством для автоматического поддержания постоянного зазора между колодками и барабанами, независимо от износа накладок в процессе эксплуатации (рис.1). Это достигается за счет установки с натягом в колесный цилиндр специального регулировочного упора, представляющего собой тарельчатую шайбу. По мере износа накладок и барабана упорная шайба постепенно смещается в цилиндре от давления жидкости, действующей на поршень, обеспечивая автоматическую регулировку заданного оптимального зазора между тормозными колодками и барабаном.

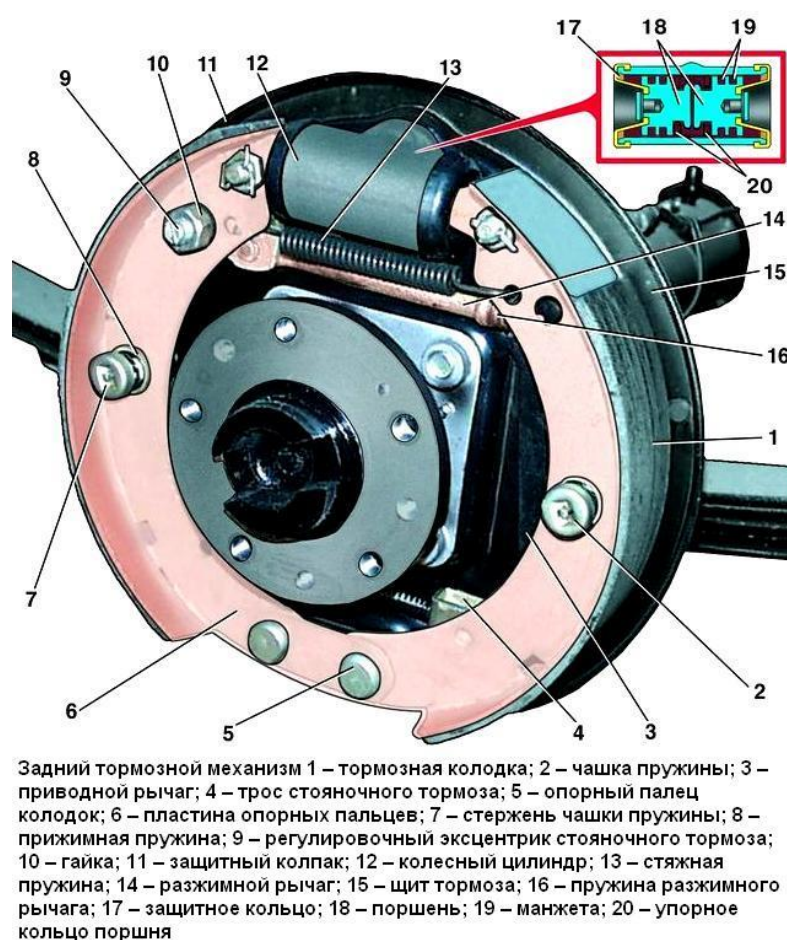


Рисунок 1 – Схема рабочего тормозного цилиндра с устройством для автоматической регулировки зазоров между тормозными колодками и барабанами.

Для дальнейшего повышения надежности и эффективности усовершенствованной тормозной системы предлагается оснащение автобуса ПАЗ-3205 антиблокировочной системой (АБС).

Наиболее практичным с этой точки зрения вариантом было бы использование передних тормозных дисков автобуса ЗИЛ-3250(рис.2).

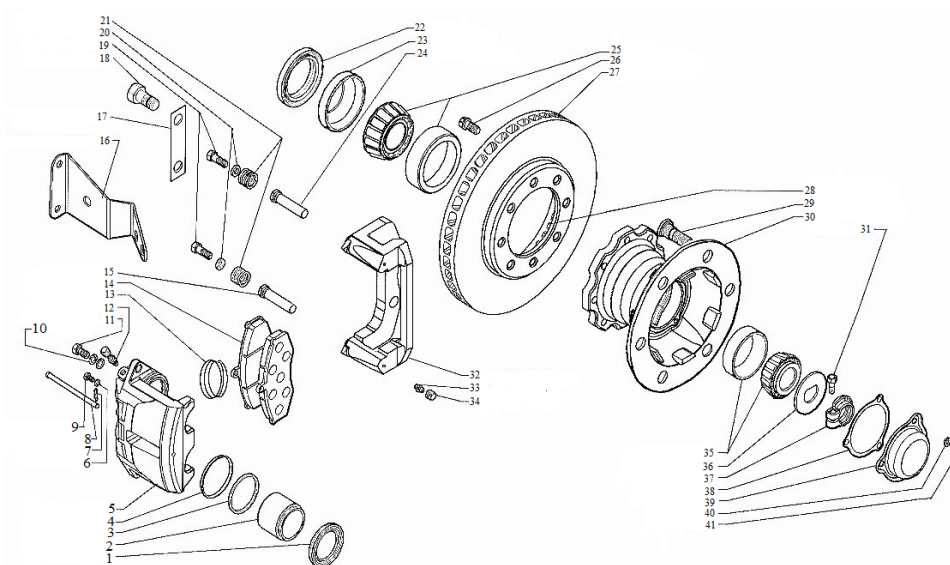


Рисунок 2 – Сборочная схема тормозного механизма переднего колеса ЗИЛ-3250

1 – защитный чехол поршня; 2 – поршень; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – кольцо; 5 – левый корпус скобы тормоза; 6,20,40 – пружинная шайба; 7 – чека пальца; 8 – палец колодок; 9,18,26,31 – болт; 10 – шайба; 11 – перепускной клапан; 12 – клапан прокачки; 13 – распорное кольцо; 14 – колодка тормоза; 15,24 – направляющий штифт; 16 – левый кронштейн передних шлангов; 17 – стопорная пластина; 19 – болт крепления штифтов; 21 – чехол штифта; 22 – манжета; 23 – предохранительное кольцо; 25,35 – подшипник ступицы в сборе; 27 – тормозной диск; 28 – ротор АБС; 29 – болт крепления колеса; 30 – ступица; 32 – суппорт; 33 – сапун суппорта; 34 – колпачок перепускного клапана; 36 – упорная шайба; 37 – регулировочная гайка подшипника ступицы; 38 – прокладка крышки ступицы; 39 – крышка ступицы; 41 – винт.

Московский автомобильный завод им. Лихачева (ЗИЛ) выпускает в небольшом количестве, на шасси автомобиля ЗИЛ-530 автобус ЗИЛ-3250 одного класса с автобусом ПАЗ-3205. Автобус ЗИЛ-3250 оснащен аналогичной пневмогидравлической тормозной системой с передними дисковыми тормозами и системой АБС.

Реализация предлагаемых конструктивных изменений тормозной системы автобуса ПАЗ-3205 значительно повысит безопасность пассажирских перевозок, а также уменьшит количество ДТП.

Список использованных источников.

1.Руководство по ремонту автобусов ПАЗ-32053, ПАЗ-32053-07

[Электронный ресурс] – Режим доступа: [http:// avtoliteratura.ru/contents/paz/ PAZ3205_TretiyRim.html](http://avtoliteratura.ru/contents/paz/PAZ3205_TretiyRim.html)

2. Тормозная система ПАЗ-3205, тормоза схема. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://avtobuspaz3205.ru/paz-3205-tormoza-sхема/>.

3. Неисправности тормозной системы автобуса ПАЗ-3205 и способы их устранения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lektsii.org/14-16087.html>.

IMPROVING THE PROPERTIES OF THE BRAKING SYSTEM OF THE PAZ-3205 BUS

A.A. Kramin, E.S. Ruzanov, Y.Y. Nakashidze

*FSBEI of HE "Penza State University"
Penza, Russia*

This article discusses ways to improve the active safety of the PAZ bus by replacing the front drum brakes with disc brakes, and in the rear drum brakes it is proposed to install working cylinders with a device for automatically adjusting the gaps between the brake pads and the drums.

Keywords: brake system, PAZ-3205 bus, brakes, disc brakes, automatic clearance adjustment.

УДК 623.437.422

СИСТЕМА ПРОГРЕВАНИЯ ТРАКТОРА

А.С. Крупкин, Д.Н. Абаренчева, А.А. Войнов

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза., Россия*

В данной статье рассмотрена система, позволяющая с помощью выхлопных газов, ускорить прогревание дизельного трактора при отрицательных температурах.

Ключевые слова: двигатель, температура, охлаждение, регулирование, время прогрева.

Тракторы – сложные мобильные энергетические и транспортные средства, используемые для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства, а также для перевозки сельскохозяйственных грузов и пассажиров.

Тракторы должны отвечать определенным эксплуатационным требо-

ваниям, базирующимся на научно обоснованных свойствах и показателях. К числу этих требований относятся прежде всего обеспечение высокой производительности и экономичности, выполнение всего комплекса сельскохозяйственных работ качественно, в наилучшие агротехнические сроки. Важное значение имеют требования агроэкологического характера, связанные с засорением атмосферы вредными компонентами, содержащимися в выпускных газах двигателей.

Минусовая температура окружающей среды относится к неблагоприятным внешним факторам в отношении эксплуатируемой техники [1].

При низкой температуре происходит увеличение расхода топлива, а также изменяются свойства горюче-смазочных материалов. Прежде всего, во время эксплуатации спецтехники зимой повышается вязкость гидравлической жидкости, причем этот показатель критически возрастает после 7 часов непрерывной работы. Вязкость некоторых видов гидравлического масла при 20 градусах ниже нуля повышается в 100-300 раз по сравнению с показателями при положительных отметках термометра. Соответственно, в условиях холода увеличивается время на прогрев двигателя и гидравлики, снижается скорость прокачки рабочей жидкости, что приводит к значительной потере производительности оборудования.

С каждым годом увеличивается объем тракторных работ, в том числе и тех, которые выполняются в холодное время года.

В зимние месяцы температура окружающей среды на 96,2 % территории России достигает минус 20°C, на 42,6% территории – минус 25°C и на 10% территории – минус 40 или 45°C.

При низкой температуре окружающего воздуха изменяются свойства эксплуатационных материалов (масел, топлива, охлаждающих жидкостей), находящихся в тракторе, в результате чего создаются неблагоприятные условия для работы его основных механизмов, особенно двигателя.

Условия эксплуатации двигателей внутреннего сгорания начинают ухудшаться, когда температура окружающего воздуха становится меньше 5°C.

В зимнее время в основном работают гусеничные дизельные тракторы, в частности у которых, усложняется пуск двигателя [2].

Важнейшим условием эффективного использования тракторов, особенно в холодное время, является обеспечение нормального функционирования моторно-трансмиссионной установки (МТУ). Однако реализация потенциальных возможностей без частичной или полной потери работоспособности часто не достигается в связи с пониженным или повышенным тепловым режимом функциональных систем. При этом снижается эффективная мощность и повышается интенсивность износа двигателя, возрастают потери холостого хода в трансмиссии, что значительно ухудшает показатели производительности и топливной экономичности машинно-тракторного агрегата (МТА), увеличивает эксплуатационные затраты на подготовку трактора к работе [3].

На рисунке 1 представлена схема регулирования температуры рабочих жидкостей систем и агрегатов с применением теплообменника.

При низкой температуре атмосферного воздуха на режимах малых нагрузок и холостом ходу двигателя 1 сила давления отработанных газов, воздействующих на поршень 14 регулятора расхода 12, недостаточна для преодоления усилия пружины 16, и газовая заслонка 13 находится в открытом положении, обеспечивая максимальный расход газов через блок радиаторов 8, при этом жалюзи 9 закрыты.

Интенсивный прогрев радиаторов 4-7 в блоке радиаторов 8 будет наибольшим, отработанные газы выходят через активное сопло эжектора 10 установленного в выпускной трубе дизеля. На режимах эксплуатационных нагрузок, после прогрева двигателя, давление отработанных газов, воздействуя на поршень 14 регулятора расхода, сжимает пружину 16, при этом газовый клапан закрывается, а воздушная заслонка полностью открывается. При этом отработанные газы двигателя в блок радиаторов не поступают, т.к. клапан 13 закрыт, а жалюзи 9 открываются с помощью исполнительного механизма 22, к которому идет сигнал от электронного блока управления 21.

После прогрева радиаторов атмосферный воздух создает режим циркуляции навстречу воздушному потоку, создаваемому вентилятором 3, который осуществляет подвод свежего воздуха, после прогрева агрегатов и систем трактора, при открытии жалюзи после прогрева.

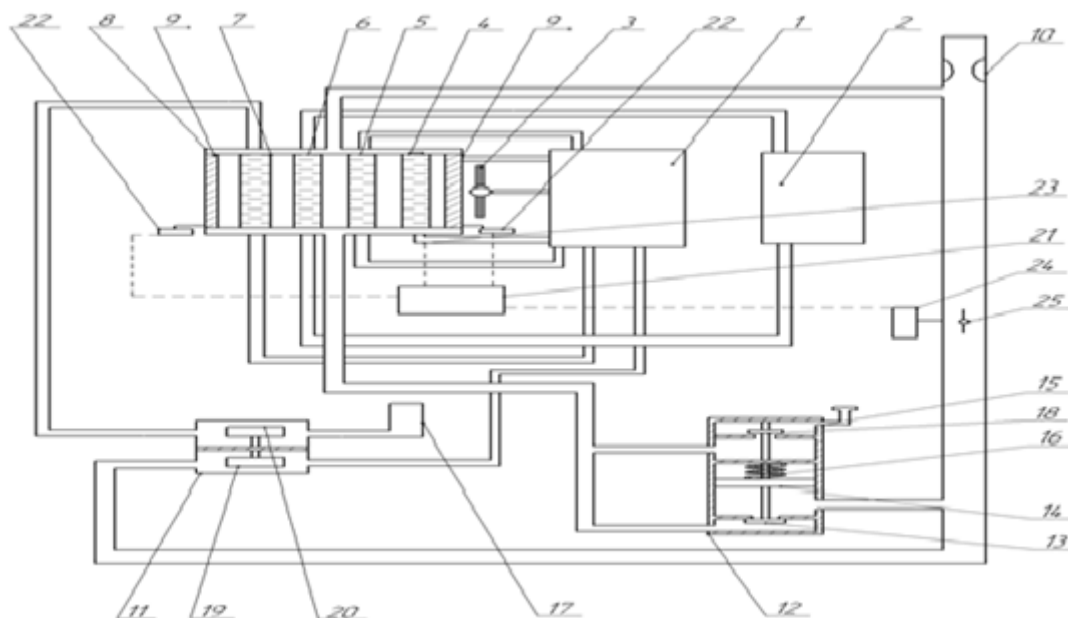


Рисунок 1 – Схема подключения теплообменника:

1 – двигатель; 2 – гидромеханическая трансмиссия; 3 – вентилятор; 4 – радиатор системы охлаждения; 5 – радиатор системы смазки ДВС; 6 – радиатор ГМТ; 7 – охладитель наддувочного воздуха; 8 – блок радиаторов; 9 – жалюзи; 10 – инжектор; 11 – турбина; 12 – регулятор расхода. от-

работанных газов; 13 – газовая заслонка; 14 – поршень; 15 – впускной трубопровод; 16 – пружина; 17 – впускной патрубок турбонаддува; 18 – воздушная заслонка; 19 – турбинное колесо; 20 – насосное колесо; 21 – электронный блок управления жалюзи; 22 – исполнительный механизм жалюзи; 23 – датчик температуры; 24 – исполнительный механизм теплообменника; 25 – заслонка.

Для того чтобы улучшить температурно-динамические характеристики при низких температурах окружающего воздуха, осуществлялся прогрев системы охлаждения отработанными газами. Полученные результаты теоретического эксперимента показали, что прогрев радиаторов обеспечивает повышение установившейся температуры рабочей жидкости. Одновременно с повышением установившейся температуры сокращается продолжительность прогрева рабочей жидкости до оптимальной температуры.

Для прогнозирования температуры окружающего воздуха, при которой силовой агрегат способен выполнять свои функции с допустимым снижением выходных показателей при прогреве систем и агрегатов трактора, проводился сравнительный анализ критической предельной температуры окружающего воздуха (t_0) при различных вариантах, позволяющих увеличить выходную мощность и значительно снизить удельный расход топлива. Так, при понижении t_0 до -35°C увеличение $N_{\text{вых}}$ составило 16 кВт (15,0%), а снижение $q_{\text{вых}}$ – 55 г/(кВт ч) (17%).

Анализ распределения температур окружающей среды за последние годы для центральных районов России показал, что реализация предлагаемого технического решения при низких температурах окружающего воздуха, позволяет повысить выходную мощность силового агрегата в среднем на 6,6 кВт и его экономичность – на 25,9 г/(кВт ч) (табл.1, рис. 2 и 3).

При расчете были использованы зависимости:

$$\Delta N_{\text{вых ср}} = \frac{\sum (N_{\text{вых } i} \cdot n_i)}{\sum n_i}; \quad (1)$$

$$\Delta g_{\text{вых ср}} = \frac{\sum (g_{\text{вых } i} \cdot n_i)}{\sum n_i}. \quad (2)$$

Таблица 1 – Показатели работы ДВС трактора

Температура окружающей среды, $t^\circ\text{C}$ (среднее за 4 года)	Приращение выходной мощности $\Delta N_{\text{вых}}$, кВт	Приращение удельного выходного расхода топлива $\Delta g_{\text{вых}}$, г/(кВт · ч)	Количество дней, n
1	2	3	4
-35	16	55	7

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
-30	12	46	19
-25	9,7	33	22
-20	6	24	23
-15	5	15	38
-10	3	12	36
-5	1,9	7	35
Среднее	6,6	25,9	

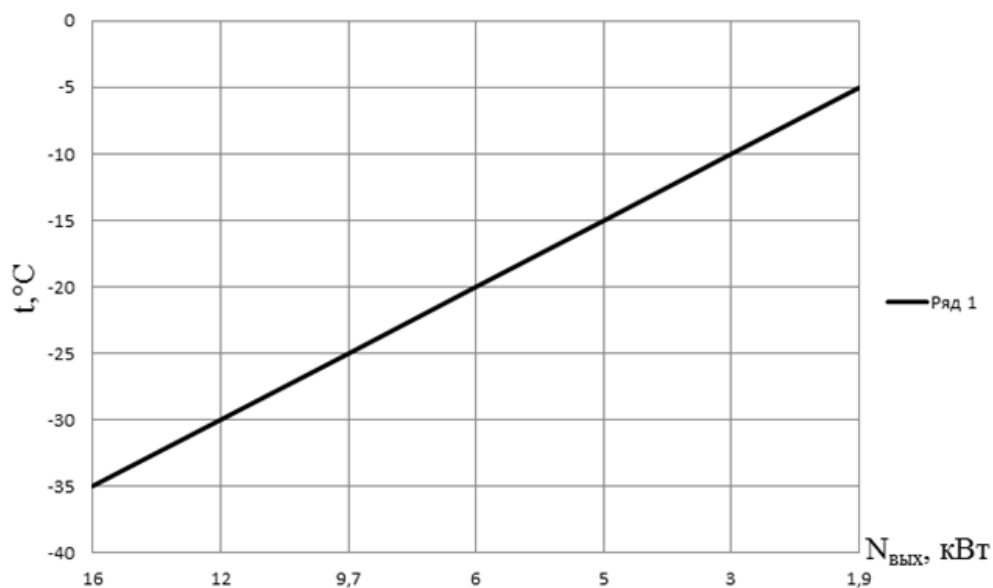


Рисунок 2 – Характеристика мощности при оптимизации температурных режимов агрегатов и систем трактора

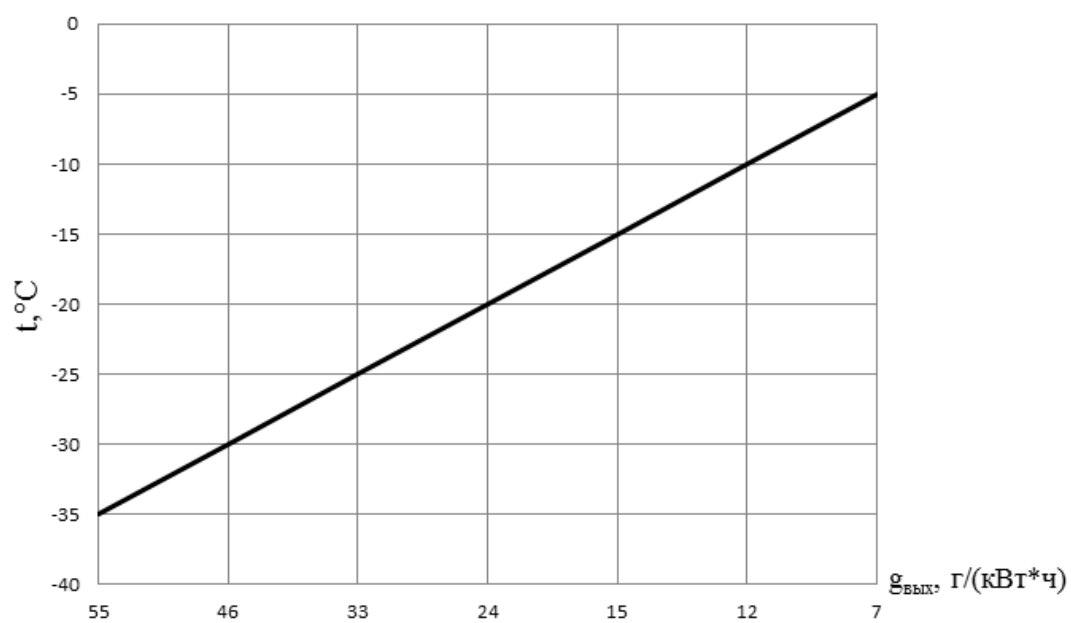


Рисунок 3 – Характеристика удельного расхода топлива при опти-

мизации температурных режимов агрегатов и систем трактора

Коэффициент повышения выходной мощности силового агрегата находим по формуле:

$$K_{N_{\text{вых}}} = \frac{\bar{N}_{\text{вых}}^{\text{пр}} - \bar{N}_{\text{вых}}^{\text{вкл}}}{\bar{N}_{\text{пр}}^{\text{вкл}}} \cdot 100\%; \quad (3)$$

Коэффициент снижения удельного выходного расхода топлива силового агрегата по формуле:

$$K_{g_{\text{вых}}} = \frac{\bar{g}_{\text{вых}}^{\text{вкл}} - \bar{g}_{\text{вых}}^{\text{пр}}}{\bar{g}_{\text{вых}}^{\text{пр}}} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Расчётные и экспериментальные зависимости изменения температуры во времени систем трактора при прогреве отработавшими газами представлены на рисунках 4 и 5.

Проведение эксперимента показало результаты, по которым приведены следующие зависимости.

При использовании теплообменника все системы моторно-трансмиссионной установки трактора при температуре окружающего воздуха.

- 27°C прогреваются до оптимальной рабочей температуры +75-80°C в течение 600 с (0,17 ч). В штатной системе прогрев достигается при тех же внешних условиях за 1500 с (0,42 ч), то есть в 2,5 раза медленнее. При температуре окружающего воздуха - 30°C и ниже и штатной системе охлаждения двигатель не выходит на оптимальный температурный режим из-за внешних факторов воздействия и конструкционных недостатков.

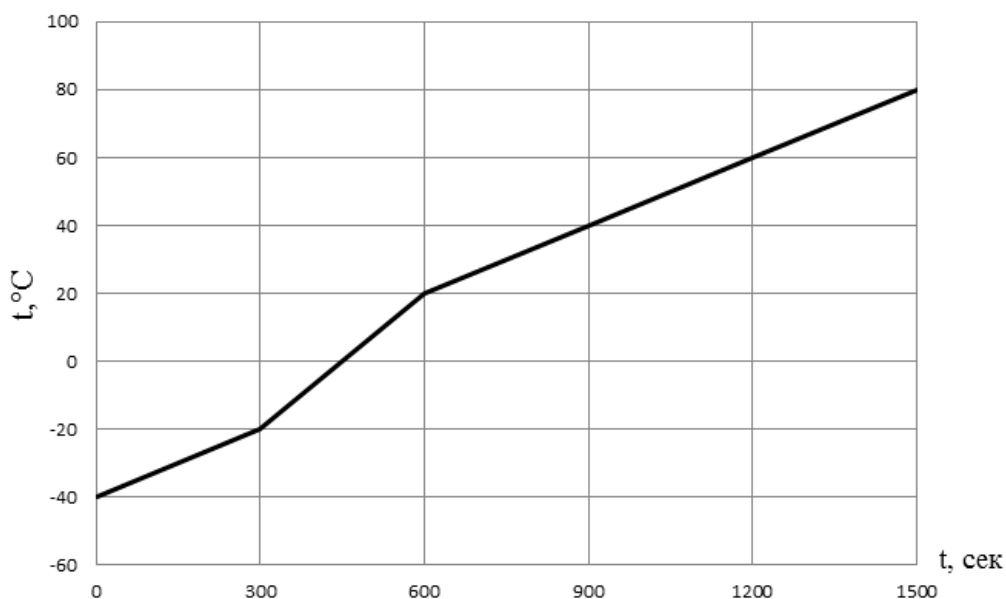


Рис. 4 – Расчетное изменение температуры во времени систем трак-

тора при прогреве отработавшими газами двигателя

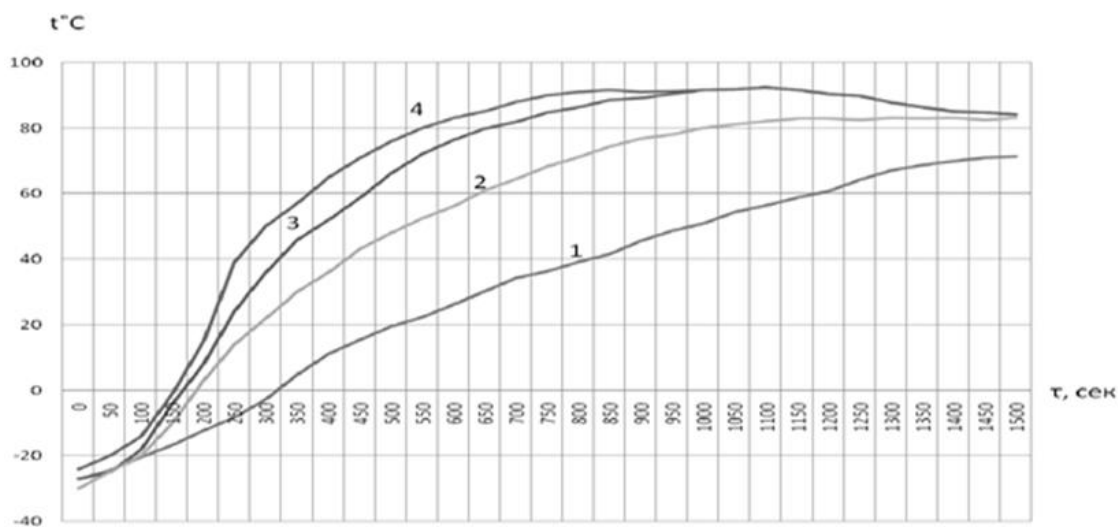


Рис. 5 – Экспериментальная зависимость изменения температуры во времени систем трактора при прогреве отработавшими газами двигателя:

- 1-характеристика прогрева стандартной системы;
- 2- характеристика прогрева с внедрением разработки при температуре -30°C ;
- 3- характеристика прогрева с внедрением разработки при температуре -27°C ;
- 4- характеристика прогрева с внедрением разработки при температуре -24°C .

Основной причиной низкой эффективности тракторов в процессе эксплуатации при низких температурах окружающего воздуха является ухудшение выходных показателей силовых агрегатов из-за пониженного теплового режима моторно-трансмиссионной установки трактора.

Для ускоренного достижения теплового режима тракторов предложена конструкция теплообменника, в 2,5 раза ускоряющего прогрев двигателя до рабочей температуры за счёт утилизации тепла отработанных газов.

Установлено, что при температуре окружающей среды -27°C температура охлаждающей жидкости достигает оптимальной ($75-80^{\circ}\text{C}$) за 1500 с, а при внедрении теплообменника время прогрева составляет 600 с.

Применение теплообменника позволяет обеспечить увеличение рабочего времени смены, снижение расхода ГСМ и уменьшение износов двигателя.

Список использованных источников.

1. Курасов В.С., Трубилин Е.И. Тракторы и автомобили, приме-

няемые в сельском хозяйстве: Учебное пособие. Краснодар: Кубанский ГАУ, 2011. – 132 с.: ил.

2. Родичев, В.А. Тракторы: Учеб. для учреждений нач. проф. образования. – М.: ПрофОбрИзда.т, 2001. – 256 с.: ил.

3. Батян В.И. К расчету температуры рабочей жидкости в гидромеханической передаче 1973. – 57 с.

4. Умиров Н.Т. Температурно-динамические качества комбинированной системы охлаждения. – Л.: Машиностроение, 1984. – 261 с.

THE HEATING SYSTEM OF THE TRACTOR

A.S. Krupkin, D.N. Abarencheva, A.A. Voinov

*FSBEI HE "Penza. State University"
Penza., Russia*

In this article, we consider a system that allows using exhaust gases to accelerate the heating of a diesel tractor at subzero temperatures.

Keywords: engine, temperature, cooling, regulation, warm-up time.

УДК 681.7.068

РАЗРАБОТКА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА БОЛЬШИХ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЛЯ СТАРТОВОЙ ПЛОЩАДКИ КОСМОДРОМА

А.Н. Кукушкин, Т.И. Мурашкина

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В данном докладе рассматривается альтернативная конструкция волоконно-оптического датчика больших угловых перемещений для стартовой площадки космодрома и перспективы его внедрения.

Ключевые слова: волоконно-оптический; датчик угла; угловое перемещение; ферма-опора.

В настоящее время на стартовых площадках космодромов при запуске ракет используются системы контроля угловых перемещений ферм-опор (рисунок 1).

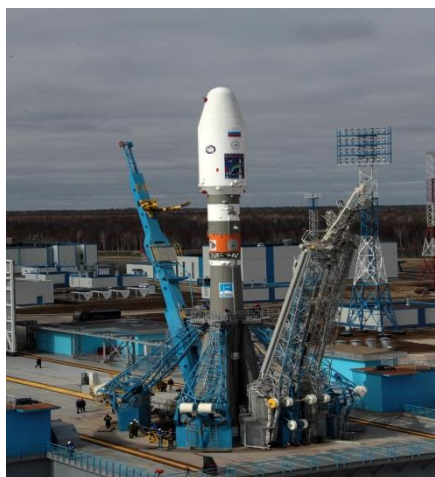


Рисунок 1 – Фермы-опоры на стартовой площадке

Для определения угловых перемещений используются тросиковые датчики угловых перемещений (рисунок 2), реализующие электромеханический принцип работы, что является не самым лучшим решением из-за недостаточной искро-взрыво-пожаробезопасности конструкции, чувствительности к помехам, вызванным электромагнитными импульсами различной природы.



Рисунок 2 – Внешний вид тросикового датчика угловых перемещений

Перспективно обеспечить внедрение волоконно-оптических датчиков угловых перемещений для решения задачи уменьшения массы измерительных средств и кабельных сетей, обеспечения повышенной искро-взрыво-пожаробезопасности и помехоустойчивости.

В ходе патентного поиска выявлены различные волоконно-оптические датчики угловых перемещений различных конструкций, в том числе и датчики наклона, но ни один из них не способен контролировать угол отклонения более чем на 10° (примеры на рисунках 3, 4).

На основании исследований возможных принципов преобразования измерительной информации в изменение параметров оптического сигнала

определено, что необходимо сконцентрировать усилия на разработке простых, надежных и универсальных с точки зрения конструктивных и схемных решений волоконно-оптических датчиков угловых перемещений.

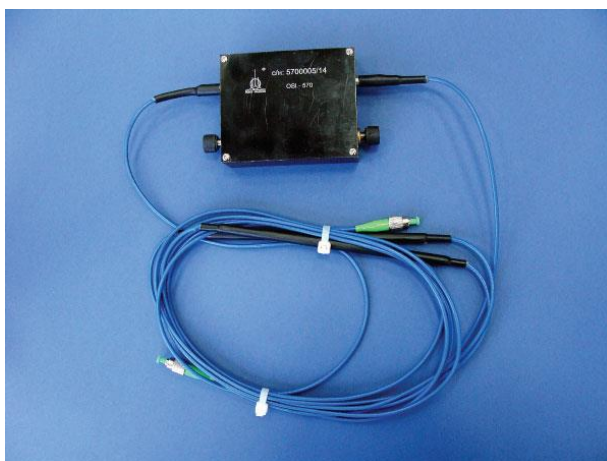
В связи с необходимостью улучшения мер безопасности на стартовых площадках космодромов была произведена разработка волоконно-оптического датчика больших угловых перемещений для контроля перемещений ферм-опор.



ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Диапазон измерений, град	10(±5)
Разрешение, град	0,002
Чувствительность, пм/град	500
Максимальная ошибка калибровки, град	0,05
Рабочий диапазон температур, °C	-20 ... +80
Диапазон длин волн, нм	1500 - 1600
Коэффициент отражения	>65
Материал корпуса	нержавеющая сталь
Тип соединения	по требованию
Габариты, мм	220x140x43
Вес, кг	3,3

Рисунок 3 – Волоконно-оптический датчик угла наклона ASTRO A541 и его характеристики



Технические характеристики

Параметр / Артикул	OSI - 570
Центральная длина волны, нм	1510 ± 1590
Тип датчика	концевой / проходной
Диапазон измерения, °	± 5
Разрешение, % FS	< 0.01
Точность измерения, % FS	< 0.1
Температурная компенсация	есть
Температурный рабочий диапазон, °C	-20 ÷ +80
Длина кабеля, м	1
Тип разъема	FC/APC
Габаритные размеры, мм (Д x Ш x В)	97 x 32 x 106
Способ крепления датчика	механическое крепление

Рисунок 4 – Волоконно-оптический датчик угла наклона OSI – 570 и его характеристики

Первая модель основывалась на принципе действия модуляции оптического сигнала при изменении углового положения линзы относительно рабочих торцов оптических волокон.

Исходя из уже известных конструкций, был выбран в качестве воспринимающего элемента маятник, в центре подвеса которого закреплен оптический модулятор в виде цилиндрической или шарообразной линзы. При изменении положения опоры, на которой неподвижно закреплен датчик, происходит отклонение маятника с линзой. Изменение положения линзы изменяет направление светового потока, благодаря которому становится возможным зафиксировать новое значение угла отклонения. Именно этот способ модуляции позволяет фиксировать угловые отклонения до 30°. Ход светового потока от подводящего оптического волокна (ПОВ) через линзу к отводящему оптическому волокну (ООВ) изображен на рисунке 5.

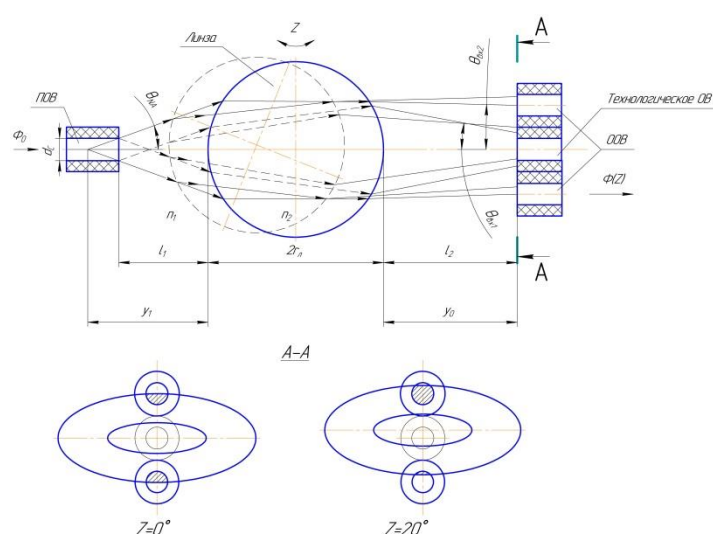


Рисунок 5 – Ход светового потока в датчике

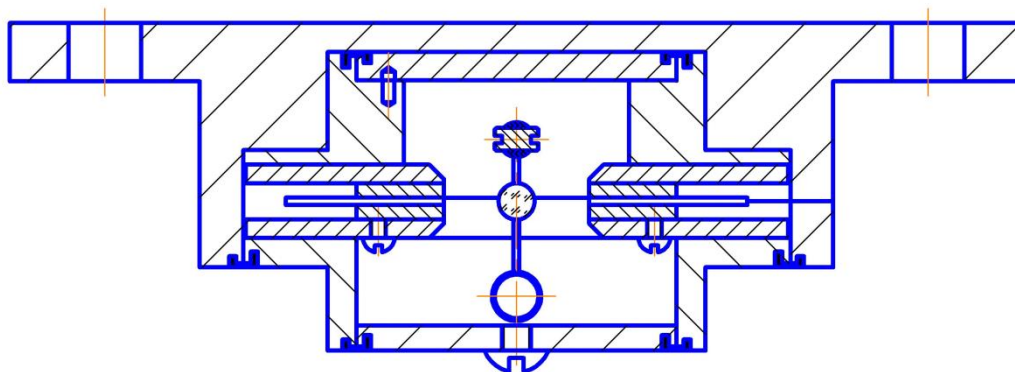


Рисунок 6 – Конструкция первой модели волоконно-оптического датчика больших угловых перемещений

Из-за сложности юстировки линзы на этапе сборки, было принято решение опробовать другие методы взаимодействия со светом. Одним из наиболее удачных методик оказался с применением аттенюатора.

Переработана конструкция маятника так, чтобы при изменении угла изменялась площадь отверстия, через которое проходит свет. За счет этого можно изменять мощность излучения. Как и в прошлой модели отклоняется опора маятника. Схема измерительного преобразователя датчика представлена на рисунке 7.

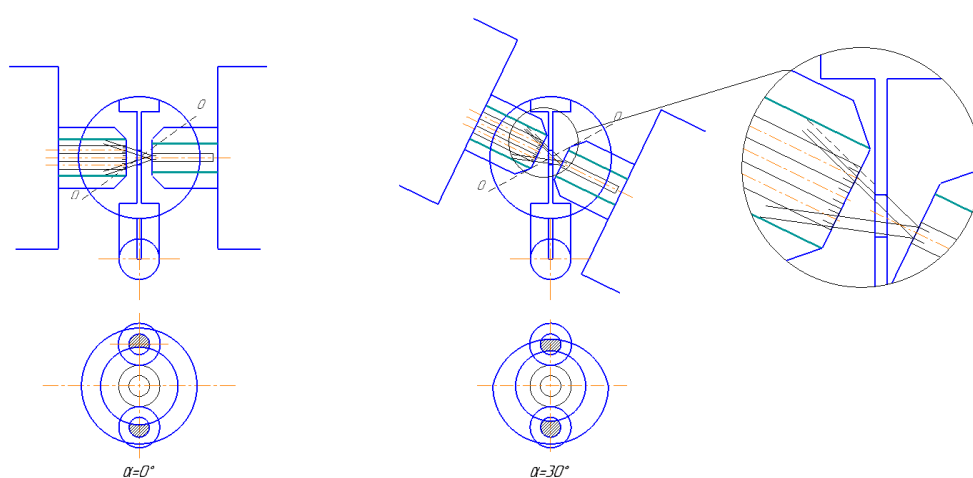


Рисунок 7 – Схема измерительного преобразователя

При разработке новой конструкции учитывается доступное на базе АО «НИИФИ» оборудование, оснастка, материалы и технологии производства. За счет особого процесса сборки будет упрощена юстировка аттенюатора (в сравнении методом модуляции). За счет перехода на керамические подшипники увеличится срок службы. Для транспортировки добавлен блокиратор маятника, в виде мембраны и винта. Предварительная конструкция представлена на рисунках 8, 9 и 10.

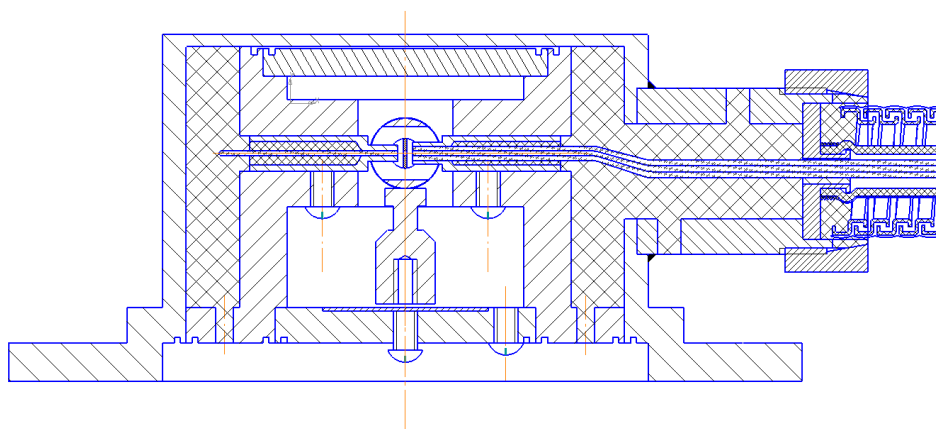


Рисунок 8 – Конструкция волоконно-оптического датчика больших угловых перемещений с применением аттенуатора

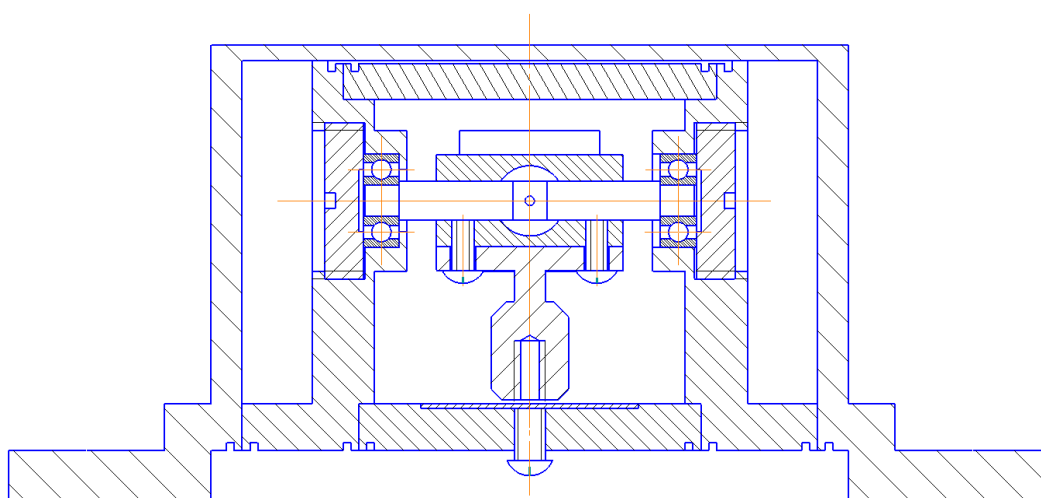


Рисунок 9 – Поперечный разрез датчика

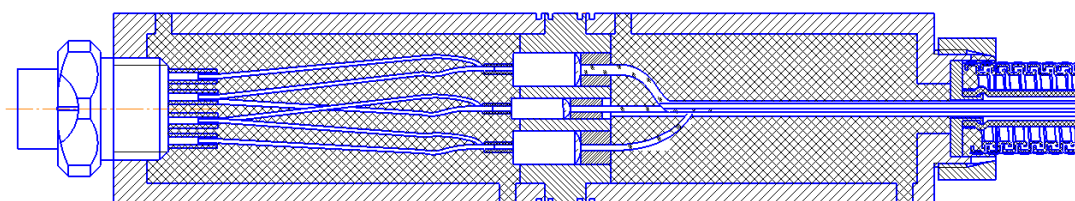


Рисунок 10 – Хвостовая часть датчика

Основными достоинствами является:

1. высокая чувствительность и быстродействие;
2. прочный герметичный металлический корпус, идеально подходящий для наружной установки датчика;
3. высокая помехозащищенность, нечувствительность к электромагнитным помехам, таким как СВЧ-поле, искровой разряд, магнитное по-

ле, электро-магнитные импульсы различной природы и любой интенсивности;

4. абсолютная электробезопасность, связанная с отсутствием электрических цепей между датчиком и регистрирующим модулем;

5. искро-взрыво- и пожаробезопасность.

Исследование проводится при поддержке Фонда содействия инновациям по договору № 679ГУЦЭС8-D3/63696 от 11.12.2020 г. В результате будет разработана новая конструкция и технологическая последовательность изготовления волоконно-оптического датчика больших угловых перемещений, имеющего ряд преимуществ перед устройствами, применяющимися на стартовых площадках космодромов в настоящее время. Безусловно, устройство имеет потенциал, как в модернизации, так и внедрения в другие отрасли промышленности. Таких как: нефтегазовая, атомная, военная. В перспективе создание линейки датчиков других физических величин с возможностью объединения их общую систему.

Список использованных источников.

1 Авторское свидетельство № 2310160, кл. G01B 11/26. Устройство для измерения угла наклона.

2 Авторское свидетельство № 2419765, кл. G01B 21. Волоконно-оптический преобразователь углового перемещения.

3 Авторское свидетельство № 2142117, кл. G01B 11/26. Микрорезонаторный волоконно – оптический датчик угловых перемещений

4 Авторское свидетельство № 2142615 , кл. G01H 9/00. Мультиплексная система автогенераторных микрорезонаторных волоконно - оптических датчиков физических величин

5 Авторское свидетельство № 2548397, кл. G01C 9/12, Маятниковый датчик угла наклона

6 Авторское свидетельство № 2440556, кл. G01C 9/06, Датчик угла наклона

7 Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1983.

8 Краткий физико-технический справочник; т 2. Под общей редакцией Яковлева К.П. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962.

9 Мурашкина, Т.И. Теория, расчет и проектирование волоконно-оптических измерительных приборов и систем: Учебное пособие. – Пенза: Издательство Пензенского государственного университета, 1999.

10 Гауэр Дж. Оптические системы связи: Перевод с английского - М: Радио и связь, 1989

11 Transformation of Signals in the Optic Systems of Differenzial-type Fiber-Optic Transducers / T.I. Murashkina, E.A. Badeeva, O.V. Yurova,

M.M.Savochkina, A. V. Motin // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – Vol. 11, Iss. 13. – P. 2853–2857.

12 Mathematical simulation of the optical system of a fiber-optic measuring micro motion converter with a cylindrical lens modulation element/T I Murashkina, AV Motin, E A Badeeva// Journal of Physics: Conference Series (JPCS): 012101 – January 2017. – Vol. 803(1).

13 Справочник конструктора опτικο-механических приборов. В.А. Ганов, М.Я. Кругер, В.В. Кулагин и др.; Под общей редакцией В.А. Панова. – Л: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1980.

14 Спецвыпуск «ФОТОН-ЭКСПРЕСС» Наука № 6_2005 ВОЗМОЖНОСТИ, Задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении В.Б. Гармаш, Ф.А. Егоров, Л.Н. Коломиец

15 Журнал «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки» № 2 (42), 2017, Проблемы механической обработки корпусных деталей специзделий С. А. Нестеров, Д. А. Акимов, Н. Е. Артемова, А. С. Лемин

16 Журнал «Надежность и качество сложных систем» № 2 (18), 2017, Оценка вероятности безотказной работы по результатам испытаний, не давших отказы, В.С Михайлов.

17 Журнал «Надежность и качество сложных систем» № 4, 2013, Модернизированная волоконно-оптическая система измерения уровня жидкости, И.Т Назарова, Д.И. Серебряков, Т.Ю. Бростилова, Т.И. Мурашкина

18 Журнал «Надежность и качество сложных систем» № 1, 2013, Волоконно-оптический датчик деформации, С.А. Бростилов, Т.Ю. Бростилова, Мурашкина Т.И.

DEVELOPMENT OF A FIBER-OPTIC SENSOR OF LARGE ANGULAR DISPLACEMENT FOR THE LAUNCH PAD OF THE COSMODROME

A.N. Kukushkin, T.I. Murashkina

*Penza State University
Penza, Russia*

This report discusses an alternative design of a fiber-optic sensor of large angular displacement for the launch pad of the cosmodrome and the prospects for its implementation.

Key words: fiber optic; angle sensor; angular movement; support farm.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭМУЛЬГИТРОВАНИЯ И АКТИВАЦИИ ЖИДКОСТИ

Н.Е. Курносов, А.А. Вайчук, А.В. Модяков, С.А. Сысоев

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье рассматриваются способы получения, подачи, возможности использования водотопливной эмульсии мелкой дисперсности в качестве топлива, предлагается новое техническое решение.

Ключевые слова: подача топлива, водотопливная эмульсия, диспергация, увеличение КПД, экологические свойства.

В настоящее время большинство автопроизводителей стремятся улучшить характеристики двигателя: повысить экологические параметры, увеличить КПД, снизить расход топлива.

Одним из перспективных способов повышения общих характеристик автомобиля является применение активированной воды. Существует ряд научно доказанных параметров, которые изменяются в ходе активации воды. К этим факторам относятся: увеличение октанового числа; уменьшение плотности и коэффициента поверхностного натяжения; увеличение процента сгораемого топлива; увеличение теплоты сгорания и температуры вспышки; уменьшение размера дисперсных частиц. Результатом воздействия активированной воды являются: снижение потребляемого топлива, увеличение мощности двигателя, уменьшение содержания CO, NO и CnHm в выхлопе, уменьшение уровня дымности отработавших газов, увеличение эффективности и долговечности деталей двигателя.[1] Активировать воду можно несколькими способами: вихревая активация – обретение новых свойств жидкости с помощью закручивания воды, магнитная активация – получение новых свойств жидкости с помощью применения магнитного поля, электрическая активация – обработка воды током, для образования новых свойств. Так же существует комплексная активация воды, которая включает вышеперечисленные методы. [2]

В настоящее время, широкое распространение в сфере улучшения топливных характеристик получила водотопливная эмульсия с активированной водой, которая создается с помощью специальных эмульгаторов и диспергаторов.

Существует достаточно много технологий и устройств, с помощью которых можно произвести активацию топлива и достичь эффективности его сгорания. [3]

Наиболее интенсивно проводятся исследования, связанные с приме-

нением водотопливных эмульсий, по двум направлениям:

- впрыскивание воды в камеру сгорания непосредственно перед воспламенением топлива;

- приготовление водотопливной эмульсии с заранее подобранным оптимальным составом воды и топлива с классическим впрыском. [4]

Известен ряд работ различных авторов по данной тематике с применением вихревых технологий.

Способ получения водотопливной эмульсии (Патент РФ № 2202406, МПК В01Р 3/08, опубликовано 20.04.2003), включающий подачу жидкого топлива и дополнительной воды, их смешивание и эмульгирование в гидродинамическом кавитационном устройстве для осуществления эмульгирования жидкого топлива. Полученную промежуточную эмульсию очищают в многосекционном устройстве, каждая секция которого содержит ротор и статор. Этот способ отличается повышенной сложностью, снабжен специальными секциями с роторами и статорами и требует применения специального эмульгатора.

Л.В. Шелудько в патенте «Активатор жидкости» описывает устройство для активации жидкости (патент РФ № 2466941) [5]. Оно включает активатор жидкости и установку активизации процессов. Активатор жидкости включает трубопровод жидкости и активатор, состоящий из полого корпуса, тангенциальных сопел жидкого топлива, тангенциальных сопел и осевого отверстия для воздуха. Установка активизации процессов имеет рабочую трубу с ферромагнитными иглами и наружный электромагнитный индуктор. Недостатком этого устройства является его использование только для активации жидкости путем ее смешения с воздухом.

В работе Бирюка В.В. «Устройство для гидродинамического эмульгирования и активации жидкого топлива» представлено устройство для осуществления приготовления и подачи водо-топливной эмульсии, содержащее гидродинамический кавитационный аппарат эмульгатора, состоящий из трубопровода обрабатываемого жидкого топлива, трубопровода добавляемой жидкости, цилиндрического корпуса эмульгатора с верхней и средней кольцевыми полостями и внутренней полостью, верхняя и средняя кольцевые полости связаны тангенциальными соплами с внутренней поверхностью корпуса эмульгатора, трубопровод жидкого топлива соединен с верхней кольцевой полостью эмульгатора. Это устройство принято в качестве прототипа к предполагаемому изобретению. К недостаткам данного устройства можно отнести конструктивную сложность осуществления подачи и закрутки жидкости улиточно-сопловым способом. [6]

Одним из вариантов решения поставленной задачи является применение устройства для гидродинамического эмульгирования и активации жидкого топлива с его предварительной закруткой.

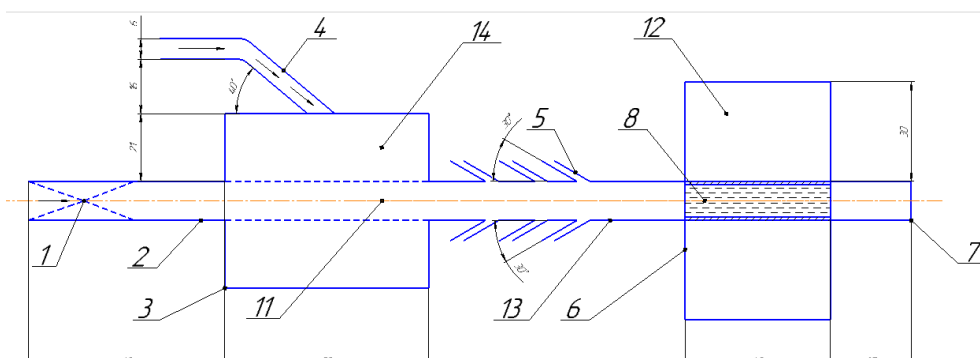


Рисунок 1 – Устройство для гидродинамического эмульгирования и активации жидкого топлива с его предварительной закруткой

Конструкция состоит из подводящей трубы добавочной воды 4, завихрителя 1, трубопровода жидкого топлива 2, корпуса эмульгатора 3, верхней кольцевой полости 14, внутренней полости 11, трубопровода кавитационной зоны 13 из немагнитного материала, тангенциальных воздушных сопел 5, установки активизации процессов 12, иголок 8 из ферромагнитного материала, корпуса электромагнитного индуктора 6, выхода топлива 7.

Устройство для гидродинамический эмульгирования и активации жидкого топлива работает следующим образом. Топливо попадает в завихритель 1 и закручивается, далее закрученное топливо по трубопроводу 2 подается в внутреннюю полость 11 корпуса цилиндрического эмульгатора 3. Добавочная вода по подводящей трубе добавочной воды 4 поступает в верхнюю кольцевую полость 14 эмульгатора и затем по тангенциальным соплам добавочной воды 9 подается ускоряясь во внутреннюю полость 11. Из нее активно перемешанное, вращающиеся жидкое топливо и добавочная вода поступает в трубопровод кавитационной зоны 13, в который через тангенциальные воздушные сопла 5 за счет образовавшегося разрежения вводится атмосферный воздух. Движущаяся вращающаяся смесь жидкого топлива, добавленной воды и воздуха подается по трубопроводу кавитационной зоны 13 в среднюю часть установки активизации процессов 12, где происходит ее интенсивное перемешивание вращающимися иглами из ферромагнитного материала 8, обеспечиваемое наружными электромагнитными индукторами 6. При этом достигается образование микродисперсной структуры жидкой смеси с многократным ускорением процессов окисления компонентов жидкого топлива и образованием микродисперсной структуры полученной жидкой смеси.

Считаем, что данное решение перспективно для применения в двигателях внутреннего сгорания с использованием различных видов топлива. В перспективе возможно применение на транспорте, использующее водородное топливо.

Список использованных источников.

1. Колтовой, Н.А. Альтернативная энергетика. Каталог книг / Н.А. Колтовой – Москва: Спутник+, 2019. – с.32.
2. Кульчицкий, А.Р. Улучшение экологических характеристик дизелей применением водотопливных эмульсий / Агтия А.М.А., Гоц А.Н. // Фундаментальные исследования. 2013. № 10 – 7 С. 1419 – 1422.
3. Патров, Ф.В. Использование водотопливной эмульсии при эксплуатации судовых ДВС / Вахромеев О.К. // Вестник Астраханского государственного университета. Серия: морская и техника и технология. 2009. № 1 С. 223 – 225
4. Курносов, Н.Е. Альтернативные источники энергии / А.А. Рвянин., А.А. Вайчук., С.А. Сысоев // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте. Сборник статей VI Всероссийской научно-технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием. 2020. С. 164 – 167.
5. «Активатор жидкости» Шелудько Л.П. пат. 2466941 Рос. Федерация МПК C02MF1/48.
6. «Устройство для гидродинамического эмульгирования и активации жидкого топлива» Бирюк В.В. пат. 2693942 Рос. Федерация МПК F025M25/022.

DEVICE FOR EMULSING AND ACTIVATING LIQUIDS

N.E. Kurnosov, A.A. Vaychuk, A.V. Modyakov, S.A. Sysoev

*FSBEI HE "Penza State University"
Penza, Russia*

The article discusses the methods of obtaining, supplying, the possibility of using a water-fuel emulsion of fine dispersion as a fuel, a new technical solution is proposed.

Key words: fuel supply, water-fuel emulsion, dispersion, efficiency increase, environmental properties.

УДК 620.91

СОЛНЕЧНЫЕ ВОДОГРЕЙНЫЕ УСТАНОВКИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ АВТОНОМНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ

К.П. Лесникова, А.К. Сокольский

*ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)»,
г. Москва, Россия*

В статье рассматривается применение солнечной энергии для удо-

влетворения потребности в горячем водоснабжении и отоплении жилых и промышленных зданий. Приведены типы водогрейных установок, а также принципиальные схемы с особенностью их применения.

Ключевые слова: солнечная энергия, водогрейная установка, солнечный коллектор.

В соответствии с энергетической стратегией России на период до 2030 года, инновационная и научно-техническая политика в энергетике по направлению "Возобновляемые источники энергии и местные виды топлива" включает следующие задачи:

- развитие технологий использования возобновляемых источников энергии, а также многофункциональных энергетических комплексов для автономного энергообеспечения потребителей в районах, не подключенных к сетям централизованного энергоснабжения;
- освоение эффективных технологий сетевого электро- и тепло-снабжения на базе возобновляемых источников энергии [1];

Развитие направления солнечной энергетики является особенно актуальным в рамках реализации энергетической стратегии.

Преимущество солнечной энергии в её доступности, а потому возможно для применения в регионах с высоким потенциалом, и выгодно с точки зрения энергонезависимости. В жилых и административных зданиях солнечную энергию в основном используют в форме тепла для удовлетворения нужд в горячем водоснабжении, отоплении, охлаждении, вентиляции, сушке и т.п.

Использование солнечного тепла с экономической точки зрения наиболее выгодно при создании систем горячего водоснабжения и в близких к ним по техническому воплощению установках для подогрева воды (в бассейнах, промышленных устройствах). Горячее водоснабжение необходимо в каждом жилом доме, сооружениях транспорта (в помещениях железнодорожных станций, пунктах отдыха локомотивных бригад и котельных), и, поскольку потребности в горячей воде относительно мало меняются в течение года, эффективность таких установок высокая и они быстро окупаются.

Что касается систем солнечного отопления, то период их использования в течение года короткий, в отопительный период интенсивность солнечного излучения низкая и соответственно площадь коллекторов значительно больше, чем в системах горячего водоснабжения и экономическая эффективность ниже. Обычно при проектировании совмещают систему солнечного отопления и горячего водоснабжения [2].

Солнечные водогрейные установки могут входить в системы горячего водоснабжения, в системы отопления или служить источником горячей воды и для горячего водоснабжения, и для отопления одновременно. Их можно классифицировать по разным признакам.

По условиям эксплуатации солнечные водогрейные установки под-

разделяют на:

- сезонные;
- круглогодичные.

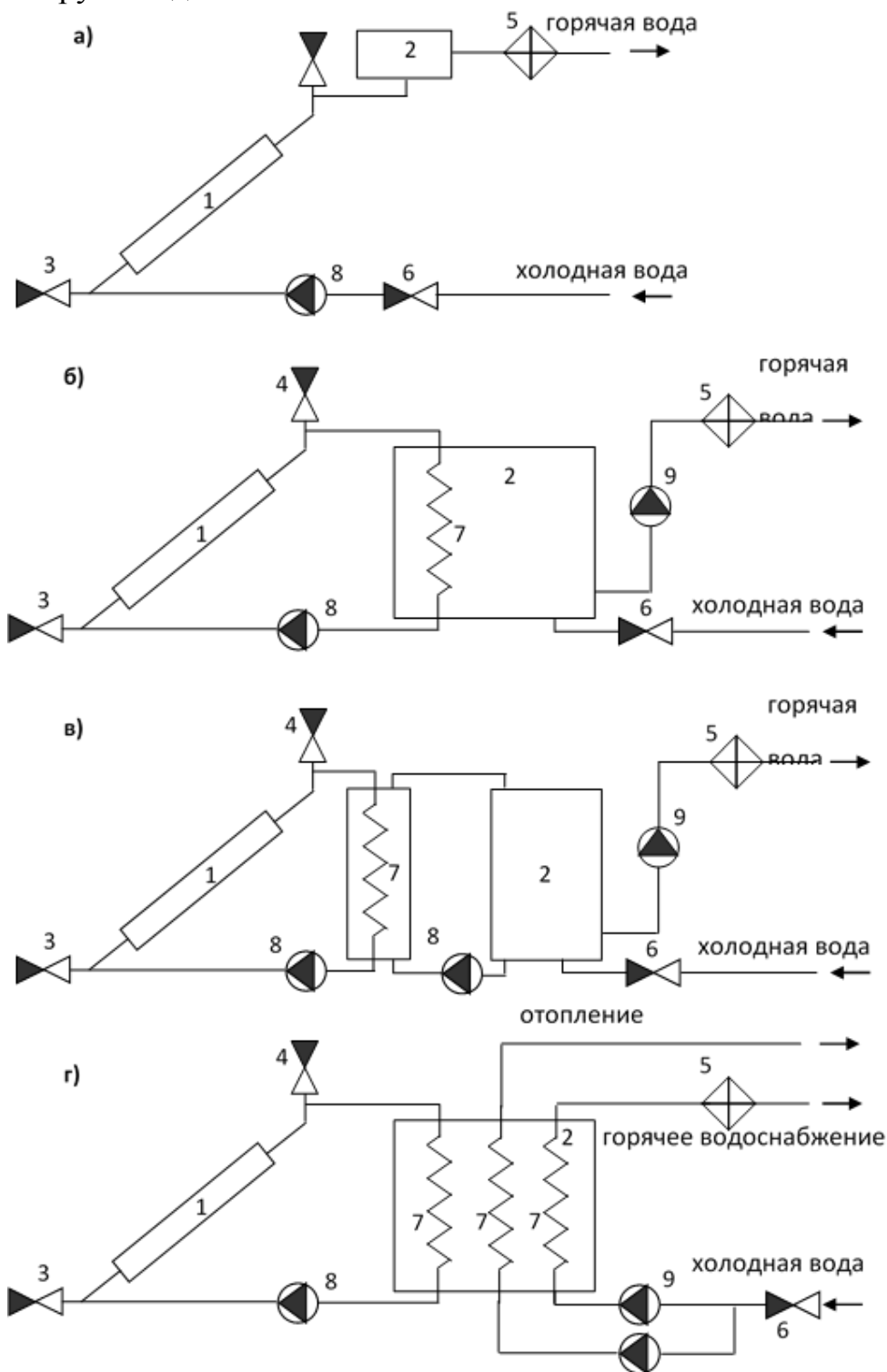


Рисунок 1 – Схема водогрейных установок с принудительной циркуляцией теплоносителя: одноконтурная (а), двухконтурная (б, в), многоконтурная (г);

1 – солнечный коллектор; 2 – аккумулятор тепла; 3 – клапан сливной; 4 – клапан воздушный; 5 – дополнительный нагреватель; 6 – клапан

холодной воды; 7 – теплообменник; 8 – насос циркуляционный; 9 – насос потребительской воды

По принципу организации циркуляции теплоносителя различают установки:

- с циркуляцией теплоносителя путем естественной конвекции (Рис. 3);

- с принудительной циркуляцией теплоносителя (Рис. 1-2).

По техническому решению установки подразделяют на:

- одноконтурные (Рис. 1 а);
- двухконтурные (Рис. 1 б, в);
- многоконтурные (Рис. 1 г) [3].

Состав водогрейной установки

В состав типичной водогрейной установки входят (Рис. 2): солнечный коллектор, бак-аккумулятор, расширительный бак, насос циркуляционный, проточный водонагреватель, трубопроводы и арматура (клапан сливной, клапан воздушный, обратный клапан, автоматический воздухоотвод, фильтр со сливом).

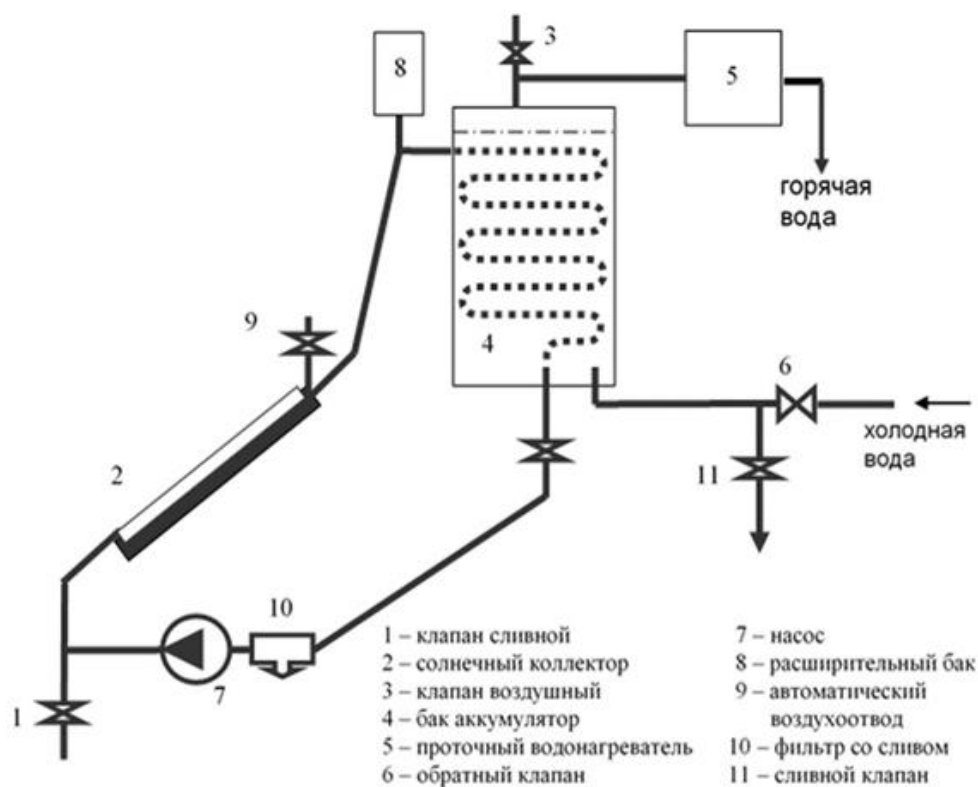


Рисунок 2 – Схема водогрейной установки с солнечным коллектором

Солнечный коллектор (коллектор солнечной энергии) – это устройство, непосредственно собирающее энергию солнечного излучения, падающего на его поглощающую панель, и преобразующее ее в тепловую энергию циркулирующей через устройство воды (или другого теплоносителя).

Водяной аккумулятор тепловой энергии служит для накопления и кратковременного хранения энергии солнечного излучения, преобразованной в тепло: периодичность поступления солнечной радиации в течение дня, не совпадает с периодичностью теплоснабжения.

Проточный водонагреватель предназначен для полного обеспечения потребителей горячей водой в случае недостатка тепловой энергии в аккумуляторе в период длительного дефицита солнечной радиации (например, из-за погодных условий), а также при необходимости подогрева воды до более высокой температуры.

Совершенно не нуждается в подводе электроэнергии солнечная водогрейная установка термосифонного типа, в которой происходит естественная циркуляция теплоносителя (Рис. 3). Непременным условием работы такой установки является более высокое положение бака-аккумулятора относительно коллектора солнечной энергии.

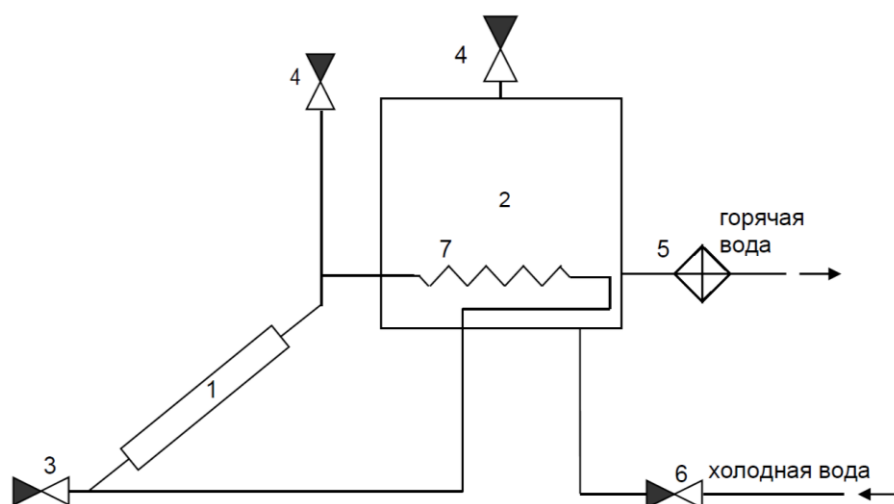


Рисунок 3 – Схема двухконтурной водогрейной установки с естественной циркуляцией теплоносителя:

1 – солнечный коллектор; 2 – аккумулятор тепла; 3 – клапан сливной; 4 – клапан воздушный; 5 – дополнительный нагреватель; 6 – клапан холодной воды; 7 – теплообменник

Нагретый в солнечном коллекторе 1 теплоноситель по подъемной трубе поступает в теплообменник 7, расположенный в баке-аккумуляторе 2, а по опускной трубе, охлажденный в аккумуляторе теплоноситель возвращается в нижнюю часть солнечного коллектора.

Системы с принудительной циркуляцией жидкости выгодны, поскольку для их создания можно использовать существующие водонагревательные системы, вводя в них приемник солнечного излучения и насос. Кроме того, в таких системах нет необходимости располагать накопительную емкость выше приемника, в том числе и на крышах строений. Другим

их достоинством является возможность интенсификации теплообмена, как в самом солнечном коллекторе, так и в теплообменнике аккумулятора тепла путем оптимизации скорости движения теплоносителя. Можно, в частности, приблизить среднюю температуру теплоносителя в солнечном коллекторе к входной температуре и благодаря этому снизить потери тепла из солнечного коллектора. Недостатком систем является зависимость от электроэнергии, потребляемой насосом, которая может быть дорогостоящей или может подаваться нерегулярно [4].

Для систем, используемых в домашнем хозяйстве, суточную потребность в горячей воде могут обеспечить резервуары объемом 100-200 л. Обычно скорость прокачки выбирают такой, чтобы температура воды повышалась примерно на 4 °С при каждом проходе через нагреватель. При этом используют наиболее дешевые центробежные насосы.

Установки с принудительной циркуляцией теплоносителя, безусловно, целесообразно использовать для горячего водоснабжения крупных объектов. В них нагревательный блок представляет собой большой массив модулей солнечных коллекторов. Эти установки имеют большую теплопроизводительность, но, как правило, они довольно сложны [5].

Активные системы преобразования энергии солнечного излучения в тепло, на основе солнечных коллекторов, требуют относительно малых капитальных вложений и минимума эксплуатационных расходов. По мнению специалистов, солнечные коллекторы являются самым универсальным и одним из наиболее перспективных устройств использования возобновляемых источников энергии для районов с достаточной солнечной инсоляцией. К таким районам можно отнести и юг Западной Сибири с большим количеством солнечных дней (в среднем 1936 часов солнечного сияния в год) и большим годовым поступлением солнечной энергии (4,6 ГДж/м²). Солнечные коллекторы, как дешевые и простые устройства, весьма привлекательны, и в первую очередь, для индивидуальных потребителей.

Солнечное излучение является неисчерпаемым источником энергии. Достижения современной науки и техники предоставили различные варианты конструктивных решений использования солнечной энергетики для повседневного генерирования тепла, однако потенциал технических разработок по взаимодействию с данным источником энергии еще далеко не исчерпан. Широкий выбор типов конструкций дает возможность для гибкого подхода в определении наиболее подходящего варианта, исходя из рассматриваемых условий применения, что в свою очередь, уже на сегодняшний день, не только формирует рассмотрение данной технологии, как конкурентно способной альтернативе повсеместно применяемых решений, но и даёт ясное представление о положительных перспективах развития и внедрение в хозяйственную деятельность в будущем.

Список использованных источников.

1. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р "Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года";
2. Алхасов, А.Б. Возобновляемая энергетика. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 256с.
3. Основы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии: учебное пособие / В. Я. Федянин, С. О. Хомутов, В. М. Иванов, И. А. Бахтина, Т. Ю. Иванова; под ред. В. Я. Федянина. – Барнаул : ООО «МЦ ЭОР», 2018. – 146 стр.
4. SolntsePek. Электронный ресурс. <https://solntsepek.ru/solnechnye-kollektory/solnechnaya-sistema-teplosnabzheniya.html>
5. Аква-Терм. Электронный ресурс. https://aqua-therm.ru/articles/articles_455.html

SOLAR HEATING SYSTEMS AS AN ALTERNATIVE METHOD FOR AUTONOMOUS HOT WATER SUPPLY AND HEATING

K.P. Lesnikova, A.K. Sokolskii

*Russian University of Transport (MIIT),
Moscow, Russia*

The article discusses the use of solar energy to meet the need for hot water supply and heating of residential and industrial buildings. The types of hot water-heating installations, as well as schematic diagrams with a feature of their application, are given.

Key words: solar power, water heater, solar collector.

УДК 621.791.037

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПРИ НАПЛАВКЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ

В.Д. Малышев, А.Д. Ерофеев, О.Н. Логинов

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье изложено исследование влияния стабильности электрических параметров при автоматической наплавке под флюсом на получение механических свойств и химического состава наплавленного металла. Стабильность электрических параметров достигается с помощью функции обратной связи.

Ключевые слова: наплавка, сварочный аппарат, износостойкое покрытие, электрические параметры.

Стабильность механических свойств наплавленного материала напрямую зависит от химического состава наплавляемого материала. При использовании дугового способа наплавки наплавляемый металл перемешивается с основным материалом, что приводит к образованию некоторой переходной зоны, которая влияет на получаемый химический состав наплавляемого металла. Поэтому для минимизации влияния основного материала применяют многослойную наплавку. Так, чтобы получить стабильные механические свойства на высоте 8 мм, необходимо наплавить около 4 слоёв. Но для обеспечения допуска при механической обработке, для формирования нужных геометрических размеров наплавки, часто выполняют 5 слоёв. Но при увеличении толщины наплавляемого металла, в нём начинает расти остаточные скалывающие напряжения и увеличивается вероятность появления в наплавленном слое различных дефектов, которые снижают механические и эксплуатационные свойства. Поэтому одной из важнейших характеристик для наплавки является доля основного металла (ДОМ) в наплавленном, при прочих равных условиях пропорциональная проплавлению основного металла. Так же уменьшение проплавления основного металла ведет к уменьшению использования материала, который чаще всего является дорогостоящим. [1]

Для исследования были проведены следующие работы: были наплавлены образцы из стали 08X18H10T. Требования к основному материалу соответствовали ГОСТ 5243-2014. Образцы наплавлялись проволокой Св-04X19H9C2 по ГОСТ 2246-70 диаметром 5 мм под флюсом ФЦК-28 по ТУ 10.1388.

Образцы первой опытной группы были толщиной 59 мм и наплавлялись на сварочном аппарате А-1406 с выпрямителем ВДУ 1201К. Контроль выбранных режимов проводился по сверенным приборам подключенных к сварочному аппарату.

Образцы второй опытной группы, толщиной 35 мм, наплавка осуществлялась на сварочном аппарате, управляемой системой ESAB PEK A2/A6 со сварочным источником питания ESAB LAF 1001.

Различие между первым и вторым источником заключается в том, что в первом случае параметры наплавки имеют номинальный характер, т.е. контрольные приборы показывают те параметры, которые «входят» на сварочный аппарат. Во втором же случае управляющая система оснащена функцией обратной связи. Она позволяет не только увидеть «входящие» параметры, но и отследить «исходящие» – это те фактические параметры, при которых ведется наплавка непосредственно на детали.

Параметры, которые влияют на протекание процесса наплавки можно разделить условно на электрические и кинематические. К электрическим параметрам относить сила тока и напряжение. К кинематическим па-

раметрам относиться скорость наплавки и скорость подачи проволоки. При чем из-за особенности наплавочного оборудования скорость подачи проволоки зависит от электрических параметров. В первом случае скорость подачи проволоки выставляется с помощью зубчатой передачи, в зависимости от выбранной силы тока и вовремя проведения наплавки остается постоянным. Во втором же случае система автоматически регулирует скорость подачи проволоки в зависимости от изменения силы тока.

Так же электрические параметры влияют на получаемые характеристики наплавки следующим образом: сила тока определяет глубину проплавления и долю участия основного материала в наплавленном слое. Напряжение и скорость сварки влияют на ширину наплавочной ванны. Чем шире наплавочная ванна – тем больше площадь соприкосновения расплавленного металла с флюсом, а значит большая степень легирования наплавляемого металла из флюса.

В совокупности данные параметры определяют химический состав наплавляемого материала, и, следовательно, позволяют получить определенные механические характеристики. В данном случае оценка механических свойств ведется по твёрдости полученного слоя наплавки.

Перед проведением исследования все контрольные приборы подвергались проверке. Так же наплавочные материалы перед началом опытных работ проходили испытания входного контроля, результат которых был положителен. Перед наплавкой флюс прокаливался для исключения влияния на наплавленный металл диффузионно-подвижного водорода. Температура прокалива составляла 540-600 °С, выдержкой 3 ч., согласно с рекомендацией завода-изготовителя.

Так же перед проведением наплавочных работ образцы были подогреты до температуры 300°С для предотвращения растрескивания наплавленного слоя. Более высокая температура предварительного нагрева вызывает снижение скорости охлаждения, что влияет на сложность отбития шлака, и увеличивает глубину проплавления основного металла.

Наплавка в первом случае велась по режиму $I_{св}=600$ А, $U_{д}=38$ В, $V_{св}=22$ м/ч, вылет электрода выдерживался в значении 40...50 мм. Наплавка проводилась до высоты 12 мм. Для этого потребовалось наплавить 5 слоёв. Фактически после наплавки высота наплавки составила 13,5 мм.

Наплавка во втором случае проводилась по режимам $I_{св}=600$ А, $U_{д}=38$ В, $V_{св}=22$ м/ч, вылет электрода так же выдерживался в диапазоне 40...50 мм. Наплавка так же проводилась до высоты 12 мм, но фактически было выполнено 4 слоя. Высота составила 12,5 мм.

Следующим этапом в технологии наплавки является термообработка. В данном случае термообработка нужна для снижения остаточного напряжения и стабилизации механических свойств для дальнейшей механической обработки. Режим термической обработки выбирается в зависимости от основного материала. Поскольку исследование проводится на образцах, выполненных из стали 08X18H10T, то термическая обработка

представляет из себя аустенизацию по режиму: нагрев до температуры $860 \pm 15^\circ\text{C}$, выдержка при этой температуре $2 \pm 0,5$ ч и постепенное охлаждение вместе с печкой до температуры 300°C , далее охлаждение выполняется на спокойном воздухе.

Следующим этапом образцы обрабатывались механическим путем, до высоты наплавки $8^{+0,5}$ мм для проведения замеров твёрдости и химического состава. Во время обработки второй образец потресал и от наплавки стали откалываться куски наплавки, и дальнейшую обработку выполнить не удалось, поэтому замер твёрдости проводился на высоте 10 мм.

Замер твёрдости проводился с помощью стационарного твердомера «ДИМЕД» по шкале Роквелла. Так же проводился замер химического состава с помощью оптико-эмиссионного спектрометра «МАГЕЛАН».

Так же для определения глубины проплавления проводились металлографические исследования.

На первом образце средняя твёрдость из пяти замеров составила 34 HRC, когда на втором образце средняя твёрдость из 5 замеров составила 56 HRC. При чем разброс твёрдости замеров в первом случае составил 5 единиц, когда во втором случае только 3. При сравнении химического состава было определено, что существенное различие заключается в процентном содержании кремния: в первом случае он составил $\text{Si} \approx 5,2\%$, во втором случае содержание кремния составило $\text{Si} \approx 7,2\%$.

Величина глубины проплавления велась по травлённой поверхности, и измерялась от линии основного металла до линии сплавления. В первом случае глубина проплавления составила 14,3 мм, во втором случае – 5,8 мм.

Из полученных результатов, можно сделать вывод: стабильность электрических режимов во время наплавки напрямую влияют на качество наплавленной поверхности. При одинаковых режимах наплавки количество легирующих элементов на втором образце, превысило их содержания в первом, что говорит о том, что даже при меньшем количестве наплавленных слоёв ДОМ была меньше.

Так как у второго образца возникли дефекты во время механической обработки, при условии, что в обоих случаях режимы были одинаковы, то следующим шагом необходимо разработать технологию наплавки, которая обеспечивает твёрдость в диапазоне от 29 HRC до 41 HRC. Для этого можно предпринять следующие меры: скорректировать режимы в меньшую сторону либо уменьшить количество слоёв, наплаваемых на основной металл.

Список использованных источников.

1. Влияние электрических параметров дуговой наплавки порошковой проволокой на стабильность процесса и проплавление основного металла/ Ю. Н. Ланкин, И.А Рябцев, В.Г. Соловьев и др.//Автомат. сварка. – 2014. – №9. – С. 27 – 31

2. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление/Пер. с яп. В.Н. Попова; Под ред. В. С. Степина, Н. Г. Шестеркина. – М.: Машиностроение, 1985. – 69 – 82 с.

3.

PRACTICE OF THE FEEDBACK FUNCTION FOR SURFACING A WEAR-RESISTANT COATING

V. D. Malyshev, A. D. Erofeev, O. N. Loginov

*FSBE HE «Penza state university»
Penza, Russia*

The article describes the study of the influence of the stability of electrical parameters during automatic submerged arc surfacing on obtaining the mechanical properties and chemical composition of the deposited metal. The stability of the electrical parameters is achieved using the feedback function.

Keywords: surfacing, welding machine, wear-resistant coating, electrical parameters

ББК 34.68

АНАЛИЗ ЖЕСТКОСТИ ПРИВОДА ПОДАЧ ТОКАРНОГО СТАНКА С ЧПУ

А.В. Мруг, Г.С. Большаков

*ФГОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

Выполнен расчет линейной и крутильной жесткости привода подачи станка с ЧПУ. Сравнение жесткости элементов привода, позволило определить пути совершенствования конструкции с целью увеличения жесткости.

Ключевые слова: привод подачи, числовое программное управление, шарико-винтовая передача, зубчато-ременная передача, жесткость, податливость, стык, опора.

Жесткость несущей системы станка определяется собственной жесткостью деталей и их стыков. В автоматизированном технологическом оборудовании и станках с ЧПУ на жесткость несущей системы также оказывают характеристики привода подачи. Поэтому при проектировании привода подачи кроме расчета по критерию несущей способности и долговечности необходимо выполнить проверку жесткости.

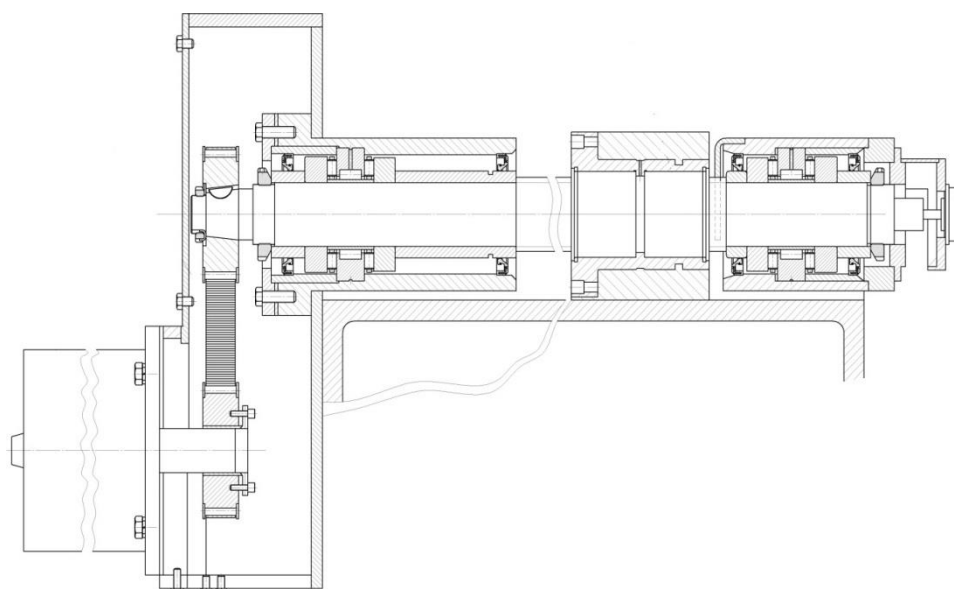


Рисунок 1 – Привод поперечной подачи

На рисунке 1 представлена схема привода подач токарного станка с ЧПУ. Жесткость привода определяется линейной жесткостью элементов привода (винт, шарико-винтовой механизм, упорный подшипник, нормально нагруженный стык фланец корпуса ШВП, касательно-нагруженный стык кронштейна ШВП и стола)

Податливость винта прямо пропорциональна х-длине растягиваемого участка ($x_{min} = 65$ мм; $x_{max} = 530$ мм); E - модуль упругости; S - площадь сечения винта [2].

$$c_2 = \frac{x_{min}}{ES} = \frac{65 \text{ мм}}{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 3,14 \cdot 28,35^2 \text{ мм}} = 0,13 \cdot 10^{-8} \text{ мм/Н};$$

$$j_2 = \frac{1}{c_2} = \frac{1}{0,13 \cdot 10^{-8}} = 7,69 \cdot 10^8 \text{ Н/мм} = 769$$

$$c_2 = \frac{x_{max}}{ES} = \frac{530 \text{ мм}}{2 \cdot 10^5 \cdot 3,14 \cdot 28,35^2 \text{ мм}} = \frac{530}{504\,737,73 \cdot 10^5}$$

$$= 0,1 \cdot 10^{-7} \text{ мм/Н};$$

$$j_2 = \frac{1}{c_2} = \frac{1}{0,1 \cdot 10^{-7}} = 10 \cdot 10^7 \text{ Н/мм} = 100 \text{ кН/мкм};$$

Касательная жесткость стыков кронштейн гайки корпус, определяется по формуле:

$$j_5 = c_\tau \frac{T}{S} = 0,1 \frac{3000}{18\,720} = 160 \frac{\text{Н}}{\text{мкм}} = 0,16 \text{ кН/мкм};$$

где: c_τ — коэффициент контактной касательной податливости; T - касательная сила, Н; S - площадь стыка, см².

Расчет жесткости стыка прямо в направлении кронштейн-суппорт производится по формуле [1]:

$$j_4 = c p_0^{m-1} p = 0,2 \cdot 0,5 \cdot 190,3^{-0,5} \cdot 208,6 = 1,5 \text{ кН/мкм};$$

где: c - коэффициент контактной податливости; m - показатель степени ($m=0,5$ для поверхностей, обработанных чистовыми методами); p_0 - пер-

воначальное давление в стыке; p - текущее давление в стыке.

$$p_0 = \frac{21000 \cdot 6}{6618} = 190,3 \text{ кг/см}^2 ;$$

$$p = \frac{21000 \cdot 6 + 12100}{6618} = 208,6 \text{ кг/см}^2 ;$$

Податливость крепежных винтов М12 винта прямо пропорциональна x -длине растягиваемого участка($x = 12$ мм); E - модуль упругости; S - площадь сечения винта.

$$c_2 = \frac{x}{ES} = \frac{1 \text{ м}}{2 \cdot 10^5 \cdot 3,14 \cdot 6^2} = \frac{12}{226,08 \cdot 10^5} = 0,05 \cdot 10^{-5} \text{ мм/Н};$$

$$j_2 = \frac{1}{c_2} = \frac{1}{0,05 \cdot 10^{-5}} = 2 \text{ кН/мкм};$$

Жесткость опор винта рассчитывается по формуле [1]:

$$j_{\Pi} = e_0 d_0 = 30 \cdot 5 = 150 \frac{\text{кН}}{\text{см}} \approx 1,5 \text{ кН/мкм};,$$

где для роликово-упорных подшипников $e_0 = 30$; $d_0 = 50$

Жесткость шарикового винтового механизма определяется по ОСТ2Р31-5-89:

$$j_3 = 1260 \text{ Н/мкм} = 1,26 \text{ кН/мкм}$$

Крутильная податливость ременной передачи определяется по формуле [4]:

$$e_{\text{рм}} = \frac{l_{\text{эф}}}{\alpha \cdot R^2 \cdot E \cdot F} = \frac{1,4}{1 \cdot 0,04^2 \cdot 0,02 \cdot 10000 \cdot 10^6} = \frac{109 \ 375}{10^6} = 0,027 \text{ рад/Нм}$$

где: $l_{\text{эф}}$ - расчетная длина ветви между шкивами, м; α - коэффициент, учитывающий условия работы передачи; R - радиус шкива, м; E - модуль упругости ремня, МПа; F - площадь сечения ремня, м².

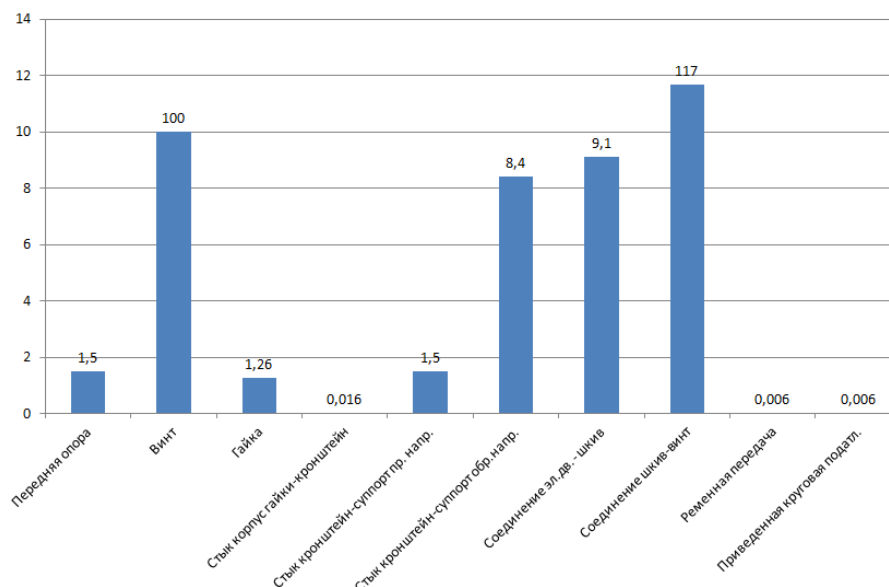


Рисунок 2 – Диаграмма жесткости элементов привода подачи.

Расчет соединения электродвигателя – шкив рассчитывается по формуле [4]:

$$em = \frac{K \cdot 10^{-5}}{K_{\text{дин}} \sqrt{n^3} d_{\text{max}}^3} = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{4,5 \cdot \sqrt{7^3} \cdot 0,3^3} = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{2,25} = 0,000008 \text{ рад/Нм.},$$

где: $K = 2$; $K_{\text{дин}}$ - динамический коэффициент, зависящий от свойств резины и амплитуды колебаний, среднее значение ($K_{\text{дин}} = 4 \dots 5$); n - твердость резины по Шору, ($n = 7$); d_{max} - наибольший диаметр соединенных валов, м.

Результаты расчетов жесткости элементов привода подач приведен в таблице 1. Наименьшей жесткостью обладает зубчато-ременная передача и касательный стык кронштейна гайки и корпуса. При этом уменьшить влияние недостаточной жесткости зубчато-ременной передачи возможно установкой кодового датчика обратной связи на заднюю опору ходового винта. В этом случае системы управления позволяет компенсировать упругие перемещения.

Для увеличения жесткости касательного стыка необходимо введение дополнительных элементов воспринимающих нагрузку в нормальном направлении и более точный расчет этого элемента.

Список использованных источников.

1. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных М54 втузов/Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с., ил.
2. Автоматические станочные системы / В. Э. Пуш, Р. Пигерт, В.Л. Сосонкин: Под ред. В.Э. Пуша - М.: Машиностроение, 1982. – 319 с., ил.
3. Левина З.М. Решетов Д.Н. Контактная жесткость машин. – М.: Машиностроение, 1971. – 264 с.,
4. Михеев И.И. Приводы главного движения и шпиндельные узлы металлорежущих станков. Учебное пособие. - Пенза: Пенз. гос. техн. ун-т. 1994 г. – 168 с.

ANALYSIS OF THE RIGIDITY OF THE FEED DRIVE OF A CNC LATHE MACHINE

A.V. Mrug, G.S. Bolshakov

*Penza State University
Penza, Russia*

The calculation of the linear and torsional stiffness of the feed drive of the CNC machine has been carried out. Comparison of the stiffness of the drive elements made it possible to identify ways to improve the design in order to increase the rigidity.

Keywords: feed drive, numerical control, ball screw transmission, toothed belt transmission, rigidity, compliance, joint, support.

СИСТЕМА СОДЕЙСТВИЯ ВОДИТЕЛЮ КАК СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДТП

Ю.Ю. Накашидзе, М.А Сазанов, А.О Захарова

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

Во всех странах мира необходимость сокращения дорожно-транспортных происшествий (ДТП) рассматривается как национальная проблема. Все это вызывает необходимость проведения анализа уже произошедших дорожно-транспортных происшествий с целью установления их причин и последующей разработкой эффективных мероприятий и созданием технических средств, способствующих снижению дорожно-транспортных происшествий (ДТП). В данной статье представлена одна из систем, предназначенная для уменьшения количества ДТП.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, безопасность, светофор, дорожно-транспортные происшествия.

Под дорожно-транспортным происшествием понимается событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, сооружения, грузы либо причинен иной материальный ущерб.

Аварийность на автомобильном транспорте в Российской Федерации, в том числе и в Пензенской области, является одной из острейших социально-экономических и демографических проблем[3]. Об этом наглядно свидетельствуют цифры аварийности, которые представлены на рис.1.

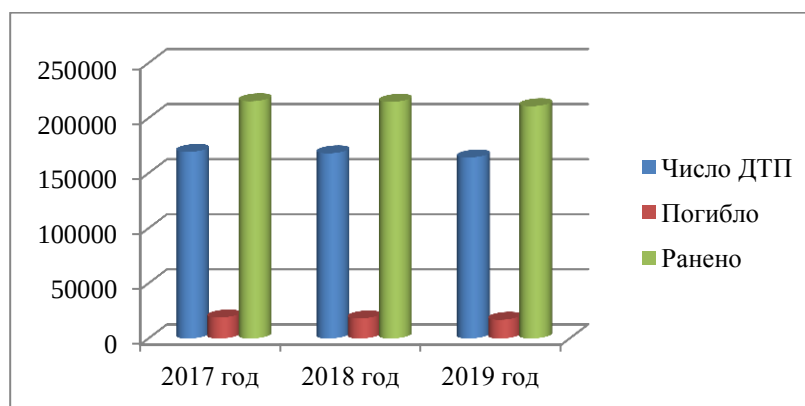


Рисунок 1 – Основные показатели аварийности в РФ

Анализируя статистические данные ГИБДД РФ, начиная с 2017 года,

мы видим снижение общего количества ДТП, числа погибших и раненых, что является положительной динамикой, несмотря на это, проблема аварийности на дорогах РФ остается важнейшей проблемой.

Причины возникновения дорожно-транспортных происшествий можно определить, как совокупность условий и обстоятельств возникновения ДТП, устранение которых сделало бы невозможным возникновение данного ДТП.

Под условиями возникновения дорожно-транспортных происшествий понимается совокупность технических характеристик и состояния автомобильной дороги, транспортных средств, водителя и окружающей среды в момент совершения ДТП. Обстоятельства возникновения ДТП – это действия (или бездействие) участников дорожного движения, иных причастных к ДТП лиц, а также другие события, имевшие место до момента и в процессе возникновения ДТП. Одним из способов уменьшения количества ДТП является внедрение для автомобильного транспортного средства системы содействия водителю [2].

Существует много видов системы содействия водителю, такие как например: ABS, ESP, AVC, DAC. В данной статье рассмотрим систему, которая в одном из вариантов реализации может включать в себя систему предупреждения столкновения с впереди идущим транспортным средством.

На благо системы работают три основные технологии: Data Fusion, Distance Alert и Pedestrian Detection System. Первая управляет элементами, обнаруживающими тревожную ситуацию, вторая — следит за статичными препятствиями и другими машинами, а третья – за людьми, которые могут появиться на дороге.

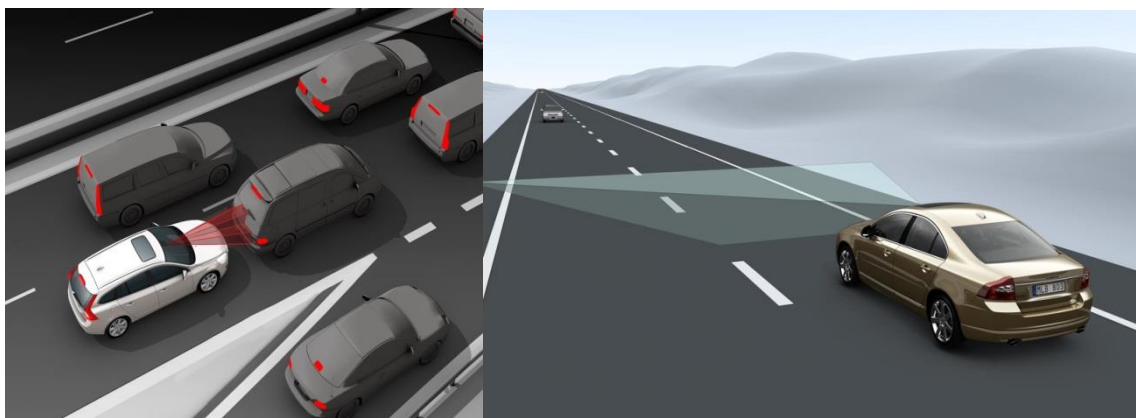


Рисунок 2 – Технологии, обнаруживающие тревожную ситуацию

Чтобы распознать опасную ситуацию и выдать предупреждение, используются специальные радары и камеры. В более старых системах были исключительно радары, которые не всегда правильно оценивали происходящее и автоматически активировали тормоза, когда это было совсем не

нужно. После жалоб водителей, не по своей воле замерших посреди оживленной магистрали и получивших справедливые нарекания других участников дорожного движения, разработчики принялись усовершенствовать систему и добавили камеры.



Рисунок 3 – Технологии, следящие за людьми

В стандартных системах для определения оправданности выдачи предупреждения с точки зрения неизбежности возможного столкновения, используется пороговое значение времени до столкновения. Это пороговое значение основано на текущей скорости оборудованного транспортного средства и относительной скорости сближения с целевым объектом, который находится на траектории, ведущей к столкновению. В общем случае пороговое значение определяется с помощью расчетного времени до ожидаемого столкновения. Пороговое значение времени обычно может быть больше, когда транспортное средство движется с большей скоростью [1]. При использовании заранее заданного порогового значения времени и относительной скорости сближения с целевым объектом аварийный сигнал будет генерироваться в тех случаях, когда целевой объект приблизится к транспортному средству на расстояние, равное относительной скорости, деленной на пороговое значение.

Предложенная система содействия водителю для автомобильного транспортного средства, которая следит за приближающимися объектами вокруг транспортного средства и выполняет процедуру по содействию водителю при обнаружении опасности столкновения с приближающимся объектом в соответствии с пороговым значением времени до столкновения. Пороговое значение времени до столкновения включает в себя номинальное значение или значение по умолчанию, которое корректируется в соответствии с несколькими измеряемыми параметрами транспортного средства и условиями движения. Соответствующие поправочные значения, полученные с помощью устройства контроля

нагрузки, устройства контроля торможения и устройства контроля рулевого управления, прибавляют к пороговому значению, если измеренные эксплуатационные параметры транспортного средства отличаются от ожидаемых значений. Процедура по содействию водителю может предусматривать подачу воспринимаемого предупреждения для предупреждения столкновений с впереди идущим транспортным средством, снижение скорости при использовании системы адаптивного круиз-контроля или включение тормозов при использовании системы управления тормозами. Пока что система совершенствуется и не является законодательно обязательным атрибутом автомобиля, но существенно облегчает жизнь водителю, в результате повышается безопасность движения.

Список использованных источников.

1. Патент RU 2665208 [Электронный ресурс] <https://www1.fips.ru>
2. Системы помощи водителю и безопасности автомобиля [Электронный ресурс] <https://www.tadviser.ru>
3. Статистика ДТП [Электронный ресурс]. URL: [//www.gibdd.ru](http://www.gibdd.ru)

DRIVER ASSISTANCE SYSTEM FOR A MOTOR VEHICLE

Y.Y. Nakashidze, M.A. Sazanov, A.O. Zaharova

*FSBEI of HE "Penza State University"
Penza, Russia*

In all countries of the world, the need to reduce road accidents is considered a national problem. All this makes it necessary to conduct an analysis of already occurred road accidents in order to determine their causes and then develop effective measures and create technical means to reduce road accidents (accidents).

This article presents one of the systems designed to reduce the number of accidents.

Keywords: Road transport, safety, traffic lights, road accidents

УДК 656.13

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ГОРОДСКИХ УЛИЦ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Ю.Ю. Накашидзе, Р.А. Атаев

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В данной статье рассмотрены вопросы оценки условий возникнове-

ния опасных дорожно-транспортных ситуаций из-за снижения безопасности движения по неровным дорожным покрытиям.

Ключевые слова: безопасность движения, ровность проезжей части, ДТП, толчкомер.

Безопасность дорожного движения в целом зависит от надежного функционирования системы «водитель – автомобиль – дорога – среда». В которой можно выделить подсистему «автомобиль – дорога», при ее функционировании учитываются эксплуатационные свойства автомобиля и параметры дорожного покрытия.

По статистике в России каждое пятое дорожно-транспортное происшествие происходит из-за неудовлетворительного качества дорог и улиц. В 2020 году (по данным Пензенской государственной инспекции по безопасности дорожного движения [1]) в г. Пенза зарегистрировано 777 ДТП с пострадавшими, в которых 1040 людей получили травмы разной степени тяжести и 27 людей погибло.

Исследования доказывают, что нарушение правил дорожного движения и ошибки водителей в управлении автомобилем являются главной причиной большинства происшествий. Эти нарушения и ошибки часто связаны с недостаточным качеством автомобильных дорог и являются одной из косвенной, а иногда и главной причиной происшествий.

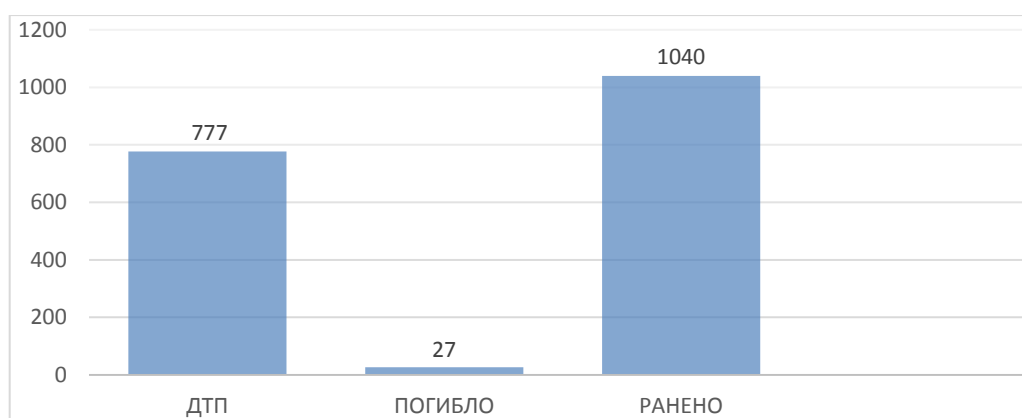


Рисунок 1 – Дорожно-транспортные происшествия с пострадавшими в г. Пенза за 2020 год.

В настоящее время одной из основных задач развития автомобильного транспорта и производства дополнительного оборудования к нему является изучение процессов взаимодействия транспортного средства с дорожным покрытием.

При проектировании продольного профиля дороги допускаются ощутимые переломы прямых отрезков без вписывания вертикальных кривых, на этом этапе формируется неровность дорожных покрытий. На этапе строительства покрытия или его ремонта формируются технологические

неровности до 40 – 60 см/км по толчкомеру [2]. Из-за деформаций и повреждений дорожного полотна под действием транспортных нагрузок и погодных условий, в процессе эксплуатации дорог ровность проезжей части ухудшается. ДТП только в редких случаях могут быть объяснены одной причиной. Каждое дорожно-транспортное происшествие совершается в результате неблагоприятного сочетания нескольких факторов, тесно связанных между собой.

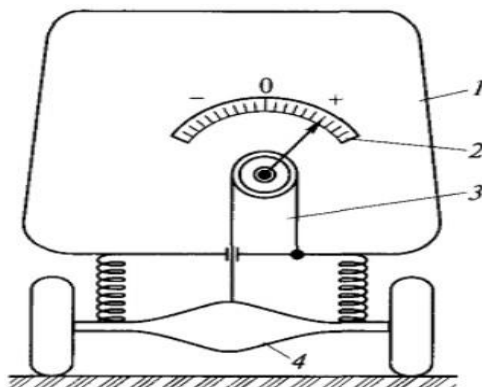


Рисунок 2 – Толчкомер ТХК-2

Для контроля ровности дорожных покрытий применяются различные приборы и методы. Наиболее точными являются приборы типа толчкомера, которые характеризуют взаимодействие автомобиля с дорожным покрытием, они широко распространены в России и в других странах. По большей части толчкомеры применяются при эксплуатационном контроле ровности, тем не менее их достаточно часто используют и при приемке дорог в эксплуатацию.

В зависимости от категории дороги производится нормирование ровности эксплуатируемых дорог.

Таблица 1 – Требования к проезжей части по ровности покрытий

Наименование показателя	Категория дороги		
	I	II	III
Ровность по толчкомеру, см/км	90	110	150

Особенности развития ДТП при движении по неровному покрытию осложняются колебаниями автомобиля с изменением вертикальной силы нагрузки от колес на покрытие.

$$G = G_0 + F_h = m \cdot g + \Delta G$$

где G – нагрузка на покрытие, кН; G_0 – собственный вес автомобиля, кН; m – масса автомобиля, кг, ΔG – дополнительная к весу автомобиля сила, обусловленная вертикальными колебаниями автомобиля при проезде неровности, кН.

Опасные дорожно-транспортные ситуации возникают, как правило, если сил сцепления шины с покрытием недостаточно для обеспечения устойчивого и управляемого движения автомобиля, то есть если движущая сила F превосходит силу сцепления шины с покрытием.

$$F > T_{\text{сц}} = \varphi \cdot G$$

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что для улучшения эффективности работы транспортных средств, перевозки пассажиров и скорости доставки грузов, безопасности движения, а также для снижения себестоимости перевозок необходимо повышение транспортно-эксплуатационных качеств улиц и автомобильных дорог. Для этого необходимо изменить нормативные требования к сцепным качествам и показателей по ровности при приемке дорог в эксплуатацию и эксплуатируемых дорог. Такая возможность в настоящее время имеется в связи с применением современных технологий, дорожных машин и качественных материалов.

Список использованных источников.

1. Управление ГИБДД УМВД России по Пензенской области. – Режим доступа: <https://gibdd-penza.ru>.
2. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1984, – 287 с.
3. Попова, Е. С. Повышение качества дорожного покрытия путем применения цементобетона. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://moluch.ru>.
4. Немчинов, М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобиля / М.В. Немчинов. – М.: Транспорт, 1985. – 231 с.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE QUALITY OF THE ROAD SURFACE OF URBAN STREETS ON ROAD SAFETY

Y.Y. Nakashidze, R.A. Ataev,

*FSBEI of HE "Penza State University"
Penza, Russia*

This article discusses the issues of assessing the conditions for the occur-

rence of dangerous road traffic situations due to a decrease in traffic safety on uneven road surfaces.

Keywords: traffic safety, flatness of the roadway, road accident, pusher.

УДК 656.052.5

ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ КАК ПРИЧИНА ПОЯВЛЕНИЙ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ю.Ю. Накашидзе, В.Ю. Марчигин

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье рассмотрены основные погодные условия и их влияние на безопасность дорожного движения. Предложено решение проблемы путем внесения в комплексную систему такого элемента, как информационного табло, которое используется для своевременного обеспечения информацией о погодных условиях.

Ключевые слова: дорожное движение, погодные условия, безопасность, аварийность, метеостанция

Различное изменение погодных условий во времена года могут сильно повлиять на дорожную ситуацию.

Летом, когда начинается дождь, на загрязненном асфальте образуется грязевая пленка из песка, пыли и горюче-смазочных материалов, а на раскаленном солнцем асфальте образуется паровая пленка, что резко уменьшает коэффициент сцепления колес автомобиля с поверхностью дороги. В итоге это приводит к увеличению тормозного пути. Также дождь и ливень способствуют ухудшению видимости, вызывают уменьшение коэффициента сцепления.

Еще существует опасное явление, как аквапланирование. Это явление, которое может возникнуть при движении автомобиля по дороге, покрытой слоем осадков. При достаточно высокой скорости и большой толщине водяной пленки в зоне контакта шин с дорогой появляется водяной клин, отрывающий колеса автомобиля от покрытия. Аквапланирование может серьезно снизить управляемость автомобиля при движении и уменьшить эффективность торможения. Поэтому водители стремятся выбрать оптимальную скорость движения в зависимости от конкретных погодных условий [1].

Особую опасность представляет собой туман. Сильный туман создаёт почти полное отсутствие видимости и ощущение изменения между предметами.

Ураганный ветер может оказывать боковое давление на автомобиль,

в результате чего – резкое изменение траектории.

Осенью и весной наиболее часто наблюдается влажное и мокрое покрытие и грязные, разрушенные обочины. И этот период характеризуется заморозками, ледяным дождем, снегопадом, лиственной подушкой на дороге (осенью), перепадом температуры. Это всё приводит к сильному уменьшению коэффициента сцепления колес с дорогой и к ухудшению видимости.

Огромное влияние на безопасность движения влияют зимние погодные условия. Зимние снегопады и оледенения дорожного покрытия значительно повышают вероятность ДТП. Из-за выпавшего снега происходит ограничение видимости и становится низкий коэффициент сцепления шин с дорогой. При возникновении скользкости, коэффициент сцепления автошин с поверхностью дорожного покрытия уменьшается до 0,08–0,15, что приводит к снижению безопасности движения. Ограничение видимости происходит при морозах, когда происходит обледенение лобовых стекол и боковых зеркал.

Характеристика видов и критериев опасных и неблагоприятных погодных явлений, учитываемых при планировании работ по зимнему содержанию автомобильных дорог, приведена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика видов и критериев опасных и неблагоприятных погодных явлений

Наименование погод-но-климатических явлений	Характер воздействия на производственную деятельность	Действия для снижения негативного воздействия
Снег, метель	Образование скользкости на дорогах	Организация дорожных работ, снижение скорости
Осадки: жидкие осадки, дождь	Уменьшение коэффициента сцепления	Информация об ограничении скорости движения. Планирование работ на дорогах
Ветер	Нарушение траектории движения транспорта	Осмотр дорог, вывод информации на табло; снижение скорости движения, уборка на дорогах;
Гололед	Уменьшение коэффициента сцепления, потеря маневренности	Информация об ограничении скорости движения
Метеорологическая дальность видимости	Снижение видимости	Информирование водителей, Ограничение движения

Исходя из данных таблицы 1 при возникновении неблагоприятных и опасных погодных условиях рассматривается снижение максимальной скорости движения транспортных средств для повышения безопасности дорожного движения. В результате этого появляется проблема предупреждения ситуаций и своевременное информирование участников дорожного движения.

По данным сведениям «О показателях состояния безопасности дорожного движения» на участке трассы М-5 «Урал» в Пензенской области за январь-февраль 2021 г. было совершено 28 ДТП [2], в которых 22 ДТП совершены при плохих погодных условиях, а именно при метели, снегопаде, дожде и при пасмурной влажной погоде в темное время суток.

Рассматривая зимнее время, по большей части причинами ДТП является неправильная выбранная скорость движения автомобиля и неблагоприятные погодные условия.

Резкий рост количества аварий на участке трассы М-5 «Урал» можно избежать из-за своевременного и непосредственного информирования водителей.

Своевременное информирование участников дорожного движения может быть организовано с помощью интеллектуальной транспортной системы, в которой должен иметься такой элемент, как информационное табло с содержанием информации о температуре окружающей среды, скорости автомобиля, и рекомендаций по безопасности движения. Табло представляет собой многофункциональное устройство. Во-первых, она частично заменит обычные дорожные знаки, во-вторых, позволит совершить обеспечение водителей актуальной информацией. На данное табло часть информации должна поступать из пунктов дорожного метеоконтроля в автоматическом онлайн режиме. Для обеспечения передачи гидрометеорологической информации можно использовать проводную или спутниковую связь. Принцип системы связи определен «Концепцией построения единой системы комплексного информационно телекоммуникационного обеспечения автомобильно-дорожной отрасли» [3]. Информационное табло содержит секцию с устройством визуального информирования водителя о его текущей скорости в автоматическом режиме. На табло имеется возможность вывода (удаленно оператором) информации о температуре покрытия и окружающего воздуха; символов дорожных знаков. Пример информационного табло представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид информационного табло

Такой элемент информирования позволяет водителю точнее оценивать условия дорожного движения и принимать соответствующие меры предосторожности.

Список использованных источников.

1) Роспотребнадзор. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: отраслевой дорожный методический документ / Роспотребнадзор. – М.: 2002. 10 с

2) Показатели состояния безопасности дорожного движения. Официальный сайт Госавтоинспекции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stat.gibdd.ru>.

3) Методические рекомендации по специализированному гидрометеорологическому обеспечению дорожного хозяйства. Отраслевой документ. 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// docs.cntd.ru](http://docs.cntd.ru)

WEATHER CONDITIONS AS A CAUSE OF EMERGENCIES

Y.Y. Nakashidze, V.Y. Marchigin

*FSBEI of HE "Penza State University"
Penza, Russia*

The article discusses the features of the road situation at different times of the year, presents the main weather conditions and their impact on road safety. A solution to the problem is proposed by introducing an element such as an information board into the integrated system, which is used to provide timely information on weather conditions.

Keywords: traffic, weather conditions, safety, accident rate, weather station

УДК 656.13

ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА УЧАСТКЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Ю.Ю. Накашидзе, М.А. Фадеева, В.О. Титов

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В данной статье производится оценка уровня шумового воздействия автомобильного транспорта, описываются возможные реакции организма

человека на шум, предложение возможных мероприятий по решению проблемы шумового влияния автомобильного транспорта.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, транспортный поток, шумовое воздействие, шум.

В настоящее время автомобильный транспорт занимает лидирующие позиции как основного средства перевозки грузов и пассажиров из-за своей маневренности и мобильности, так и с точки зрения наносимого ущерба экологии. Автомобильный транспорт – это основной источник загрязнения атмосферы. На его долю приходится 90% загрязнения воздуха, чуть меньше 50% шумового воздействия. Шумовое воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье человека – одна из важнейших проблем современного общества, решение которой нельзя откладывать «в долгий ящик».

Шум от автомобильного транспорта, движущегося по автомобильной дороге М5-Урал, на рассматриваемом участке Мокшан – Городище, который мы приводим в качестве примера, серьезно воздействует на людей, живущих вдоль этой дороги, и это социальная проблема, о которой нельзя молчать.

Вдоль трассы М5-Урал в пределах Пензы в районе Арбеково сейчас на этапе строительства находятся несколько жилых комплексов, а это значит, что через некоторое время несколько тысяч семей приобретет себе жилье в этом районе и будут обречены на вечный шум за окном, который не будет прекращаться не днем не ночью.

За последнее время средний уровень шума, производимый транспортом, увеличился на 12 – 14 дБ. Вот почему проблема борьбы с шумом в городе приобретает всё большую остроту. [4]

Шум в больших городах сокращает продолжительность жизни человека. По данным австрийских исследователей, это сокращение колеблется в пределах 8 – 12 лет. Чрезмерный шум может стать причиной нервного истощения, психической угнетённости, вегетативного невроза, язвенной болезни, расстройства эндокринной и сердечно-сосудистой систем. Шум мешает людям работать и отдыхать, снижает производительность труда.

Наиболее чувствительны к действию шума лица старших возрастов. Так, в возрасте до 27 лет на шум реагируют 46% людей, в возрасте 28 – 37 лет – 57%, в возрасте 38 – 57 лет – 62%, а в возрасте 58 лет и старше – 72%. (диаграмма 1).

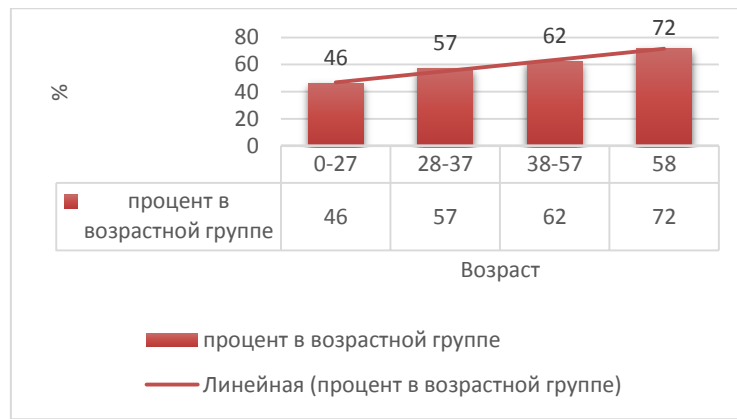


Диаграмма 1 – Зависимости восприятия людей к шуму от возраста

Большое число жалоб на шум у пожилых людей, очевидно, связано с возрастными особенностями и состоянием центральной нервной системы этой группы населения. Высокие уровни шума в городской среде, являющиеся одним из агрессивных раздражителей центральной нервной системы, способны вызвать её перенапряжение. Городской шум оказывает неблагоприятное влияние и на сердечно-сосудистую систему. Ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, повышенное содержание холестерина в крови встречаются чаще у лиц, проживающих в шумных районах. [4]

Шум в значительной мере нарушает сон. Крайне неблагоприятно действуют прерывистые, внезапно возникающие шумы, особенно в вечерние и ночные часы, на только что заснувшего человека. Внезапно возникающий во время сна шум (например, грохот грузовика) нередко вызывает сильный испуг, особенно у больных людей и у детей. Шум уменьшает продолжительность и глубину сна. Под влиянием шума уровнем 50 дБ срок засыпания увеличивается на час и более, сон становится поверхностным, после пробуждения люди чувствуют усталость, головную боль, а нередко и сердцебиение. Отсутствие нормального отдыха после трудового дня приводит к тому, что естественно развивающееся в процессе работы утомление не исчезает, а постепенно переходит в хроническое переутомление, которое способствует развитию ряда заболеваний.

Техническая категория автомобильной дороги М5-Урал в пределах Пензенской области – I Б категория. По территории Пензенской области интенсивность движения по М-5 «Урал» составляет около 20000 авт./сут. В целом по трассе интенсивность варьируется от 15000 до 44000 авт./сут и превышает расчетную в 5–7 раз. [5]

Для оценки уровня шума на трассе М5-Урал (участок Мокшан-Городище) можно воспользоваться формулой В. Н. Луканина и Ю. В. Трофименко:

$$L_{Aэкв} = 10 * \lg N_a + 13,3 * \lg V + 8,4 * \lg S_{ra} + 9,5,$$

где N_a – интенсивность движения, авт./сут

V – скорость движения, км/ч

S_{ra} – доля грузового и общественного транспорта в составе транспортного потока, % [5].

Итак, $L_{Aэкв} = 10 \cdot \lg N_a + 13,3 \cdot \lg V + 8,4 \cdot \lg S_{ra} + 9,5 = 10 \cdot \lg 30000 + 13,3 \cdot \lg 120 + 8,4 \cdot \lg 40 + 9,5 = 95,4 \text{ дБА}$

Согласно таблице 1 можно выяснить, что рассчитанный уровень шума превышает предельно допустимый.

Таблица 1 – Допустимые уровни внутреннего шума автотранспортных средств [2]

Автотранспортное средство	Допустимые уровни звука, дБ	
	до 01.01.2014	после 01.01.2014
1	2	3
<u>Автомобили и автобусы для перевозки пассажиров</u>		
Категория	78	77
Категория (вагонная или полукапотная компоновка кузова)	80	79
Категория , :		
на рабочем месте водителя	78	77
в пассажирском помещении автобусов классов В, II и III	80	79
в пассажирском помещении автобусов классов А и I	82	81
Категории , с расположением двигателя спереди или в зоне рабочего места водителя, в том числе вахтовые и другие специальные автобусы, изготовленные на шасси грузовых автомобилей	80	79
<u>Автомобили для перевозки грузов</u>		
Категория полной массой до 2 т	80	79
Категория полной массой от 2 до 3,5 т	82	81
Категории ,	82	81
Категории , (седельные тягачи, грузовые автомобили (при наличии спального места))	80	78
Полуприцепы, предназначенные для перевозки пассажиров	80	79
<u>Троллейбусы</u>		
на рабочем месте водителя	78	77
в пассажирском помещении	82	81

1	2
Транспортные средства с пневматическим приводом управления тормозными системами при истечении воздуха из пневмоаппаратов в кабину (пассажирское помещение) после их срабатывания	70

Длительное воздействие такого уровня шума (95,4 д БА) может привести к плачевным последствиям в будущем.

Рассмотрев, проанализировав и оценив уровень шума можно сделать выводы конкретно для этого участка дороги:

- с 625 км до 627 км необходимо возвести защитный экран, так как при его установке уровень шума с 95,4 д БА будет ослабевать до 65,4-53,3 д БА. Помимо звукоизоляции защитный экран выполняет функции своеобразного барьера от пыли [3];

- озеленение этого участка дороги, так как зональное насаждение деревьев тоже способно поглощать и рассеивать шум, деревья – природные звукоизоляторы, помимо этого они очищают воздух от токсичных газов;

- проведение двух вышеперечисленных мероприятий позволит существенно снизить уровень шума на участке Мокшан – Городище автомобильной дороги М5-Урал, а значит, повысит комфорт людей, проживающих в непосредственной близости к проезжей части;

- увеличить шумозащиту перекрытий и оконных заполнений в строящихся жилых комплексах на этом участке.

В целом для решения проблемы шумового воздействия транспортных потоков необходимо:

- уменьшить шум в самом источнике шума путем конструирования малошумных автомобилей (усовершенствованных глушителей и др.) и устройства малошумных дорожных покрытий;

- ужесточить государственный контроль за уровнем шума, который производят автомобили;

- совершенствовать методы ремонта, обслуживания и эксплуатации автомобилей с целью снижения уровня шума, производимого автомобилем.

Список использованных источников.

1. Хегай Юрий Александрович Проблемы экологической обстановки на автомобильном транспорте в Российской Федерации // Теория и практика общественного развития – 2014, 385-388с.

2. ГОСТ Р 51616-2000 Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний

3. ГОСТ 32957-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Экраны акустические. Технические требования

4. https://studwood.ru/1176355/ekologiya/avtomobilnyy_vliyanie_cheloveka
5. <https://bkdrf.ru/>

ASSESSMENT OF THE LEVELS OF NOISE IMPACT OF TRAFFIC FLOWS ON A ROAD SECTION

U.U. Nakashidze, M.A. Fadeeva, V.O. Titov

*FSBEI HE "Penza state University"
Penza, Russia*

This article discusses the level of noise impact of road transport is assessed, possible reactions of the human body to noise are described, and possible measures are proposed to solve the problem of noise impact of road transport.

Key words: road transport, traffic flow, noise exposure, noise.

УДК 656.338

ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ В РОССИИ

Ю.Ю. Накашидзе, А.В. Соколов

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный институт»
г. Пенза, Россия*

В статье приведены современные проблемы тормозящие эффективное развитие логистики на транспорте. Рассмотрены пути по оптимизации и устранению представленных проблем.

Ключевые слова: транспортная логистика, инфраструктура, перевозка грузов, логистическая система.

Россия владеет большой транспортной сетью, в которую входят: морской, речной, железнодорожный, автомобильный, воздушный и трубопроводный транспорт. Все эти виды представляют собой совокупность транспортных средств и путей сообщения, а также различных технических сооружений и устройств, гарантирующих эффективную и нормальную работу всех направлений транспорта. Особую роль в этом направлении занимает транспортная логистика.

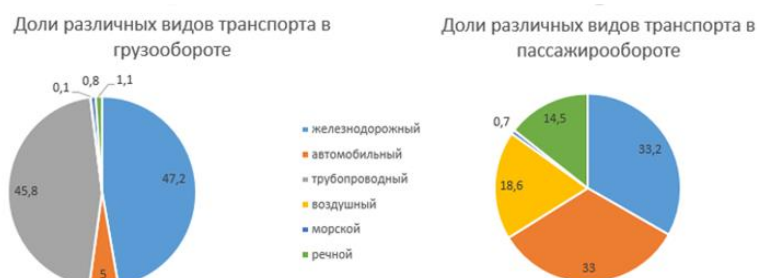


Рисунок 1 – Структура пассажирооборота и грузооборота в России

Развитие транспортной сети для нашей страны играет огромное значение. Транспорт, является одним из главных инструментов в получении социального благополучия, экономических и внешнеполитических целей. Важность является в том, что в нынешнее время эффективная логистика и транспортная система являются главными основаниями развития экономики. В конкурентной среде в наше время недостаточно предлагать продукт, который отвечает требованиям клиентов, важным является правильно выбранный способ доставки этой продукции. Быстрая и качественная доставка товаров поможет производителям работать более продуктивно, снизить затраты и заинтересовать больше новых клиентов.

Причины для активного развития логистики: быстрый рост затрат на перевозки, вызванный расширением географии деятельности предприятий; переход от рынка продавца к рынку покупателя: для дальнейшего продвижения товара на рынке стало необходимо улучшение работы в сфере распределения; развитие компьютерных технологий, позволяющих осуществлять обработку огромных массивов информации и обмениваться данными в реальном времени с минимальными затратами.

Основной проблемой развития логистики является несовершенство транспортной инфраструктуры. Особенно наглядно это проявляется, когда в доставке товара задействованы разные виды транспорта.

Проблемы медленного развития транспортной логистики:

- устаревание и износ транспортных средств;
- износ транспортной инфраструктуры – погрузочных материалов, дорог;
- низкие показатели работы – как из-за квалификации самих работников, так и в связи с плохим управлением (отсутствие контроля и поощрений, низкая зарплата);
- неправильное построение путей доставки;
- низкий показатель координирования между звеньями транспортной цепи.
- нехватка в составе отечественных транспортных парков современных транспортных средств, которые соответствовали бы показателю развития мировой экономики;
- расчёт безопасности перевозки – скорость перевозок у таких видов транспорта как: железнодорожный, авиационный, автомобильный достаточно высокая [<https://clck.ru/TjTLj>].

Все вышеперечисленные проблемы приводят к длительному сроку доставки груза от производителя к покупателю, большим расходам горюче-смазочных материалов, повышению временных и денежных затрат. Также создают угрозу для непрерывного развития транспортной системы в целом, что, замедляет экономический рост России, подрывает ее позиции на мировом рынке и тормозит развитие отдельных транспортных предприятий.



Рисунок 2 – Статистика грузооборота в России за 2015-2020г

Пути решения существующих проблем:

1. Анализ кадровой политики и подготовка квалифицированных специалистов логистики, которые будут определять особенности организации процессов внутри логистической системы.
2. Совершенствование логистических процессов, а именно процессов: распределения, транспортировки, складирования, отслеживания и маркировки продукции.
3. Внедрение современных информационных и цифровых технологий в логистические процессы.
4. Увеличение финансирования для обновления парка подвижного состава, замены изношенного автодорожного полотна, улучшения и постройки технико-технологического уровня грузовых терминалов.
5. Повышение производительности транспортных средств путем выбора наилучшего маршрута и автоматизации погрузки-разгрузки груза [<https://clck.ru/TjTwQ>].

Современный мир быстро развивается с помощью информационных технологий, поэтому любая сфера деятельности человека должна обновляться под современные стандарты. В большей степени это касается экономической деятельности современного общества. Общество хочет получать высококачественную продукцию и услуги, поэтому логистические процессы в экономической деятельности должны соответствовать современным требованиям. Важно рассматривать проблемы и пути их решения в совокупности, не пропуская ни малейшего звена этой цепочки.

Должны быть трансформации в логистике и на мировом уровне. В

данный момент требуется разработка ряда соглашений, а также проведение масштабной работы по развитию международной инфраструктуры. На сферу логистики негативно влияет ведение торговых войн и экономические санкции.

Преодоление этих проблем позволит стимулировать модернизацию транспортных маршрутов, наращивание объёма грузоперевозок, что снизит расходы на транспортировку продукции и расширит спектр оказываемых логистических услуг.

Подводя итоги, хочется подчеркнуть, что существует довольно немалое число проблем разного масштаба, относящихся к транспортным процессам, без решения которых Россия не сможет стать по-настоящему великой державой. Однако на данном этапе развития есть положительная тенденция развития и улучшения транспортной логистики страны, что в дальнейшем сможет сделать грузоперевозку максимально оперативной и эффективной.

Список использованных источников.

1. Федотенков, Д. Г. Основные проблемы и пути развития транспортной логистики / Д. Г. Федотенков. – Текст: непосредственный // Проблемы современной экономики: материалы. III Международная научная конференция (г. Челябинск, декабрь 2013 г.). – Т. 0. – Челябинск: Два комсомольца, 2013. – С. 168 – 171. – URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/92/4675/>
2. Громов Н. Н., Панченко Т. А., Чудовский А. Д. Единая транспортная система: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 2002. – 304с.
3. Аксенов И. Я. Единая транспортная система: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 383с.
4. Грищенко А. И., Панина И. С. Логистический менеджмент и инновационные процессы в экономике: монография. – Брянск: Изд-во ООО «Ладомир», 2009. – 216с.

PROBLEMS OF TRANSPORTATION LOGISTICS IN RUSSIA

Y.Y. Nakashidze, A.V. Sokolov

*FSBEI HE «Penza state University»
Penza, Russia*

The article presents modern problems that hinder the effective development of logistics in transport. Ways to optimize and eliminate the presented problems are considered.

Keywords: transport logistics, infrastructure, transportation of goods, logistics system.

ПРОБЛЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Ю.Ю. Накашидзе, Э.И. Расулов, А.С. Филин

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В данной статье рассматриваются проблемы, касающиеся технического совершенствования нерегулируемых пешеходных переходов.

Ключевые слова: пешеходный переход, дорожно – транспортное происшествие, безопасность.

Высокий рост числа автомобилей ведёт к повышению интенсивности движения, а также росту дорожно – транспортных происшествий. Также увеличивается и количество пострадавших пешеходов. Ежегодно в России происходит порядка 70 тысяч ДТП с участием пешеходов, в результате которых в 90% случаев пешеходы получают травмы, в 7,2% погибают [4]. Наезды на пешеходов составляют свыше 30 % всех ДТП с пострадавшими, а в крупных городах – свыше 50%. И достаточно часто (в 32% случаев) наезды на пешеходов происходят на нерегулируемых пешеходных переходах. Основная причина ДТП на нерегулируемых переходах с наездом на пешеходов – внезапное появление людей. В 86% случаев наезды происходят по вине водителей. Около 30% подобных ДТП связаны с неправильным выбором скорости движения [1].

Одна из главных причин ДТП на пешеходных переходах – это несоответствие обустройства пешеходных переходов современным требованиям, особенно в условиях недостаточной и ограниченной видимости (рис.1). Отсутствие или неправильное применение дорожных знаков не позволяет водителям своевременно сориентироваться в дорожной ситуации, а пешеходу – правильно выбрать место для перехода проезжей части.



Рисунок 1 – Необорудованный пешеходный переход

Стремительное развитие автотранспортного комплекса диктует и новые требования к техническому оснащению пешеходных переходов [3].

Выделяют несколько направлений оснащения:

- применение датчиков движения;
- применение датчиков веса;
- устройство кнопок подачи светового сигнала.

Первое оснащение – применение датчиков движения – эффективно, но требует внимательной проработки для разных ситуаций, так как датчики движения производятся нескольких типов. Инфракрасные обнаруживают изменения теплового излучения, поэтому человек на переходе будет зафиксирован в любое время суток. Однако они допускают ложные срабатывания, имеют небольшой интервал рабочих температур и невысокую точность, не обнаруживают объекты, покрытые не пропускающими инфракрасное излучение материалами. Преимуществами являются возможность регулировки дальности и угла обнаружения объектов и безопасность для здоровья.



Рисунок 2 – Инфракрасный датчик движения

Ультразвуковые датчики сканируют пространство с помощью неслышимого человеком ультразвука. Однако они вызывают дискомфорт у домашних животных, имеют невысокую дальность действия, срабатывают на резкие перемещения и не замечают медленных. В то же время они имеют невысокую стоимость, не подвержены влиянию окружающей среды, не зависят от материала объекта, работают при высокой влажности, запылённости и широком интервале температур.



Рисунок 3 – Ультразвуковой датчик движения

Микроволновые датчики излучают высокочастотные электромагнитные волны и регистрируют их отражение. Они имеют сравнительно высокую стоимость, допускают ложные срабатывания из-за реагирования на движение вне зоны контроля, представляют опасность для здоровья. В то же время данные датчики обнаруживают объекты за диэлектрическими препятствиями, не зависят от температуры, реагируют на мелкие движения и размеры объектов, могут вести мониторинг нескольких зон.



Рисунок 4 – Микроволновый датчик движения

Комбинированные датчики эффективно совмещают несколько технологий, так как в них недостатки одних технологий компенсируются достоинствами других. Анализ различных решений показывает, что для установки на нерегулируемых пешеходных переходах лучше всего подходят ультразвуковые и комбинированные датчики.

Второе направление, позволяющее своевременно предупредить водителей о появлении на проезжей части пешеходов – оснащение нерегулируемых пешеходных переходов панелями, при вступлении на которые сра-

батывает датчик веса [2]. Датчик веса учитывает даже малый вес, то есть может зарегистрировать, например, прохождение ребенка или небольшого животного. При срабатывании датчика веса включается подсветка, которая работает в течение времени, необходимого для безопасного преодоления пешеходом проезжей части.

В целом, для обеспечения безопасности нерегулируемых пешеходных переходов можно предложить ряд мероприятий:

- оборудование переходов искусственными неровностями;
- обозначение переходов яркой дорожной разметкой, в частности, встроенными в покрытие лампами и яркими дорожными знаками;
- установка дополнительного освещения на случай недостаточной видимости;
- дублирование дорожных знаков, предупреждающих о нерегулируемых пешеходных переходах;
- установка датчиков движения, срабатывающих, при параллельном движении и не срабатывающих при перпендикулярном движении.

Вместе с тем, не следует устраивать нерегулируемые пешеходные переходы на дорогах, с более чем одной полосой в каждом направлении. И достаточно эффективным может стать ввод дорожного знака, ограничивающего скорость перед нерегулируемыми пешеходными переходами и прекращающего действие после их проезда.

Таким образом, чтобы сократить число ДТП на нерегулируемых пешеходных переходах, необходимо не только соблюдать правила их перехода и проезда, не только вести профилактическую работу среди населения, но и совершенствовать техническое оборудование данных участков. Предлагаемые мероприятия в комплексе с другими профилактическими мерами будут способствовать повышению безопасности на дорогах.

Список использованных источников.

1. Россинская, Е.Р. Развитие института судебной экспертизы в современных условиях / Е.Р. Россинская. – М.: Норма, 2004. – 25 с.
2. Озорнин, С.П. Снижение риска наезда на пешеходов в условиях ограниченной видимости на пешеходных переходах / С.П. Озорнин, П.А. Ким, В.Г. Масленников // Автомобильные дела. – 2012. – №1. – С. 23–27.
3. Гольчевский, В.Ф. Сравнительный анализ факторов, влияющих на безопасность дорожного движения / В.Ф. Гольчевский, А.Р. Ермаков, С.Н. Думнов // Вестник ВСИ МВД России. – 2015 - №2 (73). – С. 61-70.
4. Официальный сайт ГИБДД МВД России. – URL: <http://www.gibdd.ru>.

THE PROBLEM OF TECHNICAL IMPROVEMENT OF UNREGULATED PEDESTRIAN CROSSINGS

Y.Y. Nakashidze, E.I. Rasulov, A.S. Filin

*FSBEI of HE "Penza State University"
Penza, Russia*

This article discusses the problems related to the technical improvement of unregulated pedestrian crossings.

Keywords: pedestrian crossing, traffic accident, safety.

УДК 534.1:539.3

ДИАГНОСТИКА ЦИКЛИЧЕСКИ СИММЕТРИЧНЫХ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

М.Н. Никифоров

*ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский
технический университет»
г. Иркутск, Россия*

В статье представлены результаты исследования влияния дефектов сварных соединений на собственные колебания сварной крыльчатки, представляющей собой циклически симметричную конструкцию. Численные эксперименты, проведенные с компьютерной моделью крыльчатки, показали, что даже при незначительных отклонениях от симметрии, вносимых в конструкцию дефектом (непроваром), наблюдаются значительные изменения в формах колебаний. Данный эффект позволяет легко диагностировать дефекты подобных конструкций при их производстве, эксплуатации и ремонте.

Ключевые слова: циклическая симметрия, крыльчатка, собственные колебания, дефект.

Сварные конструкции практически всегда содержат дефекты (поры, кратеры, прожоги, трещины, непровары и др.), которые, являясь концентраторами напряжений, часто становятся причиной разрушения конструкции при низких уровнях напряжений. Наибольшую опасность представляют дефекты в конструкциях, выполненных из материалов, проявляющих хрупкие свойства и работающих в условиях переменных (циклических) нагрузок. Сложность формы некоторых конструкций делает процесс их диагностики весьма трудоемким. В этой связи разработка эффективных способов диагностики металлических сварных конструкций является акту-

альной задачей.

Метод свободных колебаний основан на сравнении собственных частот колебаний эталонной и исследуемой конструкции. В литературе описаны случаи применения данного метода при определении дефектов в материале различных конструкций [1]. При этом для выбранных нескольких форм колебаний определяют собственные частоты колебаний конструкции. Разность значений резонансных частот эталонной и исследуемой конструкций говорит о наличии дефекта. Недостатком данного способа является то, что собственная частота колебаний – это характеристика конструкции в целом, и по ее изменению можно судить о наличии дефекта, однако же, указать место его расположения не представляется возможным.

В различных областях техники используются такие конструкции, в которых лопасти (лопатки) приварены к диску или валу ротора шовной или точечной сваркой. Примеры таких конструкций: крыльчатки промышленных вентиляторов, дымососов, воздуходувок и пр. Часто они являются крупногабаритными и имеют большое количество лопаток. Диагностика подобных конструкций – достаточно трудоемкий процесс. Все перечисленные выше конструкции относятся к классу циклически симметричных конструкций. Их колебания очень чувствительны к даже очень малым нарушениям симметрии, так называемой расстройке параметров. Причинами таких нарушений циклической симметрии конструкции могут быть дефекты при изготовлении (кратеры, прожоги, непровары, трещины и т.п.) или эксплуатационные повреждения (трещины, забоины, коррозионный износ, разрушение одной или нескольких сварных точек и т.п.). Наличие расстройки приводит к значительному изменению частоты и формы колебаний, при этом может наблюдаться значительная локализация колебаний, т.е. явление, когда часть конструкции (иногда только одна лопатка) совершает колебания с максимальной амплитудой, в то время как остальная часть крыльчатки практически неподвижна [2-7]. Локализация колебаний на низших модах может служить диагностическим признаком при диагностике подобных конструкций.

Модальный анализ заключается в определении собственных частот и форм колебаний конструкций. Для проведения модального анализа можно использовать метод конечных элементов (МКЭ), который является универсальным и наиболее широко применяемым численным методом. В соответствии с МКЭ уравнение свободных колебаний крыльчатки в матричной форме будет иметь вид:

$$M\ddot{\delta} + K\delta = 0,$$

где K - матрица жесткости модели, M - матрица масс модели, $\ddot{\delta}$ - вектор перемещений узлов конечноэлементной сетки, δ - вектор их ускорений. При этом матрицы K и M представляют собой квадратные матрицы размерностью n .

На рисунке 1 представлена модель 4-х лопастной крыльчатки с де-

фектом.

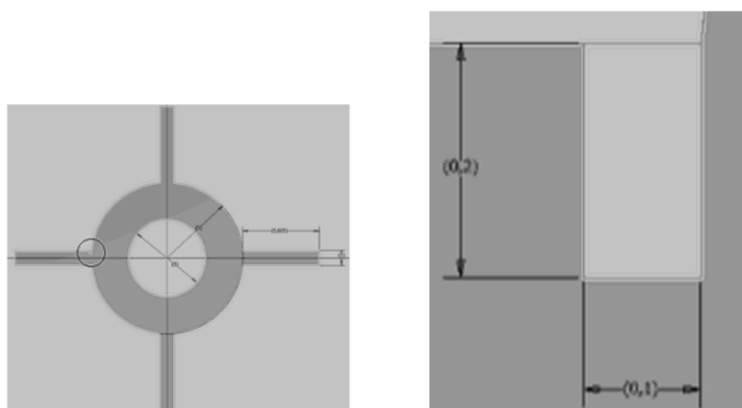


Рисунок 1 – Геометрия крыльчатки и дефекта

В программном комплексе Autodesk Inventor была подготовлена конечноэлементная модель и исследованы колебания данной крыльчатки. Материал крыльчатки – углеродистая сталь.

На рис. 2 представлены результаты расчета – первая (зонтичная) форма колебаний крыльчатки без дефекта и с дефектом. Хорошо видна локализация колебаний на лопатке с дефектом, которая колеблется с максимальной амплитудой, а остальные лопатки неподвижны.

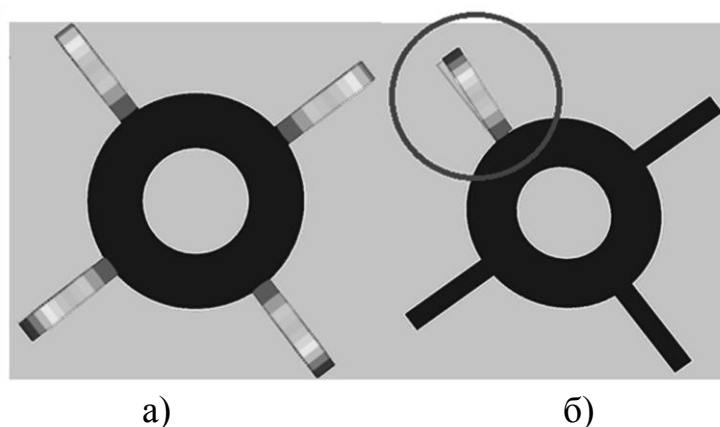


Рисунок 2 – Первая форма колебаний крыльчатки
а) – без дефекта; б) с дефектом

При этом частота колебаний изменилась незначительно.

Результаты проведенных исследований показали, что дефекты сварных соединений, такие как непровар, могут значительно изменять формы и частоты собственных колебаний сварных крыльчаток, приводя к значительной локализации колебаний на лопатке с дефектом. Данный эффект можно использовать при диагностике подобных конструкций, возбуждая в них колебания и сравнивая формы колебаний исследуемой крыльчатки с

формами колебаний ее идеальной симметричной модели, полученными с помощью компьютерного моделирования.

Список использованных источников.

1. Тютрин Н.О., Астафьева Н.А. Использование модального анализа при диагностике сварных циклически симметричных конструкций // Молодежный вестник, № 2 (3), 2011.

2. Уколов, А.С., Тюшкевич А.О., Кузякин А.О. Модальный анализ в диагностике сварных соединений // Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации). Материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. 2018. С. 287-294.

3. Рыжиков, И.Н. К оценке долговечности роторов газотурбинных двигателей В сборнике: Авиамашиностроение и транспорт Сибири. Сборник статей VI Всеросс. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 13 – 16 апреля 2016 г.). Иркутск, Изд-во ИРНИТУ, С. 288 – 294.

4. Рыжиков, И.Н. Экспериментальные исследования расстройки параметров моделей рабочих колес газотурбинных двигателей // Вестник ИрГТУ. 2014. № 12 (95). С. 53 – 57.

5. Репецкий, О.В., Рыжиков И.Н. Анализ тепловых полей и термонапряженного состояния деталей турбин // Вестник стипендиатов ДААД. 2001. № 1. С. 89 – 98.

6. Repetski O., Zainchkovski K. Sensitivity analysis for life estimation of turbine blades // Proceedings of the 1997 ASME ASIA Congress & Exhibition. editors: Anon. Singapore, Singapore, 1997.

7. Repetskiy O.V., Cuong B.M. Fatigue life prediction of modern gas turbomachine blades // Incorporating Sustainable Practice in Mechanics of Structures and Materials – Proceedings of the 21st Australian Conference on the Mechanics of Structures and Materials. 2011. С. 275 – 280.

DIAGNOSTICS OF CYCLICALLY SYMMETRIC WELDED STRUCTURES BY THE METHOD OF FREE VIBRATIONS

M.N. Nikiforov

*FSBEI HE «Irkutsk National Research Technical University »,
Irkutsk, Russia*

The article presents the results of a study of the influence of defects in welded joints on the natural vibrations of a welded impeller, which is a cyclically symmetric structure. Numerical experiments conducted with a computer model of the impeller showed that even with minor deviations from the symmetry introduced into the design by a defect (non-test), significant changes in

the vibration forms are observed. This effect makes it easy to diagnose defects in such structures during their production, operation and repair.

Keywords: cyclically symmetric design, impeller, natural vibrations, defect.

УДК 621.892

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЧИСТОТЫ АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ

А.В. Петров, Т.И. Головнева, А. Ю. Жданов

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» г. Воронеж, Россия*

В статье представлен анализ загрязнений авиационных керосинов и масел при хранении и предложены пути их очистки.

Ключевые слова, топливо, керосин, очистка топлив, фильтрация, электроочиститель.

Локальные войны и вооружённые конфликты стали неизменным спутником развития мирового сообщества. Они особенно участились в настоящее время и приобрели угрожающий делу мира характер. Авиация играет в них важнейшую роль. От надежности и боевой эффективности авиационных комплексов зависит исход боевых операций.

Надежность топливных систем летательных аппаратов напрямую зависит от степени загрязненности самого топлива, которая в условиях эксплуатации остается всё еще высокой, не отвечающей требованиям, предъявляемым соответствующими нормативными документами. Наиболее опасными на сегодняшний день можно считать те частицы, размер которых соизмерим с диаметром радиального зазора золотниковых пар насосов высокого давления, т.е. 5 – 12 мкм.

В любом нефтепродукте имеются загрязнения, возникшие в процессе его производства, и загрязнения, которые попали в жидкость в результате износа трущихся пар агрегатов, контакта с окружающей средой, появились в результате физико-химических изменений и продуктов распада. В нефти, являющейся основой большинства применяемых жидких топлив, моторных масел и жидкостей гидравлических систем, имеются такие нежелательные компоненты, как непредельные углеводороды, асфальтосмолистые вещества, зольные элементы, нафтеновые кислоты, азотные и сернистые соединения, твердые парафины, церезины. Кроме того, в нефти может присутствовать стронций, барий, марганец, титан и другие химические элементы. В процессе эксплуатации, хранения и перевозок нефтепродуктов их загрязнение происходит непрерывно. Основным

источником загрязнения является пыль, которая поступает в жидкость через систему дренажа и через заливные горловины при открытой заправке баков. Фазовый состав загрязнения гидравлических систем представлен в таблице.

Резервуары для хранения нефтепродуктов обычно полностью не заполняются. Воздушная полость резервуара связана с атмосферой либо через дренажный трубопровод, либо через предохранительный клапан. Находясь под действием атмосферных влияний, температура жидкости и воздушной полости резервуара непрерывно изменяется. Разница температуры воздуха в воздушной полости резервуара и температуры наружного воздуха может отличаться в течение суток на 30 – 40°С.

Пыль в атмосфере представляет собой типичную дисперсную систему с размером пылинок до 100 мкм. Исследования показали, что в одном литре воздуха количество пылинок может изменяться от 10 шт. до 200 тыс. шт. Форма частиц пыли зависит от их физико-химического состава. Так, частицы супесчаной пыли по форме приближаются к тетраэдрам и имеют острые грани. Пыль осадочных пород состоит из частиц овальной формы. Активными источниками загрязнения являются гидроцилиндры, не оснащенные грязесъемниками. При движении штоков большая часть твердых частиц, осевших на штоки, проходит через уплотнения и попадает внутрь гидроцилиндра с интенсивностью до 2000 частиц (размером крупнее 10 мкм) в минуту.

Непрерывно происходит процесс окисления нефтепродуктов, активность которого повышается с увеличением в жидкости растворенного и эмульгированного воздуха. Катализатором окисления являются металлические частицы износа стальных и, особенно, медных деталей агрегатов. При окислении в жидкости образуются растворимые и нерастворимые продукты более высокого молекулярного состава, чем исходная жидкость. Первые способствуют сгущению и могут, в конечном счете, выпадать из нефтепродукта в виде «лака» на детали. Мельчайшие нерастворимые продукты окисления коагулируют и укрупняются. При нагреве в топливе и масле протекают химические процессы – окисление и разложение. Они приводят к образованию твердых и мазеподобных отложений, повышению вязкости жидкости, изменению фракционного состава, усилению коррозионной активности. Стойкость топлива к окислению при повышенных температурах характеризуется термоокислительной стабильностью, стойкость к разложению – термической. Современные топлива при их нагреве до температуры 60 – 90° С практически не меняют своих свойств. При более высоком нагреве процессы окисления и осадкообразования интенсифицируются. При некоторой температуре, характерной для каждого топлива, осадкообразование достигает максимального значения и в дальнейшем начинает уменьшаться. Измерения показали, что размер нерастворимых частиц осадка зависит от температуры топлива. Так, при нагреве до температуры 120° С величина частиц осадка не превышает 50 мкм, при тем-

пературе около 150°C в топливе, кроме мелких частиц, образуются частицы размером до 120 мкм, при дальнейшем повышении температуры количество мелких частиц размером до 30 мкм сокращается, однако растет число крупных частиц.

Кроме температуры, большое влияние на образование осадков оказывает концентрация кислорода как в газовой среде над топливом, так и растворенного в жидкости. При удалении кислорода, работе в инертной газовой среде, например, в среде азота, осадкообразование практически прекращается. Повышения термостабильности можно достичь путем очистки от неуглеводородных примесей – сернистых, азотистых, кислородных. Повышение тонкости фильтрации, полное удаление из топлива воды также способствуют повышению термической стабильности.

При эксплуатации топливных систем, как на черных, так и на цветных металлах наблюдается коррозия и шелушение поверхностей. Частицы ржавчины выпадают в виде осадков микронных размеров. Одной из причин коррозии является наличие в нефтепродуктах различных продуктов окисления – перекисей, органических кислот, а также серы и сернистых соединений. Сильное коррозионное действие оказывает влага, которая может быть в топливе. Нагрев жидкости интенсифицирует коррозионные процессы. Загрязнения в жидкость попадают при обслуживании систем, при небрежном монтаже агрегатов, гибких шлангов и трубопроводов через не заглушенные соединительные узлы. Причиной загрязнения являются также загрязненность инструментов, заправочных средств, одежды обслуживающего персонала. При длительном хранении в условиях положительных температур в нефтепродуктах могут развиваться колонии микроорганизмов, водорослей и грибов. В основном они наблюдаются на границе топливо — вода в отстойной зоне. Присутствие в топливе эмульсионной воды вызывает уменьшение долговечности агрегатов. Наличие в топливе эмульсионной воды приводит к быстрому увеличению гидравлического сопротивления фильтров, независимо от того гидрофобными или гидрофильными свойствами обладает фильтрационный материал. При эксплуатации гидросистем в условиях низких температур наличие воды в топливе может привести к прекращению подачи жидкости из-за закупоривания фильтров кристаллами льда и замерзания отстойной воды, скопившейся в нижних частях баков.

С целью уменьшения содержания механических примесей и воды в топливе необходимо разработать ряд мероприятий, направленных на очистку указанных жидкостей, как на земле, так и на борту ЛА.

Очистка авиационных топлив проводится различными методами. Широкое распространение получил метод фильтрации. При этом необходимая чистота обеспечивается применением соответствующих фильтров на нефтеперерабатывающих предприятиях, складах ГСМ аэропортов и в системах ЛА. Использование многоступенчатой системы фильтрации вызвано тем, что в процессе эксплуатации самолётов, вертолёт и различно-

го оборудования топливо постоянно загрязняется.

Недостатками пористого фильтрования являются: прямая зависимость гидравлического сопротивления фильтра от тонкости очистки топлива, малая грязеемкость, большие габариты, высокая стоимость изготовления и технического обслуживания, большая трудоемкость регенерации, как правило, одноразовость применения.

Недостатками методов очистки с использованием центробежных очистителей являются: низкая эффективность при уменьшении размеров частиц загрязнения при увеличении вязкости рабочей жидкости. Сложность конструкции и большие габаритные размеры в отдельных случаях позволяют использовать их только как стационарные.

Возникшее техническое противоречие между возможностями существующих методов, способов и средств и все возрастающими требованиями к уровню чистоты, а значит и надежности функционирования топливных и гидравлических систем, устраняется переходом на принципиально иную технологию очистки – технологию удаления частиц твердой дисперсной фазы из потока жидкости или воздуха с помощью силовых электрических полей.

Устройства, реализующие эту технологию, характеризуются по сравнению с традиционными фильтрами рядом неоспоримых, существенных преимуществ: возможностью обеспечения 2 – 3 класса чистоты по ГОСТ 17216-02; ничтожно малым гидравлическим сопротивлением; низкой стоимостью изготовления; низкой металлоемкостью и энергоемкостью; малой себестоимостью процесса очистки; возможностью регенерации очистителя без демонтажа и разборки; простотой в эксплуатации; возможностью использовать их в полевых условиях с целью очистки различных жидких диэлектрических сред без снижения показателей надежности функционирования комплекса в целом.

В настоящее время довольно хорошо зарекомендовали себя электроочистители. Но и они имеют ряд ограничений: это, во-первых, хоть и большая, чем у механических фильтроэлементов, но все же определенная грязеемкость, а во-вторых, низкие предельные значения концентрации эмульсионной воды в очищаемой жидкости. Поэтому целесообразно с целью сохранения работоспособности фильтрующего устройства, обеспечить постоянный отвод концентрата загрязнения и эмульсионной воды, т.е. применить сепаратор который бы сохранял работоспособность на протяжении всего времени очистки рабочей жидкости. Таким образом, учитывая значимость проблемы обеспечения чистоты рабочих сред, используемых в системах оборудования и ЛА, очевидна актуальность разработок, направленных на обеспечение эффективного удаления воды и частиц загрязнения из топлива с постоянным отводом из фильтрующего устройства концентрата загрязнения и эмульсионной воды.

Список использованных источников.

1. Актуальные проблемы экологии и природопользования: Сборник научных трудов. – Вып. 9 – Ч.3. – М.: РУДН, 2007. – 283с.
2. Тимонин, А.С. Инженерно-экологический справочник, том 2. – Калуга: 2003. – 880 с.

INCREASING THE LEVEL OF CLEANLINESS OF AVIATION KEROSENE)

A.V. Petrov, T.I. Golovnyeva, A.Yu. Zhdanov

*Air Force Education and Research Center
"The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy",
Voronezh, Russia*

The article presents an analysis of contamination of aviation kerosene and oils during storage and suggested ways to clean them up.

Keywords: fuel, kerosene, fuel cleaning, filtration, electric cleaner.

УДК 624.04

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ПЛОСКОЙ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ЛИРА САПР 2016

В.Д. Раков¹, Ф.А. Красина², Л.Е. Путеева¹, Б.А. Тухфатуллин¹

¹ *ФГБОУ ВО Томский ГАСУ, г. Томск, Россия,*

² *ФГБОУ ВО Томский государственный университет систем
Управления и радиоэлектроники,
г. Томск, Россия*

Предложена методика определения предельной нагрузки для плоской стержневой системы из идеального упругопластического материала. Расчёт производится при помощи некоммерческой версии программного комплекса ЛИРА САПР 2016. Одновременное использование трёх расчётных схем рамы позволяет отследить последовательность образования пластических шарниров на каждом этапе расчёта, вплоть до разрушения. Данную методику предлагается использовать при преподавании учебной дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики».

Ключевые слова: предельная нагрузка, метод конечных элементов, программный комплекс ЛИРА САПР, нелинейные задачи строительной механики.

В рамках учебной дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» [1, 2] рассматривается задача об определении предельной нагрузки для плоской стержневой системы (рамы), элементы которой выполнены из идеального упругопластического материала [3, 4]. Исходные данные для решения задачи: координаты узлов рамы, условия прикрепления элементов к узлам, места расстановки опорных связей и условия загрузки. Величины предельных моментов заданы. Требуется определить разрушающую нагрузку $F_{\text{пред}}$ и ординаты эпюры изгибающих моментов в предельном состоянии.

Материалы и методы. Поставленная задача может быть решена с использованием линейного программирования [1, 2]. Данный подход позволяет определить величину разрушающей нагрузки и внутренние усилия в конечном состоянии, но проследить последовательность образования пластических шарниров и построить эпюру изгибающих моментов на очередном этапе расчёта невозможно. В предыдущем исследовании [5] был предложен подход к определению предельной нагрузки для плоской стержневой системы, выполненной из упругопластического материала, основанный на алгоритме метода конечных элементов (МКЭ) в смешанной форме, реализованный в виде SciLab-программы. Покажем далее, что поставленную задачу можно решить с использованием некоммерческих (демо-версий) программных комплексов ЛИРА САПР, SCAD и др. При этом можно обойтись «обыкновенным» линейным расчётом без использования физически нелинейных КЭ и «шаговых» решателей [3], которые, как правило, в некоммерческих версиях недоступны.

Основная идея предлагаемого алгоритма заключается в одновременном использовании трёх расчётных схем, модифицируемых на каждом этапе решения. Первая схема загружается внешней нагрузкой, заданной с точностью до параметра, вторая – предельными изгибающими моментами, возникающими в пластических шарнирах. Из анализа ординат эпюр определяются места возникновения последующих пластических шарниров и соответствующая величина параметра нагрузки. С помощью третьей схемы определяются ординаты эпюры изгибающих моментов очередного этапа расчёта. Если на следующем этапе система линейных алгебраических уравнений МКЭ не будет иметь решения, то это означает, что предельное состояние достигнуто.

Пример. Требуется рассчитать раму [2], загруженную двумя сосредоточенными силами (рис. 1, а). Поперечные сечения всех элементов рамы: $EJ_p = EJ_c = 1 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$, $EA_p = EA_c = 1000 \text{ кН}$. Предельные моменты ригеля и стойки также одинаковы и равны $M_{\text{пред}} = 240 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

На первом этапе решения создаётся расчётная схема рамы, загруженная внешней нагрузкой с точностью до параметра F . Эпюра изгибаю-

щих моментов $M_{\text{упр}}$ показана на рис. 1, б; по ней определяется место образования первого пластического шарнира и величина параметра нагрузки, его вызывающего:

$$F = \frac{M_{\text{пред}}}{M_{\text{упр}}^{\text{max}}} = \frac{240}{3,94} = 60,91 \text{ кН.}$$

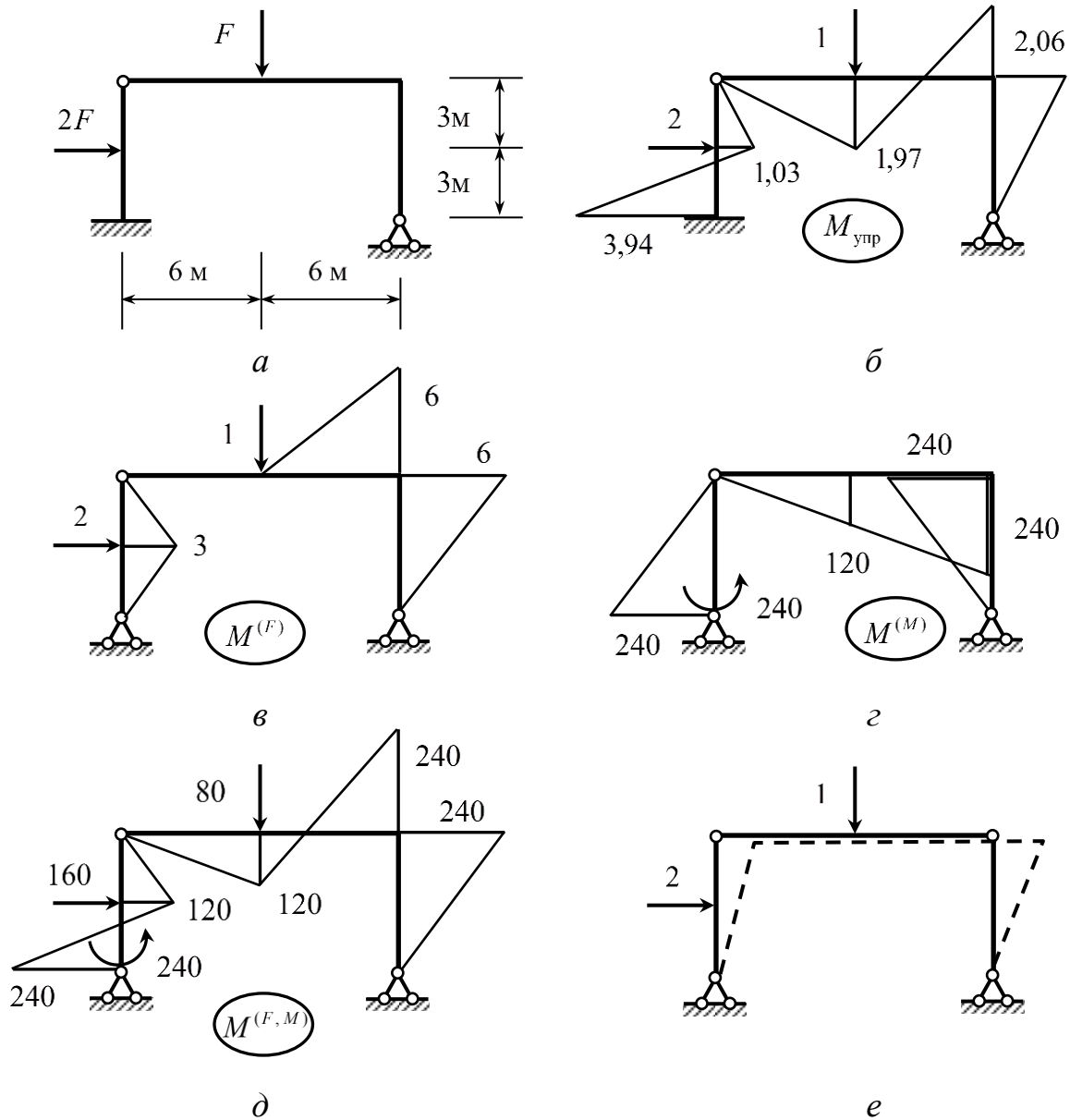


Рисунок 1 – а) заданная рама; б) эпюра изгибающих моментов при расчёте в упругой стадии; в) то же, от действия единичных сил при возникновении первого пластического шарнира; г) то же, при нагружении рамы предельным моментом в сечении с пластическим шарниром; д) то же, в предельном состоянии; е) схема разрушения рамы

На втором этапе одновременно создаются три расчётные схемы, в каждой из которых в месте образования пластического шарнира устанавливается сквозной шарнир. Первая рама нагружена единичными силами

(рис. 1, в); вторая – предельным моментом (рис. 1, г). По результатам расчёта в программном комплексе ЛИРА САПР 2016 строятся эпюры изгибающих моментов $M^{(F)}$, $M^{(M)}$; далее записываются условия для определения места возникновения очередного пластического шарнира и вызывающей его нагрузки:

$$3F - 120 = 240, \quad F = \frac{240 + 120}{3} = 120 \text{ кН}; \quad 6F - 240 = 240,$$

$$F = \frac{240 + 240}{6} = 80 \text{ кН}.$$

Третья схема загружается одновременно и внешними силами, и предельным моментом (рис. 1, д). Очевидно, что очередной пластический шарнир возникнет в месте сопряжения ригеля и правой стойки рамы. На следующем этапе в это сечение врезается шарнир, и рама загружается единичными силами (рис. 1, е). Производится расчёт в ЛИРА САПР, в ходе которого выявляется геометрическая изменяемость рамы, показанной на рис. 1, е, что свидетельствует о её разрушении. Таким образом, предельная нагрузка составляет $F_{\text{пред}} = 80 \text{ кН}$, а эпюра моментов в предельном состоянии совпадает с показанной на рис. 1, д.

Выводы. Предложена методика определения предельной нагрузки для плоской стержневой системы из идеального упругопластического материала при помощи программного комплекса ЛИРА САПР 2016. Данная методика позволяет отследить последовательность образования пластических шарниров на каждом этапе расчёта, вплоть до разрушения.

Список использованных источников.

1. Тухфатуллин, Б.А. Нелинейные задачи строительной механики. Оптимальное проектирование конструкций / Б.А. Тухфатуллин. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 106 с.
2. Барабаш, М.С. Нелинейная строительная механика с ПК ЛИРА САПР / М.С. Барабаш, Н.Н. Сорока, Н.Г. Сурьянинов. – М. : Изд-во АСВ, 2019. – 236 с.
3. Варнавский, В.С. Расчётный анализ распределения усилий в металлическом рамном каркасе с учётом пластических деформаций материала / В.С. Варнавский, Г.Е. Габриелян, В.В. Востриков // Строительная механика и конструкции. – 2021. – № 1 (28). – С. 76 – 86.
4. Люлевич, Я.С. Конечный элемент смешанного метода для расчёта плоских стержневых систем при нелинейной работе материала / Я.С. Люлевич, В.Д. Раков, Л.Е. Путеева, Б.А. Тухфатуллин // Сборник докладов XXIII международной научно-технической конференции «Информационно-вычислительные технологии и их приложения». – Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – С. 125 – 131.
5. Раков, В.Д. Расчёт плоских стержневых систем из идеального

упругопластического материала методом конечных элементов в форме смешанного метода / В.Д. Раков, Ф.А. Красина, Л.Е. Путеева, Б.А. Тухфатуллин // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте. Сборник статей всероссийской научно-технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 161 – 163.

DETERMINING THE LIMIT LOAD FOR FLAT ROD SYSTEM IN THE SOFTWARE PACKAGE LIRA SAPR 2016

V.D. Rakov¹, F.A. Krasina², L.E. Puteeva¹, B.A. Tukhfatullin¹

¹*FSBEI Tomsk State University of Architecture and Building,
Tomsk, Russia,*

²*FSBEI Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,
Tomsk, Russia*

A method is proposed for determining the ultimate load for a flat rod system made of an ideal elastoplastic material. The calculation is carried out using the non-commercial version of the LIRA SAPR 2016 software package. The simultaneous use of three calculation schemes of the frame allows tracing the sequence of the formation of plastic hinges at each stage of the calculation, up to destruction. This technique is proposed to be used when teaching the discipline «Nonlinear problems of structural mechanics».

Keywords: ultimate load, finite element method, LIRA SAPR software package, nonlinear problems of structural mechanics.

УДК 624.04

РАСЧЁТ ПЛОСКОЙ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ ИЗ SD МАТЕРИАЛА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ФОРМЕ СМЕШАННОГО МЕТОДА

В.Д. Раков¹, Ф.А. Красина², Л.Е. Путеева¹, Б.А. Тухфатуллин¹

¹ *ФГБОУ ВО Томский ГАСУ, г. Томск, Россия,*

² *ФГБОУ ВО Томский государственный университет систем
Управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия*

Предложен алгоритм вычисления предельной нагрузки для плоской стержневой системы, элементы которой выполнены из SD материала. Алгоритм основан на методе конечных элементов в форме смешанного мето-

да. В результате расчёта определяются величина предельной нагрузки и ординаты эпюры изгибающих моментов. Приведены результаты расчёта плоской стержневой системы из SD материала в разработанной SciLab-программе.

Ключевые слова: предельная нагрузка, SD материал, метод конечных элементов, смешанный метод, SciLab-программа.

Требования к расчёту элементов конструкций за пределом упругости с учётом реальных диаграмм деформирования материала [1] учтены в действующих нормах проектирования. С точки зрения практики актуальной является проблема вычисления разрушающей (предельной) нагрузки для плоской стержневой системы, выполненной из SD материала [2]. Под SD материалом подразумевается упругопластический материал, для которого величины пределов текучести при растяжении $\sigma_T^{(+)}$ и при сжатии $\sigma_T^{(-)}$ различны.

Материалы и методы. В предыдущих исследованиях [1, 3] был предложен подход к определению предельной нагрузки плоской стержневой системы, выполненной из упругопластического материала, для которого $\sigma_T^{(+)} = |\sigma_T^{(-)}| = \sigma_T$. Схема расположения конечных элементов (КЭ), условия их сопряжения между собой и прикрепления к основанию заданы. Известны величины предельных изгибающих моментов для растянутых $M_{i, \text{пред}}^{(+)}$ и сжатых $M_{i, \text{пред}}^{(-)}$ волокон. Нагрузки в виде системы сосредоточенных сил увеличиваются вплоть до разрушения рамы пропорционально одному параметру F . В основу алгоритма положен метод конечных элементов (МКЭ) в форме смешанного метода [4]. Расчёт системы из SD материала по аналогии с [3], осуществляется поэтапно. Вначале производится «упругий» расчёт и определяются ординаты эпюры изгибающих моментов $M_{\text{упр}}$ для n расчётных сечений. Нагрузка, при которой образуется первый пластический шарнир, соответствует наименьшей величине параметра нагрузки $k_i^{(+)}$, $k_i^{(-)}$, вычисляемого для каждого сечения по формулам:

$$k_i^{(+)} = \frac{M_{i, \text{пред}}^{(+)}}{M_{\text{упр}}^{(i)}}, \quad k_i^{(-)} = \frac{M_{i, \text{пред}}^{(-)}}{|M_{\text{упр}}^{(i)}|}, \quad i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где $M_{\text{упр}}^{(i)}$ – величина изгибающего момента для i -го сечения. Из полученных значений $k_i^{(+)}$, $k_i^{(-)}$ необходимо выбрать наименьшее, после чего умножить на него параметр нагрузки F . В сечение, для которого данный параметр является определяющим, устанавливается сквозной шарнир. Одновременно с этим создаётся второе загрузжение, в котором в сечение с врезанным шарниром прикладываются сосредоточенные моменты, равные по величине предельным $M_{\text{пред}}^{(+)}$ или $M_{\text{пред}}^{(-)}$ (в соответствии с их знаком).

Полученная система рассчитывается на оба нагружения и вычисляются ординаты эпюры изгибающих моментов от заданной нагрузки M_F и от предельных изгибающих моментов M_M . Для каждого сечения с номером « i » вычисляются новые значения коэффициента $k_i^{(+)}$, $k_i^{(-)}$ из двух условий:

$$M_F^{(i)} k_i^{(+)} + M_M^{(i)} = M_{\text{пред}}^{(+)}, \quad - (M_F^{(i)} k_i^{(-)} + M_M^{(i)}) = M_{\text{пред}}^{(-)}. \quad (2)$$

Следующий пластический шарнир образуется в том сечении, где величина $k_i^{(+)}$, $k_i^{(-)}$ будет наименьшей и равна k . В конце каждого этапа вычисляются ординаты суммарной эпюры изгибающих моментов $M_{\text{сум}}$ по формуле:

$$M_{\text{сум}}^{(i)} = k \cdot M_F^{(i)} + M_M^{(i)}. \quad (3)$$

Если полученная на очередном этапе расчёта система уравнений смешанного метода не будет иметь решения, то это свидетельствует о превращении рамы в механизм. Приложенная при этом нагрузка станет равна предельной, а эпюра $M_{\text{сум}}$ будет представлять собой эпюру изгибающих моментов в момент разрушения.

Для апробации предложенного алгоритма (1) – (3) составлена SciLab-программа, которая позволяет установить порядок и места образования пластических шарниров, вычислить предельную нагрузку $F_{\text{пред}}$ и соответствующие ей ординаты эпюры изгибающих моментов $M_{\text{пред}}$.

Пример. Требуется рассчитать однопролётную раму (рис. 1, а) с тремя типоразмерами сечений при следующих исходных данных [5]: продольная жёсткость $EA = 300$ кН; изгибная жёсткость $EJ = 300$ кН·м².

Распределение предельных моментов $M_{\text{пред}}^{(+)}$, $M_{\text{пред}}^{(-)}$ по сечениям 1÷9 приведено на рис. 1, а. Результаты расчёта разрушающей нагрузки $F_{\text{пред}}$ и соответствующая эпюра изгибающих моментов $M_{\text{пред}}$ показаны на рис. 1, б. В скобках указаны результаты решения задачи в программном комплексе ЛИРА САПР [5]. Ординаты эпюр изгибающих моментов и параметры нагрузки на четырёх этапах расчёта представлены в табл. 1.

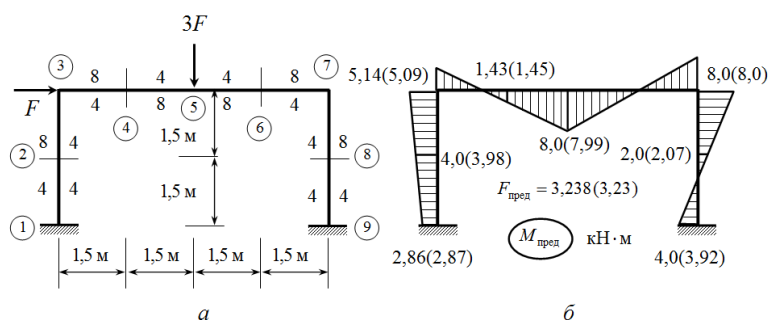


Рисунок 1 – а) исходные данные для расчёта; б) результаты решения

Таблица 1 – Ординаты эпюр изгибающих моментов и параметры нагрузки

Номер сечения	Ординаты эпюр изгибающих моментов, кН·м			
	Этапы расчёта			
	1	2	3	4
1	–3,0704	–3,4924	–3,3959	–2,8571
2	–2,7300	–4,0000	–4,0000	–4,0000
3	–2,3895	–4,5076	–4,6041	–5,1429
4	2,8052	1,7462	1,6980	1,4286
5	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
6	1,4501	0,1148	0,0000	0,0000
7	–5,0998	–7,7704	–8,0000	–8,0000
8	–1,5254	–2,5498	–2,6286	–2,0000
9	–2,0491	2,6707	2,7429	4,0000
Параметр нагрузки, кН	2,6099	3,1420	3,1782	3,2381

Значения изгибающих моментов в местах возникновения пластических шарниров на очередном этапе расчёта выделены в таблице заливкой.

Выводы. Предложен алгоритм вычисления предельной нагрузки для плоской рамы, элементы которой выполнены из SD материала. Составлена SciLab-программа, с помощью которой вычисляется предельная нагрузка, определяются последовательность и места возникновения пластических шарниров, а также ординаты эпюры изгибающих моментов в момент разрушения рамы.

Список использованных источников.

1. Люлевич, Я.С. Конечный элемент смешанного метода для расчёта плоских стержневых систем при нелинейной работе материала / Я.С. Люлевич, В.Д. Раков, Л.Е. Путеева, Б.А. Тухфатуллин // Сборник докладов XXIII международной научно-технической конференции «Информационно-вычислительные технологии и их приложения». – Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – С. 125–131.

2. Павилайнен, Г.В. Математическая модель задачи изгиба пластически анизотропной балки / Г.В. Павилайнен // Вестник СПбГУ. – 2015. – № 4. – 65. (60). – С. 633 – 638.

3. Раков, В.Д. Расчёт плоских стержневых систем из идеального упругопластического материала методом конечных элементов в форме смешанного метода / В.Д. Раков, Ф.А. Красина, Л.Е. Путеева, Б.А. Тухфатуллин // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте. Сборник статей всероссийской научно-технической конферен-

ции для молодых ученых и студентов с международным участием. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 161 – 163.

4. Клёнов, Д.А. Программная реализация МКЭ для расчёта плоских стержневых систем в форме смешанного метода. Сообщение 1 / Д.А. Клёнов, Л.Е. Путеева, Б.А. Тухфатуллин // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XII Междун. Конференция студентов и молодых ученых (21 – 24 апреля 2015 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 1329 – 1331.

5. Верификационный отчёт по программному комплексу ЛИРА САПР. Том III. Задачи, предложенные экспертами / В.В. Рождественский, Г.И. Шапиро, М.С. Барабаш. Москва: ГУП МНИИТЭП, 2015. – 131 с.

CALCULATION OF THE PLANE ROD SYSTEM FROM SD MATERIAL FINITE ELEMENT METHOD IN FORM MIXED METHOD

V.D. Rakov¹, F.A. Krasina², L.E. Puteeva¹, B.A. Tukhfatullin¹

¹ *FSBEI Tomsk State University of Architecture and Building,
Tomsk, Russia,*

² *FSBEI Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,
Tomsk, Russia*

An algorithm is proposed for calculating the ultimate load for a flat bar system, the elements of which are made of SD material. The algorithm is based on the finite element method in the form of a mixed method. As a result of the calculation, the value of the ultimate load and the ordinates of the bending moment diagram are determined. The results of calculating a flat rod system made of SD material in the developed SciLab program are presented.

Keywords: ultimate load, SD material, finite element method, mixed method, SciLab program.

УДК 62.643

РАССЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

А.А. Рвянин, Н.Е. Курносов

*ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет
г. Пенза. Россия*

В данной статье приведен расчет одного из основных показателей, характеризующий изменение топливной экономичности дизельного двига-

теля внутреннего сгорания после модернизации системы питания.

Ключевые слова: топливная экономичность, показатели, путевой расход топлива, дизельный двигатель внутреннего сгорания.

После масштабного анализа ситуации с энергоресурсами в стране и мире, который показал, что проблема истощения природных энергоресурсов, таких как нефть, актуальна [1] в настоящее время, было принято решение спроектировать систему, повышающую топливную экономичность на примере дизельного двигателя внутреннего сгорания КАМАЗ 740 [2], который устанавливается на многие модели Камского автомобильного завода. За прототип был взят автомобиль (шасси) КАМАЗ 6520, оборудованный описанной ранее энергетической установкой [3]. Данный научно-исследовательский проект был разделен на 3 этапа [7].

На первом шаге разработки устройства для подтверждения эффективности его работы был произведен расчет путевого расхода топлива автомобиля после модернизации системы питания и сравнение с табличными значениями путевого расхода топлива базового автомобиля без внесения в него каких-либо изменений [5].

В таблице 1 указаны данные, необходимые для расчета и сравнительного анализа.

Таблица 1 – вводные данные

Обозначение	Числовое значение
N_e , кВт	235
g_{emin} , г/(кВт ч)	139,64
n_{emin} , мин ⁻¹	800
n_{emax} , мин ⁻¹	2600
r_k , м	0,5
$U_k(U1)$	13,8
$U2$	9,6
$U3$	6,8
$U4$	4,58
$U5$	3
$U6$	2,08
$U7$	1,43
$U8$	1
U_{pk}	0,89
$U_{0 (гп)}$	7,22
$I (M_{кр})$, Н/м	980
K_B	0,35
G_a , кг	12950
F_a м ²	6,8
η_{td}	0,87
X_ψ	0,25
Q_s , л/100 км	50

На первом шаге определяем максимальный часовой расход топлива [5].

$$Q_{tmax} = \frac{1,2 \times g_{emin} \times N_{vmax}}{1000} \quad (3.1)$$

где: g_{emin} – минимальный удельный расход топлива

$$Q_{tmax} = \frac{1,2 \times 139,64 \times 235}{1000} = 39,4 \text{ кг/ч.}$$

Далее определяем расход топлива с учетом загрузки двигателя в зависимости от дорожных условий, скорости и частоты вращения коленчатого вала двигателя [5].

$$Q_{tn} = Q_{tmax} \left(\frac{n_e}{n_{max}} \right)^{0,625} \quad (3.2)$$

$$Q_{tn} = 39,4 \left(\frac{800}{2600} \right)^{0,625} = 18,7 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{tn} = 39,4 \left(\frac{1000}{2600} \right)^{0,625} = 21,7 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{tn} = 39,4 \left(\frac{1200}{2600} \right)^{0,625} = 24,3 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{tn} = 39,4 \left(\frac{1600}{2600} \right)^{0,625} = 29,1 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{tn} = 39,4 \left(\frac{2000}{2600} \right)^{0,625} = 33,4 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{tn} = 39,4 \left(\frac{2200}{2600} \right)^{0,625} = 35,5 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{tn} = 39,4 \text{ кг/ч.}$$

Таблица 2 – часовой расход топлива с учетом загрузки двигателя

$n_e, \text{мин}^{-1}$	800	1000	1200	1600	2000	2200	2600
$Q_{tn} \text{ кг/ч}$	18,7	21,7	24,3	29,1	33,4	35,5	39,4

Часовой расход топлива зависит от загрузки двигателя. Загрузка двигателя определяется силами суммарного сопротивления движению автомобиля P_c и силой тяги на ведущих колесах P_t . Определим часовой расход топлива:

$$Q_{ti} = Q_{tn} \left[0,26 + 0,74 \left(\frac{P_c}{P_k} \right)^{1,85} \right] \quad (3.3)$$

Для нахождения часового расхода Q_{ti} необходимо найти значения P_c и P_k .

$$P_k = \frac{I \times U_k \times U_0 \times \eta_{td}}{r_k} \quad (3.4)$$

$$P_k = \frac{980 \times 13,8 \times 5,11 \times 0,87}{0,5} = 120,2 \text{ кН.}$$

$$P_c = P_w + P_{\psi} \quad (3.5)$$

Для выражения (3.5) найдем слагаемые P_{ψ} и P_w .

$$P_{\psi} = G_a \times X_{\psi} \quad (3.6)$$

$$P_w = \frac{K_B \times F_a \times (V_a)^2}{13} \quad (3.7)$$

$$V_a = \frac{0,105 \times r_k \times n_e}{U_k \times U_0 \times U_{pk}} \quad (3.8)$$

$$P_{\psi} = 12\,950 \times 0,25 = 3,2 \text{ кН.}$$

$$V_a = \frac{0,105 \times 0,5 \times 2600}{13,8 \times 7,22 \times 0,89} = 1,5 \text{ м/с.}$$

$$P_w = \frac{0,35 \times 6,8 \times (1,5)^2}{13} = 90 \text{ Н.}$$

$$P_c = 3,2 + 0,12 = 3,32 \text{ кН.}$$

Подставляем полученные значения в формулу (3.3) и находим Q_{ti}

$$Q_{ti} = 18,7 [0,26 + 0,74 \left(\frac{3,32}{120,2} \right)^{1,85}] = 4,8 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{ti} = 21,7 \times 0,261 = 5,67 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{ti} = 24,3 \times 0,261 = 6,4 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{ti} = 29,1 \times 0,261 = 7,7 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{ti} = 33,4 \times 0,261 = 9,1 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{ti} = 35,5 \times 0,261 = 7,455 \text{ кг/ч.}$$

$$Q_{ti} = 39,4 \times 0,261 = 10,3 \text{ кг/ч.}$$

Рассчитываем путевой расход топлива.

$$Q_s = Q_{ti} \times (100 \times (V_{ai})^{-1}) \quad (3.9)$$

Применив формулу (3.8) найдем V_{aim} на каждой передаче.

$$V_a = \frac{0,105 \times 0,5 \times 2600}{9,6 \times 7,22 \times 0,89} = 2,2 \text{ м/с.}$$

$$V_a = \frac{0,105 \times 0,5 \times 2600}{6,8 \times 7,22 \times 0,89} = 3,1 \text{ м/с.}$$

$$V_a = \frac{0,105 \times 0,5 \times 2600}{4,08 \times 7,22 \times 0,89} = 5,2 \text{ м/с.}$$

$$V_a = \frac{0,105 \times 0,5 \times 2600}{3 \times 7,22 \times 0,89} = 7,05 \text{ м/с.}$$

$$V_a = \frac{0,105 \times 0,5 \times 2600}{2,08 \times 7,22 \times 0,89} = 10,2 \text{ м/с.}$$

$$V_a = \frac{0,105 \times 0,5 \times 2600}{1,43 \times 7,22 \times 0,89} = 16,3 \text{ м/с.}$$

$$V_a = \frac{0,105 \times 0,5 \times 2600}{1 \times 7,22 \times 0,89} = 23,4 \text{ м/с.}$$

Находим путевой расход. Средний путевой расход топлива будем рассчитывать при установившемся движении КАМАЗа на высшей передаче, то есть получим:

$$Q_s = 10,3 \times (100 \times (23,4)^{-1}) = 44 \text{ л/100 км.}$$

Рассчитаем разницу между фактическим и расчетно-табличным путевым расходом топлива прототипа КамАЗ 6520 [6].

$$\alpha = \frac{Q_{st} - Q_s}{Q_{st}} \quad (3.10)$$

$$\alpha = \frac{50 - 44}{50} = 0,12$$

Экономия путевого расхода топлива автомобиля с модернизированной топливной системой и встроенным термодинамическим диспергатором достигает 12 %. На практике данный показатель, предположительно может возрасти до 15 % в зависимости от условий эксплуатации.

На втором этапе разработки системы для повышения топливной экономичности был проведен патентно-информационный поиск по патентным ведомствам Российской Федерации и Соединенным Штатам Америки, вы-

браны наиболее подходящие технические решения, а также был выделен патент Лысенко С. М. «УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДАЧИ ВОДЯНОГО ПАРА В СИСТЕМУ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ» [4], который стал прототипом.

На заключительном этапе проекта планируется спроектировать собственную схему технического решения, а также провести испытания данного устройства для получения реальных данных, сравнения их с расчетными и подвести итоги по эффективности работы данного устройства.

Список использованных источников.

1. Цены на бензин по данным Росстат [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosinfostat.ru/tseny-na-benzin/>, свободный – (01.03.2021).

2. Двигатель КамАЗ 740 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://yourmotor.ru/engines/kamaz/dvigatel-kamaz-740>, свободный – (11.02.2021).

3. КАМАЗ 6520-53 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://kamaz.ru/production/serial/samosvaly/kamaz-6520-73>, свободный – (11.02.2021).

4. «Устройство для подачи водяного пара в систему питания двигателя» Лысенко С. М. пат. 2015398 Рос. Федерация МПК F02M 25/0.

5. Расчет топливной экономичности автомобиля [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studopedia.net/8_62209_raschet-toplivnoy-ekonomichnosti-avtomobilya.html, свободный – (23.02.2021).

6. Книга по ремонту КамАЗ: изд. АВТОКЛУБ, 2017. – 459 с

7. «Повышение топливной экономичности автомобиля на примере КАМАЗ 6520» Рвянин А. А., Курносов Н. Е. Международная научно-практическая конференция «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы» по ред. Сенина П. В., Федотова С. Е., 2020, С. 36 – 40

THE CALCULATION OF THE FUEL EFFICIENCY INDICATORS IN THE RETROFIT OF THE DIESEL INTERNAL COMBUSTION ENGINE

A.A. Rvyanin, N.E. Kurnosov

Penza State University, Penza, Russia. Russia

Abstract: this article presents the calculation of one of the main indicators that characterize the change in the fuel efficiency of a diesel internal combustion engine after the modernization of the power supply system.

Key words: fuel efficiency, indicators, track fuel consumption, diesel internal combustion engine.

МИНИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ

Е.А. Рыблова

ФБГОУ ВО ПГУ, г Пенза, Россия

Полупроводниковые тензорезистивные датчики характеризуются значительной температурной погрешностью. Для снижения температурной составляющей погрешности применяется физико-технологический метод – определение концентрации легирующей примеси бора, при которой температурная погрешность минимальна.

Ключевые слова

Полупроводниковые датчики, температурная составляющая погрешности, легирующая примесь.

В настоящее время одним из самых распространенных типов чувствительных элементов (далее – ЧЭ) для датчиков давления являются полупроводниковые чувствительные элементы на основе тензорезистивного эффекта. Среди них широкое распространение получили кремниевые тензорезисторы *p*-типа, легированные бором, что обеспечивает более высокую тензочувствительность по сравнению с резисторами *n*-типа, легированными фосфором [1].

Однако такие ЧЭ характеризуются значительной дополнительной температурной погрешностью выходного сигнала, которая является следствием зависимости коэффициента тензочувствительности от температуры. По этой причине актуальной является задача исследования механизма влияния температуры на параметры тензорезисторов, определяющие характеристики чувствительного элемента и датчика в целом [2].

Влияние температуры и уровня легирования на тензосопротивление монокристалла кремния характеризует модель Канда, в соответствии с которой коэффициент тензочувствительности монокристаллического кремния выражается зависимостью:

$$\pi(N, T) = \pi(N_0, 300K) \cdot P(N, T), \quad (1)$$

где $\pi(N, 300K)$ – тензорезистивный коэффициент для слаболегированного кремния при нормальной температуре $300K$; N – концентрация легирующей примеси, см^{-3} ; T – абсолютная температура; K – постоянная Больцмана.

Определение коэффициента тензочувствительности производится в следующей последовательности:

1 Определяется безразмерная величина

$$\varepsilon(N, T) = \frac{N}{N_s(T)} \quad (2)$$

где N – текущий уровень легирования в кремнии, см^{-3} ; N_s – поправочный коэффициент, учитывающий температурную зависимость концентрации, который рассчитывается по следующей формуле

$$N_s(T) = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot 2,5 \cdot 10^{19} \cdot \left(\frac{0,59}{300} \cdot T\right)^{\frac{3}{2}} \quad (3)$$

2 Для определения уровня Ферми используется упрощенная аппроксимация Джойса – Диксона

$$\eta_f(N, T) = \ln(\varepsilon(N, T)) + \frac{1}{\sqrt{8}} \cdot \varepsilon(N, T) \quad (4)$$

3 Главный тензорезистивный коэффициент как функция температуры эксплуатации и концентрации бора определяется по формуле:

$$P(N, T) = \frac{300}{T} \cdot \frac{1}{(1 + \exp(-\eta_f(N, T))) \cdot (\ln(1 + \exp(\eta_f(N, T))))}, \quad (5)$$

На основе выражений (1) – (5) была построена зависимость главного тензорезистивного коэффициента от температуры при различных значениях концентрации легирующей примеси N (рисунок 1). Этот коэффициент уменьшается с увеличением температуры и увеличением концентрации примеси.

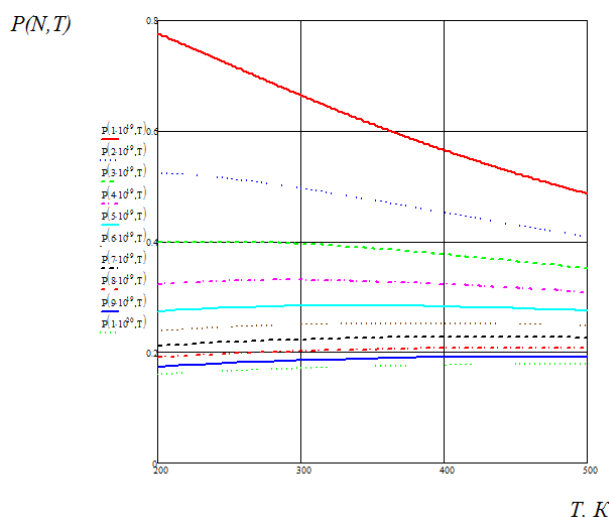


Рисунок 1 – Зависимость тензорезистивного коэффициента от температуры.

Из рисунка 1 видно что наименьшая температурная зависимость соответствует концентрации легирующей примеси $5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ [3]. Однако графический метод не является достаточно точным, поэтому был предложен численный метод определения оптимальной концентрации бора, позволяющий определить значение концентрации, при котором температурная зависимость коэффициента $P(N, T)$ минимальна. Схема алгоритма представлена на рисунке 2

Значение концентрации легирующей примеси, найденное численным методом, составило $4,94 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. При этом температурная погрешность выходного сигнала мостовой схемы составила 0,28775, что соответствует совре-

менным требованиям, предъявляемым к полупроводниковым тензодатчикам давления.

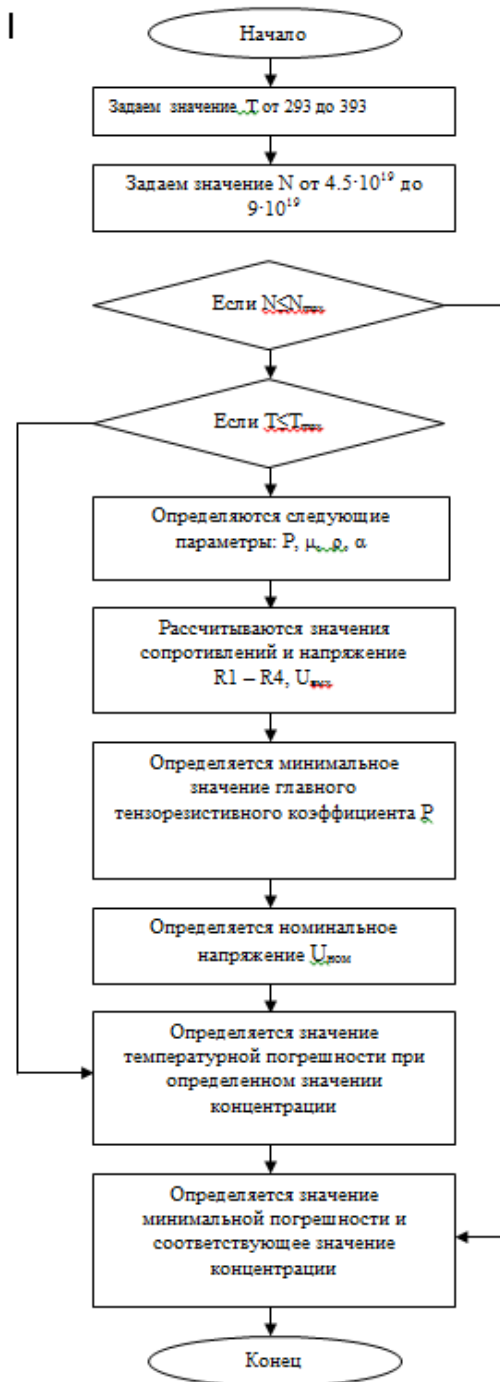


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма нахождения численного значения оптимальной концентрации примеси

1 Для начало задали диапазон значений температур от 293 до 393 К с шагом 1 К и значений концентрации легирующей примеси от $4,5 \cdot 10^{19}$ до $9 \cdot 10^{19}$ с шагом $1 \cdot 10^{17}$

2 Если значение концентрации меньше или равно максимальному значению, а значение температуры меньше или равно максимальному, то переходим к расчету.

3 Определяем следующие параметры: главный тензорезистивный коэффициент – R , подвижность дырок при максимальной и минимальной температуре – μ ,дельное сопротивление – ρ , температурный коэффициент сопротивления – α

4 Определяется значение сопротивления каждого из резисторов и выходное напряжение мостовой схемы (моста Уитстона)

5 Далее определяется значение главного тензорезистивного коэффициента при минимальном значении температуры и значение номинального напряжения.

6 Для каждого значения концентрации определяется температурная погрешность выходного сигнала

7 Из получившихся значений выбирается минимальное значение температурной погрешности выходного сигнала и соответствующее ей значение концентрации легирующей примеси

Список использованных источников.

- 1 И.Н. Баринов, В.С. Волков, Н.В. Волкова Исследование свойств

тензорезистивного эффекта в пленках поликристаллического алмаза р-типа проводимости // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского – Естественные науки, №25, 2011. – с. 674 – 678.

2 Рыблова Е.А. Волков В.С. Исследование температурной зависимости тензочувствительности полупроводниковых тензорезисторов. // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы. Сборник научных статей IV ежегодной межвузовской научно-практической конференции. Издательство: ПГУ (Пенза) 2017, с 306 – 308.

3 Рыблова Е.А., Волков В.С. Численное определение концентрации легирующей примеси для обеспечения минимальной температурной погрешности полупроводникового тензочувствительного элемента// Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы. Сборник научных статей Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. Под редакцией Л.Р. Фионовой. 2018 Издательство: ПГУ (Пенза) 2018 с.108 – 111.

MINIMIZING THE TEMPERATURE ERROR OF SEMICONDUCTOR PRESSURE SENSORS

E.A. Ryblova

FSBEI HE PSU, Penza, Russia

Semiconductor piezoresistive sensors are characterized by a significant temperature error. To reduce the temperature component of the error, a physical and technological method is used – the determination of the concentration of an alloying impurity of boron, at which the temperature error is minimal.

Keywords: Semiconductor sensors, temperature component of the error, alloying impurity.

УДК 62.681

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ

В.В. Салмин, Д.А. Атясов, П.А. Юмашева

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье рассматривается вопрос разработки и создании термоаккумулятора и принципиальной схемы системы рекуперации энергии отработавших газов на базе двигателя автомобиля УАЗ.

Ключевые слова: термоаккумулятор, кожухотрубный теплообмен-

ник, двигатель автомобиля, накопитель тепловой энергии, рекуперация, регенерация энергии.

Ежедневно в мире производится огромное количество автомобилей. Российская Федерация не исключение, автомобильная промышленность в последние годы модернизируется и происходит рост выпуска автомобилей, а вместе с ростом выпуска увеличивается потребление углеводородного топлива.

С каждым годом количество углеводородного топлива становится все меньше и меньше, а рост цен и количество потребляемого топлива все больше и больше. Во всем мире все острее встает вопрос по повышению эффективности использования энергетических ресурсов и в частности топлива для автомобильных двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Двигатели внутреннего сгорания, применяемые в качестве основных энергетических установок транспортных средств наземного и водного транспорта потребляют ежегодно более 3500 млн. тон углеводородного топлива. При этом эффективность использования в ДВС этого топлива составляет 30 - 40%. Поэтому улучшение топливной экономичности транспортных средств и повышение эффективности их использования является актуальной темой современных исследований [1, 2]. Одним из путей повышения эффективности использования углеводородного топлива в ДВС является направление рекуперации и регенерации энергии теряемой при их эксплуатации. В связи с этим можно с 99% уверенностью утверждать, что тема, связанная с комплексной рекуперацией и последующей регенерацией тепловой энергии ДВС автомобиля, является также весьма актуальной [1, 2].

Целью настоящей работы является: разработка термоаккумулятора и системы комплексной рекуперации тепловой энергии отработавших газов ДВС транспортных средств.

Для решения этой цели нами были сформулированы следующие задачи: 1. Проведение информационно-патентного поиска для нахождения конструктивных решений по повышению эффективности использования энергии топлива; 2. Разработка конструкторского решения и изготовление системы рекуперации энергии двигателя; 3. Оценка эффективности и анализ достигнутых показателей при работе предложенной конструкции термоаккумулятора и схемы его подключения к двигателю.

Разработка системы рекуперации велась для двигателей автомобилей, эксплуатируемых в условиях Российского бездорожья и арктической климатической зоны, а также для северных областей нашей страны. Наиболее уникальными автомобилями подходящими под такие условия эксплуатации являются легковые автомобили повышенной проходимости Ульяновского автомобильного завода (УАЗ) и установленные на них двигатели марки ЗМЗ, которые несмотря на большое количество достоинств, имеют достаточно невысокий эффективный к.п.д.

Рассмотрим тепловой баланс двигателя ЗМЗ, который устанавливал-

ся на автомобилях УАЗ. Как видно из теплового баланса общее количество теплоты, введенной в двигатель при сгорании топлива при номинальном скоростном режиме определяется по формуле [3]:

$$Q_o = \frac{H_u G_T}{3,6}, \quad (1)$$

и равно

$$Q_o = \frac{44000 \cdot 16,7}{3600} = 204,1 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}.$$

Теплота, передаваемая охлаждающей среде при этом составляет в среднем 25 ... 35% от количества энергии выделяемой при сгорании топлива. Если принять, что в нашем двигателе количество тепла отводимого в систему охлаждения составит 30%, то тогда величина тепловой энергии отводимой системой охлаждения составит [3]:

$$Q_{\text{охл}} = 0,3 \cdot 204,1 = 61,2 \text{ кДж/с}.$$

Теплота, унесенная с отработавшими газами в бензиновых двигателях ЗМЗ составляет примерно 30 ... 40% от Q_T . Если принять, что в нашем двигателе она составляет 35%, то мы получим, что $Q_G = 0,35 \cdot 204,1 = 71,4$ кДж/с.

Таким образом из расчетов, видим, что 60...70% тепловой энергии сгоревшего топлива в двигателях ЗМЗ теряется безвозвратно в систем охлаждения и с отработавшими газами, что существенно снижает их эффективность и требует разработки устройств рекуперации энергии, позволяющих повысить их эффективность работы.

Исходя из вышесказанного, перед нами была поставлена задача - создания устройства, которое бы могло рекуперировать и регенерировать теплоту отработавших газов и охлаждающей жидкости для повторного использования этой энергии в транспортном средстве. Таким устройством может быть термоаккумулятор [4].

Для разработки термоаккумулятора нами был проведен патентный поиск. В результате проведения патентного поиска, был выявлен ряд аналогов, таких как: 1). Патент №2258153 Система предпусковой тепловой подготовки двигателей внутреннего сгорания и гидропривода строительных дорожных машин; 2). Патент №2661561 Способ и устройство разогрева двигателей внутреннего сгорания; 3). Патент №2270345 Система смазки ДВС с термоаккумулятором. Также в результате проведения патентного поиска в качестве прототипа нами был принят патент №2270345 "Система смазки ДВС с термоаккумулятором". После доработки принципиальной схемы и включения в нее термоаккумулятора данный прототип стал основой для использования как в системе смазки, так и системе охлаждения ДВС, а включение в схему предложенную в патенте термоаккумулятора кожухотрубного типа, а также дополнительного подключения к нему модуля Пелетье, который может преобразовывать тепловую энергию отработавших газов в электрическую энергию и аккумулировать ее в источнике питания данная схема рекуперации энергии позволила решить весь комплекс задач установленный в начале исследования [4, 5].

Предлагаемая нами схема рекуперации энергии состоит (рисунок 1) из: замка зажигания 1 имеющего два положения переключения (I, II); аккумуляторной батареи (АКБ) 2; электрического масляного насоса 3; масляного картера 4, маслозаборника 5, электромагнитного золотникового распределителя 6; термоаккумулятора 7, состоящего из корпуса с теплоизоляционным слоем 12, змеевиковым теплообменным аппаратом 11, рабочим телом (солью) 10, нагревательных стержней 9 и модуля Пельтье 8. Так же в состав системы входят: обратные клапаны 13, 19 и 24, масляный фильтр 14, клапан термостат 15, главная масляная магистраль 16; датчик температуры 17; регулятор давления 18; электромуфту 20; шестерчатый масляный насос 21; коленчатый вал двигателя внутреннего сгорания 22; механизм распределения 23; радиатор 25; выключатель 26 [4, 5].

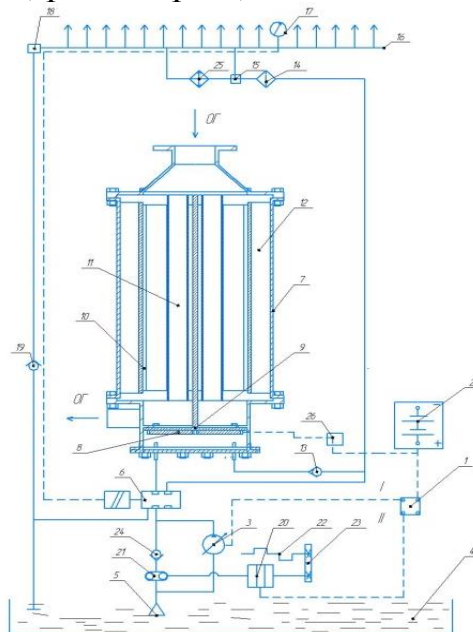


Рисунок 1 – Схема подключения термоаккумулятора к двигателю транспортного средства

Данная схема подключения позволяет аккумулировать до 14 кВт энергии, снижать предпиковые износы ДВС, а так же значительно сократить время прогрева двигателя до его рабочей температуры и повысить эффективный к.п.д. двигателя на 10%. Это достигается путем использования энергии накопленной термоаккумулятором в период эксплуатации двигателя. при помощи передачи накопленной тепловой энергии термоаккумулятора, через нагревательный стержень с пластиной, к вышеупомянутым системам транспортного средства тем самым подогревая их.

Как видно из приведенных в статье материалов разработка и применение термоаккумулятора в двигателях автомобилей УАЗ можем рекуперировать и регенирировать часть тепловых потерь в системе выпуска отработавших газов и системе охлаждения двигателя.

Список использованных источников.

1. Салмин В.В., Атясов Д.А., Вахубов А.М. Рекуперация энергии наземного транспортного средства. // Сборник статей V Международной научно-практической конференции «Транспорт. Экономика. Социальная сфера. (Актуальные проблемы и их решения)». / Под редакцией В.В. Салмина. МНИЦ ПГАУ Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – С. 92 – 96.
2. Салмин В.В., Суменков С.В., Атясов Д.А. Система рекуперации энергии наземного транспортного средства. // В сборнике: Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения). Сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, РИО ПГАУ. 2019. – С. 124 – 127.
3. Салмин В.В. Расчет и проектирование транспортных энергетических установок. – Пенза: ПГУАС. 2012. – 124 с.
4. Атясов Д.А., Салмин В.В., Жук А.П. Автотракторный термоаккумулятор. // В сборнике: Инновации технических решений в машиностроении и транспорте. Сборник статей V Всероссийской научно-технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием. 2019. – С. 29-33.
5. Салмин В.В., Атясов Д.А., Термоаккумулятор транспортного средства. / Патент РФ №2706324, МПК F24 H7/00, Бюл. №11 от 15.11.19. – Пенза: ПГУ. 2019. – 6 с.

DEVELOPMENT OF A VEHICLE ENGINE ENERGY RECOVERY SYSTEM

V.V. Salmin, D.A. Atyasov, P.A. Yumasheva

*Penza state University
Penza, Russia*

The article deals with the development and creation of a thermal accumulator and a schematic diagram of the exhaust gas energy recovery system based on the UAF car engine.

Keywords: thermal accumulator, shell-and-tube heat exchanger, automobile engine, heat energy storage, energy recovery, energy regeneration.

УДК 004.9

НОВАЦИИ МОДУЛЯ DOCS ВЕРСИИ 15 ПРОГРАММЫ T-FLEX

Н.А. Сергеева, А.С. Кулагин, А.Ю. Муйземнек

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет». Пенза, Россия

Данная статья посвящена обзору модуля DOCS 15 программы T-FLEX,

предназначенного для решения задач организационно-распорядительного документооборота конструкторско-технологической документации, а так же полного управления инженерными данными предприятия. Рассмотрены основные характеристики и новые возможности системы.

Ключевые слова: конструкторско-технологическая документация, модуль DOCs 15, программа T-FLEX, интерфейс, сервер.

Система документооборота – неотъемлемая часть технологического процесса любого предприятия. Огромный ассортимент и широкие возможности информационных систем говорят о том, что автоматизация рабочих процессов давно стала обычным явлением. Автоматизация документооборота – это экономия человеческих ресурсов и времени, новые возможности анализа, унификация документальной деятельности организации и снижение зависимости от индивидуального технологического опыта сотрудников [2].

Сегодня системы PDM предоставляют большие возможности в дополнение к основным функциям для управления документами, чертежами и спецификациями. Информационная система T-FLEX DOCs, разработанная компанией «Топ Системы», является наиболее ярким примером в этом отношении.

T-FLEX DOCs в настоящее время – это мощная PDM – система, работающая на базе Microsoft SQL Server, обеспечивающая ведение предприятием единой базы данных и коллективную работу с проектной, технологической, нормативной, справочной и другой информацией многим тысячам пользователей с разграничением прав доступа. Система позволяет искать и обрабатывать необходимую информацию, вести классификаторы, импортировать и экспортировать данные, а также поддерживает механизмы межсистемной интеграции с системами проектной (T-FLEX CAD) и технологической (T-FLEX Technology) документации, предлагаемыми компанией «Топ Системы», а также со сторонними ERP – системами [1].

Также система T-FLEX DOCs служит основой для реализации концепции PLM (product lifecycle management).

При разработке T-Flex DOCs особое внимание было уделено реализации таких задач, как: повышение эффективности при работе с большим количеством пользователей в момент постоянно растущего количества информационных объектов, находящихся под управлением системы; повышение удобства и наглядности пользовательского интерфейса, путем реализации многочисленных пожеланий и предложений пользователей из самых разных отраслей и сфер применения системы; расширение функциональных возможностей системы, которые позволят применять систему в различных областях автоматизации предприятия; разработка готовых прикладных решений, не требующих дополнительной настройки перед использованием; расширение возможностей интеграции, обеспечивающие взаимодействие с другими системами и приложениями в различных областях применения.

Версия T-Flex DOCs 15 имеет ряд значительных функциональных

улучшений: подключение к нескольким серверам; подписки на мероприятия; работа с заказами; управление задачами; структуры изделий; управление проектной подготовкой производства; веб сервер; веб-сервисы; обмен данными; поддержка PostgreSQL; инструменты анализа производительности [1].

Рассмотрим более подробно возможности системы T-FLEX DOCs15.

Организация технического документооборота. T-FLEX DOCs обеспечивает единство конструкторских, технологических данных и сопроводительной информации. На этапах технологического и конструкторского проектирования система дает возможность получать информацию о марках и ассортименте материалов, характеристиках оборудования, применимости деталей и узлов, а также предоставляет доступ к актуальным версиям чертежей и документации с возможностью отслеживания истории их изменений.

Решение проблем офисного и организационно-распорядительного документооборота. Инструменты T – FLEX DOCs позволяют сотрудникам разных отделов работать с электронными документами любого типа. База данных системы содержит набор готовых и легко настраиваемых шаблонов типовых офисных документов. Стандартизированный механизм ведения учета документов позволяет группировать их в соответствии с принятыми в организации правилами работы.

Управление проектами, планирование ресурсов и затрат. Модуль управления проектами T – FLEX DOCs позволяет спланировать необходимые работы, установить их последовательность, указать сроки и определить ответственных исполнителей. Планы для разных этапов работы могут быть созданы с разной степенью детализации. Для выполнения каждой задачи проекта можно указать набор материальных и трудовых ресурсов с указанием необходимых затрат.

Автоматизация бизнес-процессов. Возможности T – FLEX DOCs позволяют автоматизировать взаимодействие сотрудников предприятия, объединяя деятельность всех отделов в единое целое. Это помогает оптимизировать работу и предотвратить организационные ошибки. Инструменты системы позволяют анализировать бизнес-процессы, определять последовательность выполнения различных задач и автоматизировать переходы между ними. При этом выполнение всех операций наглядно, а действия пользователей сведены к минимуму.

Управление взаимоотношениями с клиентами. Модуль CRM позволяет отслеживать все действия в работе с каждым контрагентом, включая подписание документов, заключение договоров, ведение деловой переписки. Информация, собранная в единой базе партнеров и клиентов, позволяет анализировать взаимоотношения, оптимизировать маркетинговые коммуникации и улучшать бизнес-процессы.

Ведение архива, корпоративного хранилища данных. T – FLEX DOCs имеет ряд специализированных инструментов для управления структурами

данных. Уникальные инструменты позволяют организовать любые возможные способы связывания объектов разных типов, а также описать логику взаимодействия таких объектов. Этот механизм лежит в основе организации единого хранилища данных, которое может хранить объекты любой предметной области: от товарных структур и номенклатуры предприятия до контактных списков организаций-заказчиков и поставщиков.

Взаимодействие с известными CAD системами T – FLEX DOCs имеет готовые модули интеграции практически для всех самых популярных систем проектирования, включая: T-FLEX CAD, Solid Works, Autodesk Inventor, AutoCAD, Компас, Pro/E и Siemens NX.

Таким образом, можно сказать, что программное обеспечение для автоматизации предприятий - важная часть современного мира ИТ-сферы. Рынок зарубежной и отечественной продукции очень разнообразен, это позволяет найти систему с любыми особенностями и ценовыми характеристиками, интересующими пользователя [3].

Такая система как T – FLEX DOCs позволяет эффективно управлять ресурсами, оптимизировать и повышать эффективность работы с учетом всех необходимых факторов. В настоящее время в России рекомендуется использовать отечественные продукты среднего размера, которые написаны стабильно развивающимися компаниями, так как в этом случае пользователь всегда сможет получить грамотную техническую поддержку и ответ на любой вопрос.

Список использованных источников.

1. Официальный сайт ЗАО «Топ Системы» [Электронный ресурс]. / Режим доступа к сайту: URL: <https://www.tflex.ru/> (дата обращения 05.03.2021).
2. Лебедева О.А. Состояние и перспективы развития рынка информационных технологий в России / О.А. Лебедева, Т.Н. Макарова, Ю.П. Соболева, Е.В. Дрогавцева // Таврический научный обозреватель. – 2015. – № 2 – 1. – С. 33 – 38.
3. Демьянова О.В. Информационные технологии // Проблемы современной экономики. – 2018. – №1 (33).

NEW FEATURES OF THE DOCS MODULE VERSION 15 T-FLEX PROGRAMS

N.A. Sergeeva, A. S. Kulagin, A.Y. Muyzemnek

*FSBEI HE «Penza State University»
Penza, Russia*

This article is devoted to an overview of the DOCs 15 module of the T-

FLEX program, designed to solve the problems of organizational and administrative workflow of design and technological documentation, as well as complete management of engineering data of an enterprise. The main characteristics and new possibilities are considered.

Key words: design and technological documentation, DOCs 15 module, T-FLEX program, interface, server.

УДК 629.1

ПРОВЕДЕНИЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОПОЕЗДОВ С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА ПУТЕЙ ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

С.В. Суменков, А.М. Семин

*ФГБОУ «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье рассмотрено влияние тормозных систем автопоездов на активную безопасность транспортных средств. Сформулирована методика проведения оценки на стенде эффективности параметров работы

Ключевые слова: тормозная система, автопоезд, испытания тормозной системы.

Безопасность грузовых перевозок зависит как от мастерства водителя, так и от технических параметров автопоезда. На основе статистики по ДТП [1] с грузовыми автомобилями можно сделать вывод, что наиболее частой причиной столкновений стали неправильные действия водителя транспортного средства. Тяжесть последствий таких ДТП объясняется высокой массой автопоезда, особенно загруженного. В процессе возникновения ДТП и ходе его развития ключевую роль играет тормозная система автомобиля. Ошибки допущенные водителем должны быть исправлены за счет эффективности тормозной системы.

Однако в настоящее время парк грузовых автомобилей в Российской Федерации по-прежнему состоит из автомобилей старше 5 лет и заметной тенденции на его обновление не наблюдается. Спецификой его также является сочетание грузовых автомобилей с разными типами, конструкциями и параметрами полуприцепов. Несмотря на унификацию мест крепления, подсоединения и работы наблюдается потребность в разработке алгоритмов и методик оценки совместной работы тормозных приводов автомобилей – тягачей и полуприцепов к ним.

Проведенный анализ требований к техническому состоянию тормозных систем седельных автопоездов, находящихся в эксплуатации, выявил что согласно основного регламентирующего документа (ГОСТ Р 51709-

2001) оценка тормозных свойств должна проводиться для тягача, прицепа и автопоезда в целом.

Анализ статистической информации по ДТП с участием автопоездов, а также требований к тормозным системам автопоездов дал нам следующие выводы:

- складывание автопоезда как причина ДТП является основной и массовой в случае торможения на смешанном и обледенелом покрытии;
- последствия ДТП выражаются в виде потери груза, материального ущерба и гибели людей;
- исследование и совершенствование процесса торможения автопоездов на сложном смешанном покрытии является основной задачей на пути повышения активной безопасности транспортных средств.

В связи с этим целью данной работы будет совершенствование тормозной системы автопоезда с многоконтурным пневматическим приводом за счет совершенствования пневматической схемы тормозов полуприцепа.

Перед проведением ходовых испытаний автопоезда и экспериментальных, исследований модернизированного пневматического тормозного привода в составе автомобиля-тягача и прицепа необходимо проведение комплексной оценки показателей эффективности тормозной системы на стенде. Для проведения исследований показателей эффективности тормозной системы используется силовой тормозной стенд с беговыми барабанами модели КИ-8964 [2].

Стенд имеет следующие основные параметры:

Допустимая нагрузка на ось – 49000 Н;

Суммарная приводная мощность – 23 кВт;

Диапазон измерения тормозной силы 0-16000 Н;

Диаметр ролика – 0,24 м;

Максимальная окружная скорость роликов – 4 км/ч.

С помощью стенда возможно определить время срабатывания тормозной системы и замерить усилие, прикладываемое к педали тормоза. Тем самым можно контролировать блокировку колес и при этом автоматически отключать ролики.

Связь между оператором диагностом и водителем автопоезда, и процессе проведения испытаний, осуществляется с помощью переговорного устройства.

Методика проведения исследований состоит из следующих этапов:

1. Необходимо выполнить проверку давления в шинах автомобиля-тягача и полуприцепа. При этом давление измеряется в полностью остывших шинах с помощью манометров, соответствующих ГОСТ 9921. Поверхность шин должна быть чистая и сухая. Остаточная высота протектора не менее 1 мм. При необходимости необходимо довести давление в передней оси автомобиля тягача до 0,73 МПа, в задней тележке до 0,53 МПа, в шинах прицепа до 0,45 МПа.

2. Датчик измерения приложенного усилия из комплекта стенда

установить на педаль тормоза.

3. Произвести осмотр трубопроводов и соединений тормозных трубок на предмет герметичности.

4. Заполнить ресиверы тормозного привода сжатым воздухом от компрессора автомобиля до достижения величины рабочего давления 0,7 - 0,75 МПа.

5. Выполнить необходимые регулировки свободного и рабочего ходов педали тормоза, ходов штоков тормозных камер.

6. Автопоезд в снаряженном состоянии устанавливается на ролики стенда всеми колесами поочередно начиная с колес передней оси автомобиля-тягача, после этого под колеса нужно подложить упоры.

7. Включить двигатели стенда и раскрутить колеса, установленные на ролики стенда, до окружной скорости 4 км/ч.

8. Выполнить торможение путем нажатия на педаль тормоза и определить показатели эффективности торможения каждой оси. Выполняются измерения тормозных сил на левом и правом колесах; времени срабатывания по каждому колесу от момента нажатия на педаль тормоза до момента блокирования колеса. Измерительные системы стенда позволяют измерять параметры и при нормированном усилии нажатия на педаль тормоза 686 Н, и соответствии с требованиями ГОСТ Р 51709-2001 [3].

9. Рассчитать разность тормозных сил колес для каждой оси в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51709-2001 [3].

10. Определить, для оценки эффективности рабочего тормоза автопоезда на стенде, удельную тормозную силу для автомобиля-тягача и прицепа отдельно, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51709-2001 [3]. При этом относительная разность тормозных сил колес оси (в процентах от наибольшего значения) должна быть не более 20 % – для автомобиля-тягача и 25 % – для прицепа [3].

Список использованных источников.

1 Адлер, Ю.П. Маркова Е.В. Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. [Текст] // – М.: Наука, 1976, 270 с.

2 Алексеенко, В.Н. Исследование нагруженности и разработка методов ресурсных стендовых испытаний агрегатов тормозной системы с пневматическим приводом. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.03. - Харьсов, ХАДИ, 1974. – 30 с.

3. Балакин, В.Д., Иазарко С.А., Мельченко Г.Г., Петров В.И. Исследование тормозного привода автопоезда большой грузоподъемности. [Текст] // – В кн.: Исследование торможения автомобиля и работы пневматических шин. Новосибирск. 1977, 17 – 26 с.

CONDUCTING AN ASSESSMENT OF THE PARAMETERS OF THE BRAKE SYSTEM OF TRAINS WITH THE PURPOSE OF SEARCHING WAYS OF ITS IMPROVEMENT

S. V. Sumenkov, A. M. Semin

*Penza state university,
Russia, Penza*

The article deals with the influence of braking systems of road trains on the active safety of vehicles. A methodology for assessing the effectiveness of the parameters of the brake system operation at the stand has been formulated.

Keywords: braking system, road train, testing.

УДК. 533.6

ИОНИЗАЦИЯ, КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

С.А. Сысоев, А.В. Модяков, А.А. Вайчук, Н.Е. Курносков

*ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет
г. Пенза, Россия*

В данной статье рассматриваются технические решения, действующие на основе вихревых процессов, способствующие получению обогащенного топлива за счет ионизации воздуха перед непосредственным смешиванием.

Ключевые слова: ионизация, вихревой процесс, гомогенизация топлива, деспергация.

В наше время специалисты различных стран постоянно стараются улучшить свойства поступающего топлива в двигатели автомобилей, используя для этого различные методы. Они пропускают его через магнитные поля, смешивают с водой и добавляют всевозможные присадки. Это делается для того, чтобы улучшить имеющиеся положительные характеристики работы двигателя, например, такие как мощность. Также одним из таких методов является ионизация топливной смеси с помощью различного рода завихрителей.

Ионизация – эндотермический процесс образования ионов из нейтральных атомов или молекул.

Положительно заряженный ион образуется, если электрон в молекуле получает достаточную энергию для преодоления потенциального барьера, равную ионизационному потенциалу. Отрицательно заряженный ион,

наоборот, образуется при захвате дополнительного электрона атомом с высвобождением энергии [1].

Физика этого процесса состоит в следующем. Топливо попадает в камеру сгорания в виде мельчайших капель. Процесс ионизации приводит к уменьшению силы внутреннего сцепления молекул, и жидкое топливо приобретает способность к распылению на более мелкие капли, чем в обычном состоянии. Такое мелко-распыленное топливо сгорает практически без остатка. В работу по толканию поршня двигателя переходит большая часть энергии. Получившаяся топливная смесь не оставляет на стенках камеры сгорания сажи и парафинов; при этом уменьшается токсичность выхлопных газов [2].

Существуют несколько устройств, с помощью которых можно произвести ионизацию топливной смеси и достичь его эффективности.

Примером может служить техническое решение “Завихритель, камера сгорания и газовая турбина с улучшенным перемешиванием” [3]. Данное изобретение направлено на улучшение перемешивания топлива и воздуха в зоне завихрения за счет обеспечения однородной ионизированной воздушно-топливной смеси при всех возможных нагрузках.

Для решения поставленной задачи выбран следующий путь: Завихритель для перемешивания топлива и воздуха, расположенный в камере сгорания газотурбинного двигателя, содержит множество лопаток, расположенных в радиальном направлении вокруг центральной оси завихрителя, множество смесительных каналов для перемешивания топлива и воздуха. По меньшей мере, один смесительный канал из множества смесительных каналов образован противоположными стенками двух соседних лопаток из множества лопаток и содержит, по меньшей мере, одно отверстие для впрыска топлива и, по меньшей мере, одно углубление для образования вихря воздуха. По меньшей мере, одно углубление расположено, по меньшей мере, в одном смесительном канале перед отверстием для впрыска топлива относительно направления потока воздуха для обеспечения индивидуальной турбулентности для соответствующего смесительного канала.

Еще одним техническим решением может служить патент “Завихритель для смешивания топлива с воздухом в двигателе сгорания” [4]. Целью изобретения является улучшение характеристик смешивания топлива с воздухом. Поставленная задача решается смешивания топлива с воздухом с помощью создания завихрительных щелей в двигателе сгорания с возможностью направления текучей среды к центральной части. Недостатком данного приспособления является невозможность достижения достаточно высокой степени гомогенизации топливной смеси.

Техническое решение “Топливная форсунка с осевым потоком (варианты) и способ предварительного смешивания топлива и воздуха” [5]. Это изобретение направлено на обеспечение простой конструкции с более эффективным распылением жидкого топлива в канале предварительного смешивания для снижения выбросов наряду с оптимальным использованием воздушной завесы.

Принцип работы этого устройства следующий. Топливная форсунка с осевым потоком для газовой турбины содержит кольцевые каналы, предназначенные для доставки продуктов для сжигания. Кольцевой воздушный канал предназначен для приема нагнетаемого компрессором воздуха. Смежно с осевым концом кольцевого воздушного канала расположены завихрительные лопаточные каналы. Следующий первый кольцевой канал расположен радиально внутри кольцевого воздушного канала и имеет первые отверстия, расположенные смежно с Осевым концом первого кольцевого канала и ниже по потоку от завихрительных лопаточных каналов. Следующий второй кольцевой канал расположен радиально внутри первого кольцевого канала и имеет вторые отверстия, расположенные смежно с осевым концом второго кольцевого канала и ниже по потоку от первых отверстий.

В Пензенском государственном университете ведется работа по поиску новых решений по ионизации воздуха с минимальными затратами энергии. Одним из решений является применение вихревой трубы (эффект Ранка) [6] [7]. В вихревой трубе предлагается конструкция, позволяющая ионизировать воздух и разделять его на охлажденный и нагретый за счет бароэлектрического эффекта. Таким образом в рамках единого вихревого процесса возможно получение “горячего” или “холодного” потоков ионизированного воздуха.

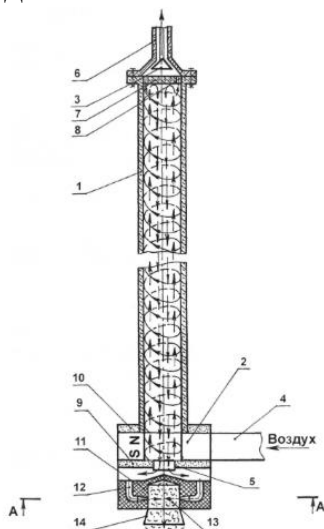


Рис.1 – Устройство для ионизации воздуха.

- 1 – вихревая патрубка;
- 2 - завихритель;
- 3 – дроссель;
- 4 – патрубков для тангенциальной подачи воздуха;
- 5 – патрубки вывода охлажденного потока воздуха;
- 6 – патрубки вывода нагретого потока воздуха;
- 7 – решетка;
- 8 – пазы крепления;
- 9,10 – кольцевые постоянные магниты;
- 11 – разделитель;
- 12 – каналы;
- 13 – цилиндрический смеситель.

Работа данного устройства базируется на вихревых процессах и позволяет повысить степень ионизации воздуха с помощью баллоэлектрического эффекта, расходуя при этом малое количество энергии.

Список использованных источников.

1) Ионизация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F>, свободный – (17.03.2021).

2) Ионизация топлива [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://auto-piter.net/content/doc/525>, свободный – (19.03.2021).

3) “Завихритель, камера сгорания и газовая турбина с улучшенным перемешиванием” Лам Кам Кей пат.2548521 Великобритания МПК F23R 3/14.

4) “Завихритель для смешивания топлива с воздухом в двигателе сгорания” Тимоти Долмэнсли, Джэймс Херд пат.2716951 Великобритания МПК F23R 3/14, F23R 3/28.

5) “Топливная форсунка с осевым потоком (варианты) и способ предварительного смешивания топлива и воздуха” Нишант Говиндбхай, Грегори Аллен Бордмэн, Джэффри Дэвид Майерс пат.2618799 США МПК F23R 3/14, F23R 3/28, F23L 7/00, F23D 11/16.

6) “Способ ионизации воздуха и устройство для его осуществления” Курносов Н.Е., Иноземцев Д.С. пат.2576513 Рос. Федерация МПК A61L 9/22.

7) “Ионизация воздуха в вихревой трубе Ранка-Хилша и способ получения уни- и биполярной ионизации” Алексеев Д.П., Курносов Н.Е., Лебединский К.В., Николотов А.А., Инженерно-физический журнал 2015, Беларусь, том88, №6. – с.1425 – 1430.

IONIZATION, AS A WAY TO INCREASE FUEL EFFICIENCY IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES

S.A. Sysoev, A.V. Modyakov, A.A. Vaichuk, N.E.Kurnosov

*FSBEI HE Penza State University
Penza, Russia*

This article discusses technical solutions operating on the basis of vortex processes, contributing to the production of enriched fuel due to the ionization of air before direct mixing.

Keywords: ionization, vortex process, homogenization of fuel, dispersion.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

Е.В. Таратунина, А.И. Выгановская, Е.А. Попова, В.И. Кроль

*ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
г. Кемерово, Россия*

В статье предложены основные этапы оценки уровня пожарной безопасности производственного объекта, рассмотрены нарушения требований пожарной безопасности на действующем объекте

Ключевые слова: пожарная безопасность, эвакуация людей, производственный объект

Каждый год огненная стихия наносит некомпенсируемый вред человечеству, унося с собой жизни людей и материальные ценности. Для производственного объекта обеспечение требуемого уровня пожарной безопасности является первоочередной задачей.

Объектом рассмотрения является предприятие – производственно-строительная база, основанная в 1999 году в городе Кемерово. Основная деятельность завода - производство металлического стеллажного оборудования. На территории объекта размещен производственно-складской корпус с административно-бытовым блоком. С 2018 года производственный корпус находится на поэтапной реконструкции и введен в частичную эксплуатацию, этим объясняется своевременность проверки состояния объекта на соответствие требованиям пожарной безопасности.

Здание корпуса имеет размеры 65,35х69,90м, и состоит из двух частей: одноэтажная часть с размещением производственного цеха категории Д, высотой до низа ферм 7 м, и двухэтажный административно-бытовой блок высотой этажей 4,3 и 3,7 м. Общая площадь здания составляет 6014,70 м². Так же в корпусе расположен торгово-выставочный зал с максимальной вместимостью 30 человек. Штат трудящихся сотрудников составляет 60 человек.

Класс конструктивной пожарной опасности корпуса С0, вторая степень огнестойкости. В производственном цехе осуществляются различные виды работ по изготовлению металлических стеллажей, имеется автоматизированное технологическое оборудование (машины прокаточные, гибочные и лазерной резки), работающее от сети высокого напряжения, генерируемого выносной трансформаторной подстанцией. В административном блоке располагаются кабинеты руководящего состава, проектный отдел, торгово-выставочный зал и столовая.

Противопожарные мероприятия производственно-складского корпу-

са обеспечиваются системой автоматической установкой пожарной сигнализации (АУПС) на базе приборов производства «Болид», установками дымоудаления и подпора воздуха, сетью внутреннего и наружного противопожарного водопровода, представленную насосной станцией, двумя наружными гидрантами и внутренними пожарными кранами.

Необходимой мерой для выявления возможных недостатков системы пожарной безопасности объекта является экспертиза проектных решений на соответствие требуемым нормам пожарной безопасности. На стадии планирования этапа реконструкции выявляются и исправляются конструктивные изъяны, которые при эксплуатации объекта могут стать причиной аварии и чрезвычайной ситуации с пожаром. Выполняется это путем детального изучения документации, на основании которой составляются таблицы экспертизы генерального плана объекта, объёмно-планировочных и конструктивных решений, эвакуационных путей и выходов, противопожарной защиты здания, обследование систем отопления, вентиляции и кондиционирования, проверка противовзрывной защиты здания.

Основными вопросами при проверке генерального плана предприятия являлись: наличие въездов, подъездов, дорог; количество въездов на территорию объекта и расстояние между ними, ширина ворот для въезда автотранспорта; подъезды к зданиям, расстояние от дорог до зданий; наличие подъездов к источникам воды; наличие и радиус обслуживания пожарного депо; противопожарные расстояния между зданиями. По результатам экспертизы генеральный план производственно-складского корпуса завода стеллажных систем соответствует требованиям пожарной безопасности.

Следующий этап состоял в оценке объёмно-планировочных и конструктивных решений здания. В общем случае экспертизе подлежат решения: этажность; вместимость здания; площадь пожарных отсеков; разделение отсека на пожарные секции и помещения; допустимость размещения помещений другого назначения в здании; высота этажа; изоляция лестничных клеток от других помещений здания. В ходе работы было выявлено, что принятые на объекте объёмно-планировочные решения соответствуют необходимым требованиям нормативных документов в области пожарной безопасности. При оценке конструктивных решений в здании учитывались вопросы: пределы огнестойкости основных строительных конструкций объекта; необходимость устройства и количество противопожарных преград; защита проемов в противопожарных преградах; внутренняя облицовка стен; выбор способов огнезащиты и другие. По результатам экспертизы обнаружено нарушение – предел огнестойкости железобетонной конструкции межэтажных перекрытий не соответствует нормам - ниже REI 45. Для обеспечения требуемого предела огнестойкости несущих элементов допускается применять конструктивную огнезащиту - облицовка, обетонирование, оштукатуривание. Для увеличения предела огнестойкости перекрытия рассматриваемого объекта применен огнезащитный материал «ФТ Барьер», являющаяся конструктивной огнезащитой несущих и ограждаю-

щих железобетонных конструкций.

В ходе пожарно-технического обследования эвакуационных путей и выходов проверяется соответствие количества эвакуационных выходов, их суммарной ширины и минимальных размеров, протяженности путей эвакуации, конструктивного исполнения эвакуационных путей и выходов, а также наличие и качество организационных мероприятий по обеспечению безопасности людей на случай возникновения пожара. В устройстве путей эвакуации нарушений требований пожарной безопасности на объекте не выявлено.

Намеренно ухудшив процесс эвакуации (блокировка некоторых эвакуационных путей и выходов), расчетом было установлено, что условие безопасной эвакуации людей для наиболее опасного варианта развития пожара, характеризующимся наибольшим темпом нарастания опасных факторов пожара, не выполняется. Так необходимое время эвакуации из здания составило $\tau_{эв}=1,026$ мин, а время наступления пониженного содержания кислорода $t_{нб}=0,49$ мин. При этих условиях была определена величина индивидуального пожарного риска и составила $2,6 \cdot 10^{-4}$ в год. Условие безопасности не выполнено, значение индивидуального пожарного риска больше допустимого. Результаты расчетов помогают оценить возможные сценарии развития пожара в здании.

Подход к оценке противопожарной защиты производственно-складского корпуса направлен на повышение уровня пожарной защиты объекта. Соответствие требованиям должно устанавливаться по действующим нормам пожарной безопасности. Предлагаемые приемы оценки найдут применение и на других объектах промышленного строительства.

Список использованных источников.

1 Усовершенствование подходов к проектированию систем противопожарной защиты /А.В. Новикова, Д.Ю. Семенов, Е.М. Григорьева, Л.Н. Лоцилина, Н.В. Семененко// Алгоритм безопасности. – 2018. -№ 6. – С. 33-40.

2 Федоров, В.С. Противопожарная защита зданий. Конструктивные и планировочные решения: уч. пособие / В.С. Федоров, В.И. Колчунов, В.Е. Левитский. – М.:Изд-во АСВ, 2012. – 176 с.

3 Анализ нормативно-технических коллизий в современных условиях при выполнении требований в области пожарной безопасности: проблемы, решения / Д.А. Бесперстов, Е.А. Попова, А.Н. Кроль, В.В. Романова// Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2019. – № 3. – С.42-47.

4 Анализ математических моделей развития опасных факторов пожара в системе зданий и сооружений /А.С. Ярош, М.Н. Чалаташвили, А.Н. Кроль, Е.А. Попова, В.В. Романова, А.В. Сачков// Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2019. – № 1. –

С.50 – 56.

5 Теребнев, В.В. Промышленные здания и сооружения / В.В. Теребнев, Н.С. Артемьев, Д.А. Корольченко, А.В. Подгрушный, В.И. Фомин, В.А. Грачев. Серия «Противопожарная защита и тушение пожаров». Книга 2. – М.: Пожнаука, 2006. – 412 с.

TO THE QUESTION OF ASSESSMENT OF THE FIRE SAFETY LEVEL OF THE INDUSTRIAL AND CONSTRUCTION FACILITY

E.V. Taratunina, A.I. Vyganovskaya, E.A. Popova, V.I. Krol

*FSBEI HE «Kemerovo State University»,
Kemerovo, Russia*

The article proposes the main stages of assessing the level of fire safety of a production facility, considers violations of fire safety requirements at an operating facility

Key words: fire safety, evacuation of people, production facility

УДК 656.13

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА УЧАСТКУ ТРАССЫ М5 МОКШАН – ГОРОДИЩЕ ОТ ВЫБРОСОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

М. А. Фадеева, Н.Е. Курносов

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

Произведен анализ загрязнения атмосферы выбросами выхлопных газов автомобилей, описаны их вредные воздействия на окружающую среду и человека, предложены мероприятия по снижению загрязнения.

Ключевые слова: экологический ущерб, автомобильный транспорт, вред, атмосфера, токсичные газы

В современном мире автомобилизация растет очень быстрыми темпами и этот процесс неизбежен, так как идет стремительный рост населения и автомобильные транспортные средства для людей давно перестали быть роскошью, а наоборот, автомобиль – это необходимость для современных людей.

Исторический сложилось, что Пензенская область является перекрестком двух дорог, а именно, трассы М5-Урал и Р-158 (Саратов – Нижний Новгород). А это в разы увеличивает и без того колоссальную нагрузку на экологию Пензенского региона, а именно, рассматриваемого участка

Мокшан – Городище. В месте пересечения этих двух автомобильных дорог интенсивность увеличивается в разы (рис. 3). И без того серьезный экологический ущерб отягощается этим пересечением. Кроме этого, Пензенская область является перекрестком железных дорог, которые в свою очередь также оставляют значительный след на экологии региона и «подливают масло в огонь».

Протяженность трассы по Пензенской области составляет 310 км (467 км до 781 км). (рис. 3)

В связи с этим для оценки выбран наиболее загруженный дорожный участок – это М5 -Урал (Мокшан – Городище). Федеральная трасса М5 – «Урал» одна из самых длинных автомобильных дорог. Обозначение «М» имеют автодороги федерального значения, соединяющие Москву со столицами иностранных государств и административными центрами субъектов РФ.

В выхлопных газах содержится около 220 вредных веществ (табл. 1), в том числе окись углерода (CO), углеводород (CH), оксид азота (NOx) и другие газы.

Наименование группы автомобилей	Номер группы	Выброс загрязняющего вещества, г/мин						
		CO	NO _x (в пересчете на NO ₂)	CH	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Бенз(α)пирен
Легковые	I	0,5	0,015	0,10	0,015	0,5-10 ⁻²	0,4-10 ⁻³	0,15-10 ⁻⁶
Автофургоны и микроавтобусы до 3,5 т	II	2,0	0,040	0,30	0,080	0,9-10 ⁻²	1,4-10 ⁻³	0,4-10 ⁻⁶
Грузовые от 3,5 до 12 т	III	2,5	0,120	0,66	0,900	1,7-10 ⁻²	7,2-10 ⁻³	1,1-10 ⁻⁶
Грузовые св. 12 т	IV	2,7	0,140	0,83	1,100	2,4-10 ⁻²	9,5-10 ⁻³	1,3-10 ⁻⁶
Автобусы св. 3,5 т	V	1,9	0,100	0,57	0,670	1,5-10 ⁻²	4,8-10 ⁻³	0,9-10 ⁻⁶

Рисунок 1 – Значения удельных выбросов загрязняющих веществ для автомобилей [2]

Наиболее опасны для здоровья человека: оксид углерода, диоксид азота, которые оказывают отрицательное влияние на сердечно-сосудистую и дыхательную системы. В течение суток автомобиль выбрасывает до 1 кг выхлопных газов. Кроме того, в республиках СНГ в связи с засушливостью погоды в атмосферном воздухе в течении 8-9 месяцев содержится пыль, частицы которой так же вредны для организма человека. В отработавших газах может содержаться свинец, который опасен для умственного развития людей и особенно губителен для детей, поскольку дети более чувствительны к воздействию токсичного металла. Он опасен еще тем, что накапливается в организме. [3]

На начало 2020 года количество автотранспорта всех типов в России оценивалось экспертами в размере около 59 млн. единиц, что на

15 млн. больше начала 2010 года (рис. 2). Исследования показали, что цифры будут расти на протяжении 20 лет. Средний возраст легковых автомобилей в России, по подсчётам экспертов, составляет 13,4 года. Грузовой, коммерческий и автобусный транспорт имеет средний возраст 14 – 16 лет. А это говорит о том, что автопарк устаревает, что на прямую сказывается на экологической ситуации. [4]

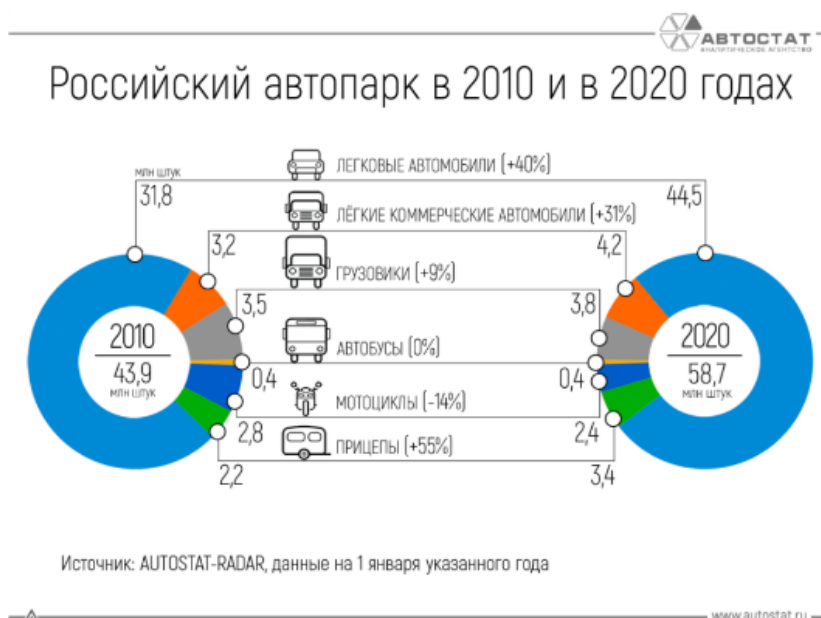


Рисунок 2 – Российский автопарк. Динамика изменений за последние 10 лет

Для города Пензы участок автомобильной дороги федерального значения М-5 «Урал» обеспечивает связь с другими субъектами РФ, находящимися в восточном и западных направлениях.



Рисунок 3 – Протяженность М5 в Пензенской области

Техническая категория автомобильной дороги М5-Урал в пределах Пензенской области – I Б категория. По территории Пензенской области интенсивность движения по М-5 «Урал» составляет около 20000 авт./сут. В целом по трассе интенсивность варьируется от 15000 до 44000 авт./сут и превышает расчетную в 5 – 7 раз. [1]

На участке Мокшан – Городище трассы М5 огромное количество жилых зон, особенно в пределах Пензы, р. п. Мокшана, и участка от Пензы до г. Городище и их число стремительно растет. Соответственно, эти жилые зоны находятся под опасным влиянием токсичных выбросов автомобильного транспорта.

В региональной и центральной прессе для обозначения трассы М5 нередко используют словосочетание «дорога смерти». И не зря, потому что М5 не только полна многочисленными ДТП с летальным исходом, но и отложенную опасность наносят отработавшие токсичные вещества ДВС автомобилей, ими дышат люди и вредные соединения осаждаются в легких, которые в перспективе могут вызвать тяжелые заболевания дыхательной системы, но они проявятся в будущем, о котором никто не думает!

Ежедневно в воздух на участке трассы М5 (Мокшан – Городище) поступает 1490,4 г/сут. токсичных веществ только от одной легковой машины, от автофургонов и микроавтобусов до 3,5 т – 4536,58 г/сут., грузовые от 3,5 т до 12 т – 6054 г/сут., грузовые св. 12 т – 6917 г/сут., автобусы св. 3,5 т – 4694,1 г/сут. В среднем один автомобиль загрязняет воздух $(1490,4 + 4536,58 + 6054 + 6917 + 4694,1)/5 = 3355$ г/сут., $\Rightarrow 20000 \cdot 3355 = 67100320$ г/сут. = 67100,32 кг/сут. Почти 70 кг токсичных газов, пыли, летает в воздухе и осаждается на поверхности земли, всем этим дышат люди, которые живут в жилых зонах, вдоль автомобильной дороги М5 – Урал на участке Мокшан – Городище.

Результаты Всероссийской операции «Чистый воздух», ежегодно проводимой в крупных городах, показали, что из-за неисправностей или неправильных регулировок систем питания и зажигания ДВС экологическим нормам не соответствует 25 – 30 % автомобилей, а выбросы вредных веществ отечественных автомобилей примерно в 2 раза выше аналогичного показателя в Германии. Ненадлежащее техническое состояние подвижного состава и автодорог не способствует энергосбережению на автотранспорте и в конечном итоге его экологической безопасности. [3]

Результат проведенной оценки экологического ущерба от выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом позволяет сделать вывод:

Проблема экологической безопасности автомобильного транспорта как на протяжении всей трассы М5-Урал, так и на рассматриваемом участке Мокшан - Городище и снижение количества вредных выбросов является важнейшей задачей современности, решение которых, возмож-

но, как за счет совершенствования конструкции двигателя, так и улучшения качества топлива.

Мероприятия по повышению экологической безопасности:

Таблица 2 – Мероприятия по повышению экологической безопасности

Централизованные	В Пензенской области на участке Мокшан-Городище трассы М5-Урал
<ul style="list-style-type: none"> - Ужесточение критериев по оценке работоспособности и безопасности автомобиля при прохождении ТО - Качество применяемого топлива оказывает решающее влияние на экологические показатели автомобильного транспорта. - Применение топлива, соответствующего требованиям Евро вместо стандартных топлив отечественного производства, т.к. значительно снижается количество средневзвешенных вредных выбросов в атмосферу 	<p>Ежегодно поднимается в воздух и осаждается на землю участка Мокшан – Городище трассы М5 около 26 тонн отравляющих веществ, которыми дышат сотни тысяч людей, проживающих в непосредственной близости с этим экологически опасным участком, пьют воду из водоёмов, в которые посредством дождя попадает свинец и др. токсичные вещества, выращивают овощи и фрукты в земле отравленной сажей и гарью. Все эти вредные и опасные для жизни вещества медленно оседают в наших организмах и постепенно накапливаются. И этот факт не может ни затронуть нашу будущую жизнь и здоровье наших детей. А вопрос размещения жилого комплекса «Лугометрия» в зоне Арбеково выполнен без учета экологической опасности автомобильной дороги М5.</p> <p>Решение - регулярное обновление зеленых насаждений вдоль автомобильных дорог. Но, к сожалению, за последние несколько десятков лет обновление озеленений не проводилось.</p>

Список использованных источников.

1. Каримходжаев Назиржон Сравнительный анализ токсичности выхлопных газов автомобилей и пути снижения // Технические науки – 2020.
2. ГОСТ Р 41.83-2004 (Правила ЕЭК ООН N 83) Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств в отношении выбросов вредных веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей
3. <https://www.mnr.gov.ru/>
4. <https://www.autostat.ru/>
5. <https://bkdrf.ru/>

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL DAMAGE TO THE SECTION OF THE M5 MOKSHAN – GORODISHCHE HIGHWAY FROM EXHAUST GAS EMISSIONS FROM ROAD TRANSPORT

M.A. Fadeeva, N. E. Kurnosov

*FSBEI HE "Penza state University"
Penza, Russia*

Abstract: the analysis of air pollution by car exhaust emissions is made, their harmful effects on the environment and humans are described, and measures to reduce pollution are proposed.

Key words: environmental damage, road transport, damage, atmosphere, toxic gases

УДК621.01

ВОЗМОЖНОСТЬ СУЩЕСТВОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАР

В.С. Филоретов, В.А. Шорин

*ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет
г. Пенза, Россия*

Предложенный в статье подход позволяет установить принципиальную невозможность реализации некоторых типов кинематических пар.

Ключевые слова: кинематическая пара.

Вопросам классификации кинематических пар по различным признакам посвящено значительное количество работ отечественных и зарубежных авторов [1, 2] и др. Указанные исследования выявили теоретический ряд пар, возможность геометрического исполнения которых остается неясной. Имеется восемь типов пар, для которых физически реализуемые геометрические формы неизвестны. Если же учесть и взаимную ориентацию движений, допускаемых парой, относительно трех координатных осей по классификации В. В. Добровольского [2], то число таких пар еще более велико (это пары ППП, ПП, ПП || В и др.).

Исследованию возможности геометрического исполнения пар ППП, ПП, ПП || В посвящена настоящая статья.

Рассмотрим отдельно взятую кинематическую пару с геометрическими связями [3]. Будем говорить, что эта пара имеет n возможных неза-

висимых движений, если в любой момент времени можно, осуществить все n видов движения.

Охарактеризуем данную пару полем векторов линейных $V(V_x, V_y, V_z)$ и угловых $\omega(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ скоростей звеньев относительно друг друга (здесь и далее индексы x, y, z определяют проекции вектора на соответствующие оси координат). По значению математических характеристик полей векторов V и ω будем судить о возможности физической реализации пары.

Исследуем существование пары типа ППП. Поскольку данная пара имеет три возможных независимых поступательных движения, то V_x, V_y, V_z суть функции от всех трех координат:

$$V_x = V_x(x, y, z); \quad V_y = V_y(x, y, z); \quad V_z = V_z(x, y, z). \quad (1)$$

Как известно [4], вектор ω с точностью до постоянного множителя c равен вектору $\text{rot } V$:

$$\omega = c \text{rot } V \quad (2)$$

Все компоненты $\text{rot } V$ равны нулю тогда и только тогда, когда выполняются равенства:

$$\frac{dV_z}{dy} = \frac{dV_y}{dz}; \quad \frac{dV_x}{dz} = \frac{dV_z}{dx}; \quad \frac{dV_y}{dx} = \frac{dV_x}{dy}. \quad (3)$$

Для пары с тремя независимыми поступательными движениями не выполняется соотношение $\text{rot } V = 0$, так как из условия геометрических связей следует, что вид зависимостей (1) может быть совершенно произвольным. В этом случае в силу равенства (2) векторное поле линейных скоростей порождает векторное поле угловых скоростей ω , причем $\omega_x \neq 0$; $\omega_y \neq 0$; $\omega_z \neq 0$. Значит, пара типов ППП должна допускать также три независимых вращательных движения. Но это возможно только в том случае, когда число условий связи звеньев пары равно нулю, звенья не соприкасаются и, следовательно, кинематическая пара перестает существовать. Отсюда вытекает, что кроме пары ППП не существуют также пары ПППВ и ПППВВ.

Рассмотрим теперь кинематическую пару типа ПП. Эта пара допускает два независимых поступательных движения относительно двух координатных осей (для определенности осей x и y). Таким образом, ее можно охарактеризовать полем вектора $V(V_x, V_y, V_z)$, где $V_z = 0$, а V_x и V_y будут функциями от двух соответствующих координат:

$$V_x = V_x(x, y); \quad V_y = V_y(x, y) \quad (4)$$

Из (3), (4) вытекает, что в этом случае $\text{rot } V \neq 0$ и направлен вдоль оси z (и здесь в силу геометрических связей зависимости (4) могут быть совершенно произвольными).

Следовательно, пара с двумя возможными независимыми поступательными движениями относительно осей x и y всегда допускает вращательное движение относительно оси z . Из сказанного можно сделать вывод о том, что пары типов ПП, ППЦВ и ПП $\parallel$ ВВ не существуют.

Таким образом, предложенный в работе подход позволяет установить принципиальную невозможность реализации некоторых типов кинематических пар. Вместе с тем следует отметить, что рассмотренные пары могут быть реализованы за счет негеометрических связей, обеспечивающих выполнение равенства (3). Однако вопрос технического исполнения таких связей остается по-прежнему открытым.

Список использованных источников.

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин. М., 1975.
2. Добровольский, В.В. Теория механизмов. М., 1953.
3. Добронравов, В. В. Основы аналитической механики. М., 1976.
4. Фихтенгольц, Г. М. Основы математического анализа. Т. 2. М., 1968.

THE POSSIBILITY OF EXISTENCE SOME TYPES OF KINEMATIC PAIRS

V.S. Filaretov, V. A. Shorin

*FSBEI HE «Penza State University»,
Penza, Russia*

The approach proposed in the article makes it possible to establish the fundamental impossibility of implementing certain types of kinematic pairs.

Keywords: kinematic pair.

УДК 629.3.027.3

ПОВЫШЕНИЕ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ КАБИНЫ ПУТЕМ ЕЕ ПОДРЕССОРИВАНИЯ

Ш.Ф. Халимов, А.А. Войнов

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье рассмотрен способ повышения комфортабельности грузовой

спецтехники с помощью регулируемого гидроцилиндра-стабилизатора.

Ключевые слова: подвеска кабина, раскачка, устойчивость, гидроцилиндр-стабилизатор.

Грузовая спецтехники предназначена для перевозки промышленных и строительных грузов различного типа и сыпучих материалов. Эти автомобили работает не только на городских дорогах, но и на дорогах с плохим покрытием, где важную роль играет подвеска кабины водителя. В данных моделях подвеска кабин имеет различные конструкции с пневматическими элементами поддрессоривания, а также пружинными амортизаторами. Недостатком является отсутствие регулировки подвески и излишняя раскачка при проезде неровностей. Частично это компенсируется работой пневматической подвески водительского сиденья [1]. Однако, отсутствие регулировки амортизирующих элементов влечет за собой раскачку кабины, что отрицательно сказывается на комфорте (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Конструкция подвески кабины

Одним из способов повышения комфортабельности является регулировка кабины от нагрузки на заднюю ось (рисунок 2).

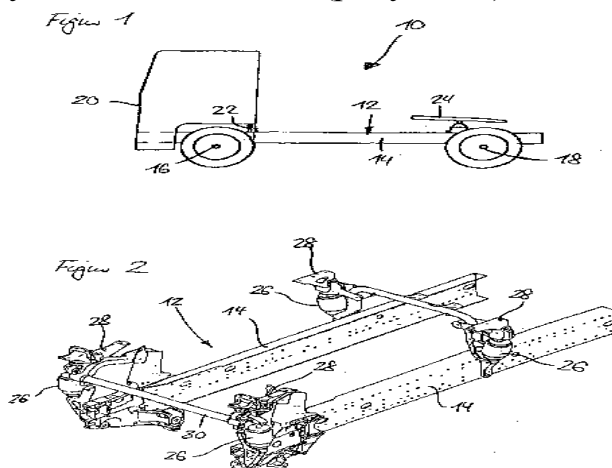


Рисунок 2 – Регулировка раскачки за счёт нагрузки на ось

Минусами этого решения являются пневматическая система, которая не применяется на карьерной грузовой спецтехнике (применяется на магистральных автомобилях) в виду отсутствия задней пневматической подвески [2].

Решением данной проблемы является модернизации кабины грузового транспортного средства, регулируемого гидроцилиндра-стабилизатора, который состоит из: гидроцилиндра, золотника-распределителя и вспомогательной гидравлической системой (бачка и насоса) (рисунок 3) [3].

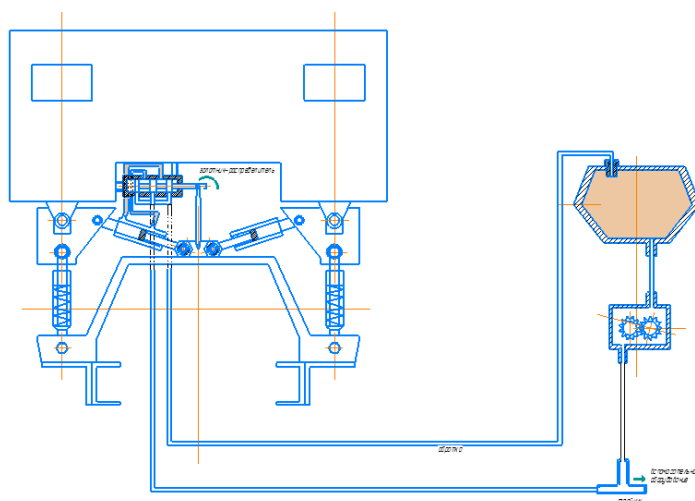


Рисунок 3 – Модернизации подвески кабины

Работает подвески кабины следующим образом: при повороте автомобиля кабина за счет сил инерции перемещается влево (вправо) и взаимодействует с золотником-распределителем через тягу под кабиной, при котором напорная магистраль трубопровода совмещается с линией на гидроцилиндре (надпоршневой или подпоршневой со штоком) и тем самым обеспечивается перемещение штока и возврат кабины в осевое положение, при котором микропереключатель перемещает золотник в нейтральное положение и магистральная ветвь соединяется со сливом в бак. Аналогичный процесс происходит при перемещении кабины в противоположную сторону от оси автомобиля.

Выбор такой конструкторской разработки обусловлен в первую очередь сферой применения данного грузового транспортного средства.

Это повысит комфорт, но и не ухудшит показатели безопасности. За счет этого грузовое транспортное средство при торможении и резких поворотах кабина будет устойчива и исключена раскачка.

Список использованных источников.

1. Мордашов Ю.Ф., Носаков В.Н., Запойнов В.Д. Устройство автомобилей КамАЗ. Учебное пособие. Н.Новгород: ВГИПУ, 2010. – 78 с.
2. [Электронный ресурс]

<https://patentscope.wipo.int/search/ru/search.jsf>

3. Марутов В. А., Павловский С. А. Гидроцилиндры. Конструкция и расчет. М., «Машиностроение», 1966, с. 170.

IMPROVED VISIBILITY FOR THE OPERATOR IN THE PROCESS

S.F. Halimov, A.A. Woinov

*FSBEI HE «Penza State University»
Penza, Russia*

The article describes a way to increase the comfort of special cargo vehicles with the help of an adjustable hydraulic cylinder-stabilizer.

Keywords: suspension cab, swing, stability, hydraulic cylinder-stabilizer.

УДК 629.314

СИСТЕМА ПИТАНИЯ БЕНЗИН-ГАЗ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

П.В. Хачиров, А.П. Жук

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
г. Пенза, Россия*

В статье обозначена актуальность применения системы питания бензин-газ, и ее влияние на характеристики двигателя.

Ключевые слова: бензин, система питания, газобаллонное оборудование, двигатель.

В последнее время, в связи с подорожанием бензина, всё чаще автовладельцы переводят свой автомобиль либо полностью на сжиженный (пропан-бутан) или природный газ, либо на гибридную систему, включающую в себя возможность питания двигателя как бензином, так и газом.

Двигатель, работающий на обоих видах топлива, сохраняет элементы системы питания бензином, однако дополняется элементами питания газом. Схема данной системы приведена на рисунке 1.

Система ГБО на автомобиле работает следующим образом: сжиженный газ находится в баллонах, расположенных под рамой автомобиля, либо в багажнике. Давление в баллонах составляет 16 атмосфер для пропан-бутановой смеси (однако баллон рассчитан на максимальное давление в 25 атмосфер, чтобы при высокой температуре окружающей среды баллон не взорвался) и до 200 атмосфер для метана.

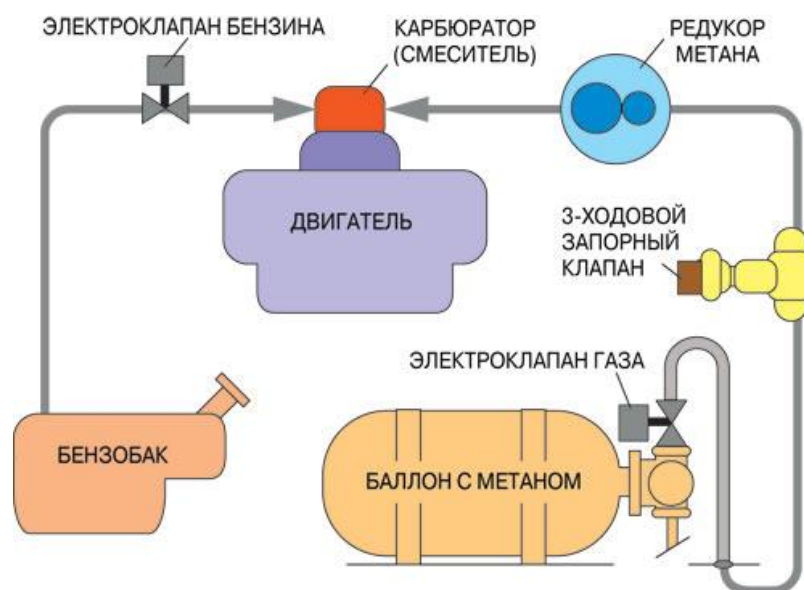


Рисунок 1 – Система питания гибридного двигателя

Баллоны объединены в единую магистраль с общим заправочным вентилем, но каждый баллон также оснащен отдельным вентилем. Газ из общей магистрали попадает в двухступенчатый газовый редуктор. Задача редуктора снизить давление газа до рабочего. Затем газ поступает в испаритель (подогреватель) – теплообменник, который включен в систему охлаждения двигателя, где газ прогревается до температуры $\approx 70-75^{\circ}\text{C}$. Современные газовые редукторы нередко совмещают в себе оба эти элемента. Далее газ проходит через магистральный фильтр и поступает в смеситель, или в карбюратор-смеситель, или в смесительную проставку, которая находится под обычным карбюратором (зависит от конструкции ГБО). Так как газы имеют одинаковую фазу, то конструкция смесителя существенно проще, чем у бензиновых карбюраторов, где необходимо смешивать вещества с разными фазами: бензин и воздух, из-за чего в конструкции карбюратора имеются довольно сложные системы для поддержания постоянного процентного соотношения смеси при разных расходах.[3]

К преимуществам газобаллонного оборудования можно причислить:

1. Низкий расход топлива;
2. Улучшение динамических показателей двигателя;
3. Снижается изнашивание основных составляющих двигателя (поршневая, кривошипно-шатунный механизм);
4. Повышается запас хода автомобиля (можно перейти на допол);
5. Сокращаются выбросы вредных веществ;
6. Снижение шума двигателя.

Среди минусов отмечают:

1. Цена гибридной системы питания;
2. Баллоны с газом занимают объем в багажнике;

3.Повышенная опасность взрыва. Необходимо постоянно следить за состоянием трубопроводов, так как газ может вытекать, что может повлечь за собой взрыв.

Для гибридных ДВС, которые могут работать как на газе, так и на бензине крайне рекомендуется пуск двигателя производить на бензине, а на газ переключать двигатель после прогрева двигателя до 40 – 50°C.[1]

После установки ГБО, может показаться, что происходит заметная потеря мощности их автомобиля. Как показывают исследования – скорость распространения фронта горения у бензина $\approx 0,8-0,85$ м/с, у метана $\approx 0,75-0,8$ м/с, а у пропана $\approx 0,81$ м/с (зависит от параметров окружающей среды). Разница составляет несколько процентов, поэтому ощутить её невозможно, особенно это касается современных поколений автомобилей. Низшая теплота сгорания бензина составляет примерно 44 – 45 тысяч кДж/кг, для природного газа эта величина составляет 38000 кДж/кг, а для пропан-бутановой смеси 40000 кДж/кг

Потери мощности составляют 9 – 13%, однако экономия будет существенная, поскольку хоть и расход газа больше, чем бензина, но его стоимость намного ниже. Октановое число гибридного двигателя повышается, из-за чего его антидетонационное сопротивление и выделение тепла лучше. Это всё повышает КПД двигателя. Превосходит газовое топливо бензин и по экологическим показателям. Природный газ – самый безвредный (после электричества) вид энергии. Выхлопные газы транспорта, работающего на метане, на 60% менее вредны для здоровья по сравнению с бензином или дизельным топливом. Выбросы угарного газа снижаются в 10 раз, задымленность – в 9, а сажа, соединения серы и свинца отсутствуют, что делает его одним из самых актуальных видов топлива. Двигатели, работающие на газе часто противопоставляют электрическим, в качестве альтернативы обычным бензиновым и дизельным. Однако потери электричества, при передаче по электросетям настолько существенны (до потребителя доходит около 5% всей выработанной энергии), что заставляет усомниться в их экологичности. Углеродный след, вследствие выработки электричества на ТЭЦ тем же обычным дизелем, снижает показатели экологичности электродвигателя и выводит вперед двигатель, работающий на природном газе. Главным конкурентом метана является газ водород. Его низшая теплота сгорания намного превосходит значения метана и составляет около 100 000 кДж/кг, а получение путем электролиза позволяет использовать водород из воды. Однако водород очень подвержен детонации, что может привести к выводу двигателя из строя.

Экономическая выгода от установки ГБО. Все данные взяты из сети интернет из открытых источников. На четырехцилиндровый автомобиль система ГБО стоит от 30 до 40 тысяч рублей, установка от 10 до 20 тысяч рублей, внесение в ПТС 5 тысяч рублей. Суммируя все расходы, в среднем приобретение ГБО будет стоить около 55 тысяч рублей. Актуальные цены на топливо за 1 литр в г. Пенза от 18.03.2021: Аи-92 43.5 Р, Аи-95 46.5 Р ,

Газ СПБТ 25.9 Р , ДТ 45 Р , Аи-98 54.35 Р , Премиум 92 44.6 Р. Разница в цене самого дешевого бензина и газа (с поправкой, что расход газа на 7% выше) составляет 15,78 рублей. Разделив стоимость ГБО на выгоду с 1 литра пропан-бутановой смеси получим, что ГБО окупится после заправки 3484 литров пропан-бутановой смеси. Это соответствует преодолению 63 км в день при расходе 15 литров газа на 100 км в течение года.

Подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что двигатели, работающие на метане, станут будущим двигателестроения, так как данный вид топлива, пусть и уступает конкурентам по количеству выделяемого тепла вследствие горения, но превосходит их как по топливной экономичности, так и по экологическим показателям.

Список использованной литературы.

1. Лиханов В. А., Девятьяров Р. Р. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования: учебное пособие. – Киров: Вятская ГСХА, 2006. – 183 с.
2. Е.В. Михайловский, К.Б. Серебряков, Е.Я. Тур , Устройство автомобиля, Учебник. – М.: «Машиностроение»1987. – 350 с.
3. <https://ru.wikipedia.org>

PETROL-GAS POWER SYSTEM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

P.V. Khachirov, A.P. Zhuk

*FSBEI of HE "Penza State University"
Penza, Russia*

The article focuses on the relevance of using a petrol-gas supply system and its effect on engine performance.

Keywords: petrol, power system, gas equipment, engine.

УДК 656.11

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОСФЕРУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ И ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ

М.А. Храмова, Д.С. Белик, А.А. Вьюговский, Н.В. Камардина

*ФГБОУ ВО «Пензенский Государственный Университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье рассмотрены экологические аспекты гальванического про-

изводства, приведено сравнение методов очистки сточных вод, выбран самый эффективный и экологически безопасный метод.

Ключевые слова: экологические аспекты, гальваническое производство, оксидирование, методы очистки, гальваношлам, тяжелые металлы.

Гальванические подразделения предприятий являются наиболее значимыми источниками загрязнения окружающей среды (ОС). В большинстве технических процессов машиностроительных и других предприятий широко применяются гальванопокрытия – электроосаждение металлических покрытий, наносимых на поверхность металлических изделий, труб и др. с помощью водных растворов или расплавленных растворов солей. Гальванопокрытия применяются для повышения коррозионной стойкости, износостойкости и улучшения декоративного внешнего вида изделия. Технологические процессы (ТП) предприятий, в основном, воздействуют на поверхностные и подземные воды, из-за недостаточной степени очистки сточных вод и большого количества вредных примесей, содержащих тяжелые металлы, неорганические кислоты и основания, поверхностно-активные вещества и другие токсичные соединения, а также ведут к образованию большого количества твердых отходов [1]. В соответствии с требованиями [2] каждое предприятие должно определить экологические аспекты, в том числе и значимые, для всех видов деятельности, продукции и услуг, которыми оно может управлять и на которые оно может влиять, а также связанные с ними экологические воздействия, учитывая при этом жизненный цикл продукции.

Сточные воды и осадки гальванических подразделений предприятий содержат тяжелые металлы (*Cu*, *Cr* и др.) и токсичные соединения (H_2SO_4 , *NaOH* и др.). Попадая в организм человека с питьевой водой или сельскохозяйственной продукцией, они могут вызвать хроническое отравление, а в сочетании с более вредными ядами способны усиливать свое токсическое воздействие на организм человека. Принимая во внимание растворимость соединений тяжелых металлов, их можно расположить по их токсичности, в зависимости от кислотности, в следующем убывающем ряду: кадмий > никель > цинк > марганец > медь > свинец > ртуть. Исходя из этого значимыми экологическими аспектами являются гальваношламы, содержащие тяжелые металлы, неорганические кислоты и основания, поверхностно-активные вещества, а также недостаточно очищенные сточные воды содержащие те же примеси в концентрациях меньших предельно допустимых, но учитывая кумуляционный эффект, не менее значимых для ОС.

Рассмотрим, с точки зрения образования значимых экологических аспектов, гальванические процессы никелирование, микродуговое оксидирование и хромирование.

Никелирование – это процесс нанесения никелевого покрытия на поверхность металлического изделия. Оно проводится для защиты изделия

или металлоконструкции от негативных атмосферных воздействий. Для никелирования используются электролиты, содержащие кислые растворы хлорида никеля (30 г/л), гипофосфита натрия (25 г/л) и янтарнокислый натрий (15 г/л). Никель относится ко II классу опасности. В реках России концентрация никеля составляет 0,0008-0,0056 мг/л [1, 3]. Микродуговое окисидирование (МДО) – электрохимический процесс модификации (окисления) поверхности деталей из вентильных металлов и их сплавов, например, *Al*, *Mg*, *Ti* (их оксиды, полученные электрохимическим путем, обладают однополярной проводимостью в системах металл–оксид–электролит, в электролитной плазме с получением оксидного слоя (покрытия)) для придания им требуемых функциональных свойств, таких как, например, коррозионная стойкость, износостойкость, термостойкость, электроизоляция, защитно-декоративных. Для МДО используются неагрессивные щелочные электролиты. Алюминий относится к IV классу опасности. Он содержится в природных и экологически чистых водных источниках в виде малотоксичных соединений. Его концентрация в природной воде колеблется от 0,001 до 10 мг/л [1]. Хромирование – это процесс нанесения хромового покрытия на поверхность металлического изделия. Общий состав электролита и режим осаждения покрытия (г/л) – хромовый ангидрид 125 – 250, серная кислота 1,2 – 2,5, оксид хрома 0,15 – 0,2. Хром относится ко II классу. Поверхностные воды содержат концентрацию хрома 10^{-2} – 10^{-3} мг/л, но в некоторых случаях его максимальное содержание может быть значительно выше – до 0,112 мг/л, средняя концентрация в водопроводной воде составляет 0,0023, максимальная – 0,079 мг/л [1].

Сокращение потока отходов в гальваническом производстве – важнейшая задача экологов промышленных предприятий. Для массового производства на локальных системах очистки рекомендуется применять электрохимические и мембранные методы (электролиз, электродиализ, электродиализ), общая очистка системы должна основываться на сочетании нескольких методов: реагентного и ионного обмена.

Токсичные примеси извлекаются из сточных вод ионообменным методом. При использовании ионообменного метода полученная очищающая масса позволяет использовать очищенную от тяжелых металлов воду в цикле рециркуляции воды. Способ включает растворение ионов и ионов на поверхности твердой фазы-обмен между ионами с помощью сульфугля и ионообменных смол. Для очистки сточных вод после хромирования используются только физико-химические методы очистки, например коагулирование. Коагулирование – это процесс обработки воды химическими реагентами, приводящий к агрегации взвешенных в воде частиц. Образуются крупные хлопья с последующим осаждением. В качестве коагулянта используются соли минеральных поливалентных атомов - это соли железа и алюминия. Очистка сточных вод от соединений алюминия осуществляется обработкой фосфатом, а затем фильтрацией или отделением полученного плотного осадка в отстойнике без фильтрации. В качестве соли фос

формной кислоты используют триполифосфат натрия (ТПФ), тринатрийфосфат (ТНФ), пирофосфат натрия (ПФН), гексаметафосфат натрия (ГФН), триполифосфат натрия (ПФК). Этот метод исключает загрязнение обрабатываемой воды и накипеобразующими реагентами [4]. В таблице 1 приведены данные для сравнительного анализа методов очистки сточных вод от продуктов гальваники.

Таблица 1

ЭА \ метод очистки	наименование метода очистки		
	эффективность очистки	остаточная концентрация	класс опасности
Загрязнение воды жидкими гальваношламами: - ионообменные смолы; - никель.	Метод ионного обмена		
	53 – 65%	до 1,0 мг/л	IV II
Загрязнение воды твердыми гальваношламами: - медь; - цинк; - хром; - железо.	Коагулирование		
	60 – 70%	1,0-0,1 мг/л	III II I III
Загрязнение воды жидкими гальваношламами: - алюминий; - фосфаты.	Обработка фосфатом		
	60 – 70%	до 0,2 мг/л	IV III

Проанализировав таблицу 1 можно сделать вывод, что наиболее перспективным методом очистки сточных вод является обработка фосфатом. Это связано с тем, что эффективность очистки сточных вод данным методом достаточно высокая, а также образуются жидкие гальваношламы менее вредные, чем при других методах очистки. В основном после образования гальваношлам перемещается в специальные ёмкости, в которых жидкость отделяют от твёрдого вещества под воздействием специальных химических реактивов. Жидкости отправляются на очистные сооружения, а твёрдый осадок, содержащий соединения металлов, на вторичное использование.

Экологически чистое производство с минимальными отходами и предотвращением загрязнения – это единственный способ преодолеть противоречие между охраной окружающей среды и экономическим развитием и другими процессами. Так как в современных реалиях такой метод практически невозможен, отправка гальваношлама на вторичное производство является хорошей альтернативой.

Список использованных источников.

1. ГОСТ Р ИСО 14001 – 2016. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению.
2. С.С. Виноградов. «Экологически безопасное гальваническое производство». – Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева.– Изд. 2-е, перераб. и доп.; «Глобус». М., 2002.
3. Химическое никелирование – особенности, технология и рекомендации: [Электронный ресурс]. URL: <https://fb.ru/article/419166/himicheskoe-nikelirovanie---osobennosti-tehnologiya-i-rekomendatsii>.
4. Способ очистки сточных вод от соединений алюминия. – Патентное исследование: Открытое акционерное общество «Нижекамскнефтехим».

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE IMPACT ON THE HYDROSPHERE OF TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR APPLYING PROTECTIVE AND DECORATIVE COATINGS

M.A. Khramova, D.S. Belik, A.A. Vyugovsky, N.V.Kamardina

*Penza State University,
Penza, Russia*

The article discusses the environmental aspects of electroplating production, compares the methods of wastewater treatment, and selects the most effective and environmentally safe method.

Keywords: environmental aspects, electroplating production, oxidation, cleaning methods, electroplating, heavy metals.

УДК 004.7:621.317

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

В.С. Циркин, Е.А. Циркина

*ФГБОУ ВО «Омский государственный
университет путей сообщения
(ОмГУПС (ОмИИТ))»,
г. Омск, Россия*

В работе рассмотрены перспективы и препятствия внедрения решений Интернета вещей в электроэнергетике, приведена технологическая архитектура Интернета вещей.

Ключевые слова: Интернет вещей (IoT), качество электроэнергии, мониторинг, система электроснабжения.

Энергосистема – технический объект, представленный совокупностью электростанций, приемников электрической энергии и электрических сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима. Технологические процессы, протекающие в энергосистемах, носят непрерывный быстроизменяющийся характер и требуют постоянного наблюдения. При возникновении аварийных режимов и отклонении электрических параметров от допустимых значений в действие вступает защита, которая отключает поврежденный элемент энергосистемы. Однако аварийный вывод оборудования из работы ведет к недоотпуску электрической энергии и потенциально снижает надежность электрической системы.

Постоянный рост количества датчиков, подключённых к интернету, повсеместное внедрение беспроводных технологий и сервисов облачных хранилищ данных неизбежно меняет современную энергетику [1, 2]. Поставщики энергии имеют возможность получать данные о потребляемой энергии в режиме реального времени и на их основе создавать новые сервисы.

Количество IoT-устройств в энергетических сетях в настоящее время составляет более 1,3 млрд. штук. Однако внедрение технологий IoT в российской энергетике оставляет желать лучшего и в настоящее время находится на начальном уровне. Препятствия, встречающиеся на пути внедрения IoT, представлены на рисунке 1. От темпов роста внедрения технологий IoT будет зависеть конкурентоспособность отрасли. Современные технологии четвертой промышленной революции являются актуальными в нашей стране, система энергетики которой исторически является очень масштабной. Применение IoT должно трансформировать нашу традиционную систему энергетики в цифровую.

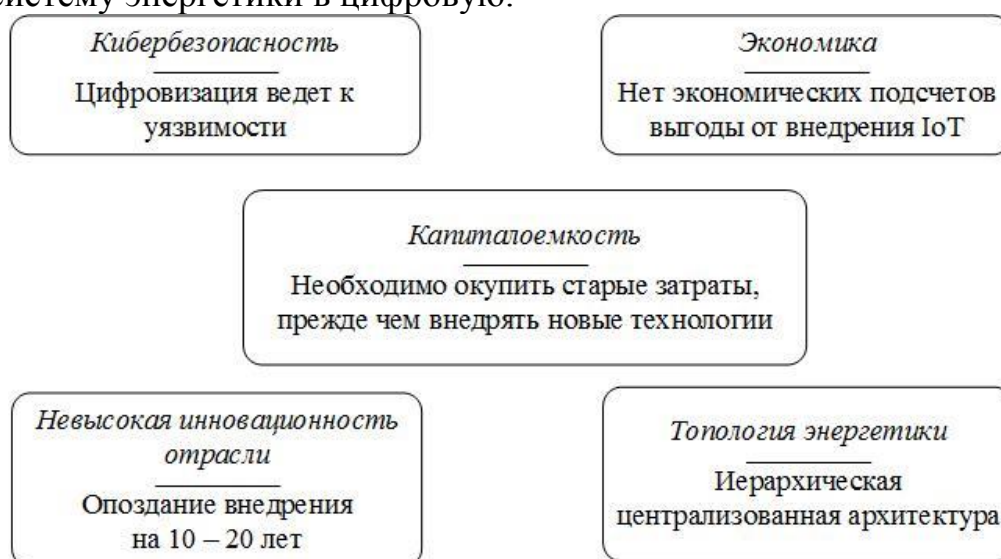


Рисунок 1 – Препятствия на пути внедрения интернета вещей

С точки зрения управления цифровая энергетика позволяет, прежде всего, планировать загрузку генерирующих мощностей, что должно прямым образом снизить потребление энергии.

В другой стороны, цифровизация влияет на увеличение надежности и как следствие снижение расходов на обслуживание протяженных линий нашей страны. С внедрением датчиков ремонты можно будет осуществлять по текущим данным, а не по установленным в регламенте срокам.

Реализация технологии IoT возможна на трех уровнях.

1-й уровень: объекты клиентов энергокомпании, т.е. компания персонализирует потребителей посредством датчиков и платформ для обработки данных

2-й уровень: уличные объекты и магистрали, т.е. фиксируются события, регистрируются аварии и параметры качества электроэнергии.

3-й уровень: объекты компании поставщика, т.е. осуществляется анализ инцидентов и управление в автоматическом режиме.

Применительно к рассматриваемой задаче IoT раскрывается как среда передачи и сбора данных, мобильных диагностических комплексов со встроенными датчиками и программным обеспечением для сбора и обмена информацией о состоянии объекта энергоснабжения, с возможностью удаленного контроля и управления объектом в автоматизированном режиме, технологическая архитектура IoT представлена на рисунке 2.

Перспективы, области применения и внедрения Интернета вещей рассмотрены в ряде работ российских и зарубежных авторов [3, 4, 5, 6].

Архитектура Интернета вещей на уровне среды сбора данных предполагает применение беспроводных технологий дальнего радиуса действия с низким уровнем энергопотребления (LPWAN, Low-power Wide-area Network).

В качестве примера применения LPWAN-технологий и протоколов IoT можно привести автоматизированную систему мониторинга и учета энергоресурсов (АСМУЭ), рабочий прототип которой реализован на опытном полигоне Свердловской железной дороги [6]. Система ориентирована на применение LPWAN технологий, таких как LoRa и XNB [7].

К преимуществам LPWAN-технологий можно отнести возможность интеграции практически неограниченного количества ИИК, высокую проникающую способность сигнала и высокую энергетическую эффективность.

IoT устройства подключаются к системе с использованием технологий LPWAN и локальных сетей, ориентированных на промышленную эксплуатацию (*Ethernet, LoRa, XNB* и др.), и беспроводных технологий глобальных сетей операторов связи (например, *UMTS, LTE* и др.) [7].

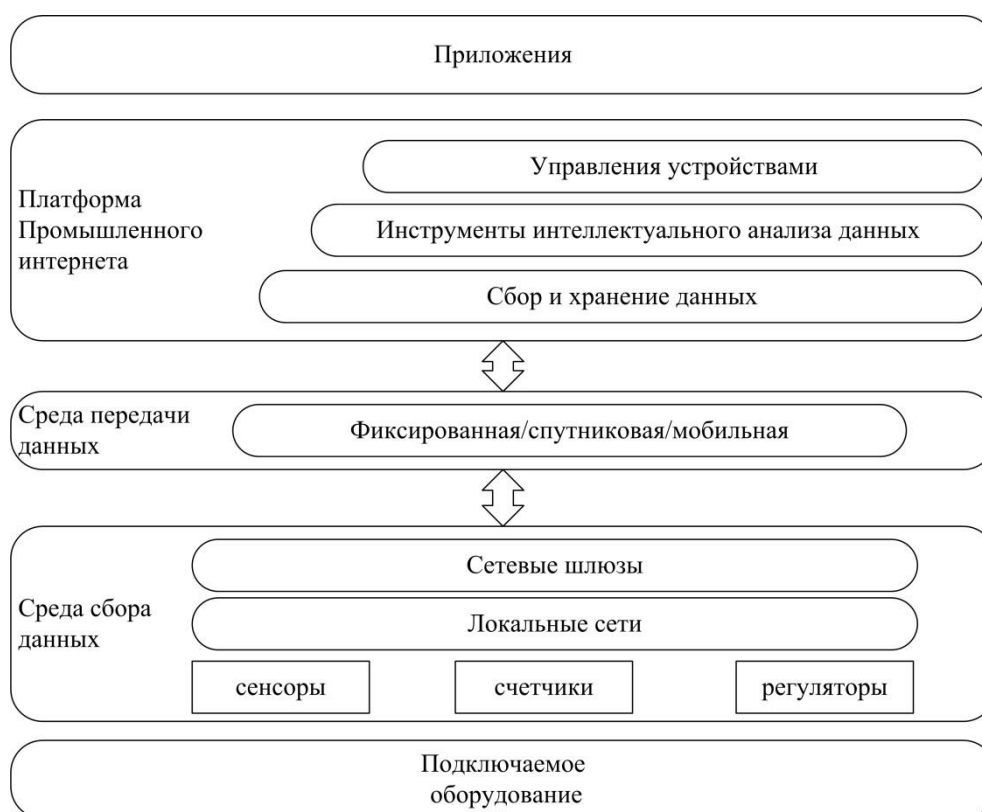


Рисунок 2 – Технологическая архитектура IoT

Использование технологии IoT позволило повысить уровень масштабирования, связности сети, степень интеграции с существующими и перспективными решениями.

Список использованных источников.

1. Холкин, Д.В. Цифровой переход в энергетике России [Текст] / Д.В. Холкин, И.С. Чаусов // Научный, общественно-деловой журнал «Энергетическая политика» – 2018. С. 7 – 16.
2. Цифровая энергетика: новая парадигма функционирования и развития / под ред. Н.Д. Рогалева. – М.: Издательство МЭИ, 2019.
3. Воропай Н.И. Проблемы развития цифровой энергетики в России [Текст] / Н.И. Воропай, М.В. Губко, С.П. Ковалев, Л.В. Массель, Д.А. Новиков, А.Н. Райков, С.М. Сендеров, В.А. Стенников // Проблемы управления – 2019. № 1. С. 2 – 14.
4. Manavalan E., Jayakrishna K. A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. Computers & Industrial Engineering 127 (2019) 925 – 953.
5. Ray P.P. A survey on Internet of Things architectures. Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences (2018) 30, 291 – 319.
6. Malyutin A. G., Lavrukhin A. A., Okishev A. S. Architecture of the automated information system for monitoring and resources accounting // Mechan-

ical Science and Technology Update (MSTU – 2018) / Journal of Physics: Conf. Series 1050 (2018) 012050.

7. Архитектура промышленных приложений IoT и протоколы AMQP, MQTT, JMS, REST, CoAP, XMPP, DDS / Селезнёв С.П., Яковлев В.В. – Текст: непосредственный // International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162. – 2019 – vol.7, no.5

FEATURES OF APPLICATION TECHNOLOGY INTERNET OF THINGS IN POWER INDUSTRY

V. S. Tsirkin, E. A. Tsirkina

*FSBEI HE «Omsk State Transport University (OSTU)»,
Omsk, Russia*

The paper discusses the prospects and obstacles to the implementation of IoT solutions in the electric power industry, provides the technological architecture of the IoT.

Keywords: Internet of Things (IoT), power quality, monitoring, power supply system.

УДК 62-50; 519.3; 621.37

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ФИЛЬТРА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАЛМАНОВСКОГО ТИПА С АДАПТИВНОЙ МОДЕЛЬЮ

О.В Чаплыгин¹, А.А Костоглотов^{1,2}, А.С. Пеньков², В.О Зехцер¹

¹*ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

²*ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет
путей сообщения»,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Разработан метод синтеза фильтра оценки состояния динамических систем калмановского типа с адаптивной моделью, построенной на базе принципа декомпозиции системы с использованием кинематических связей из условия постоянства инвариантов движения. На основе разработанного метода получен дискретный алгоритм и проведен его сравнительный

анализ с классическим фильтром Калмана.

Ключевые слова: динамические системы, вариационные принципы, объединенный принцип максимума, фильтр Калмана

Вследствие повышения уровня требований к процессам управления в разнообразных технических областях в последнее время все более растет потребность в развитии теории оценки состояния динамических систем. Для улучшения качества работы систем оценки параметров динамических систем необходимо иметь достоверную информацию о их состоянии. Для предотвращения сбоев и погрешностей в работе системы управления требуется заблаговременное определение изменений в ее параметрах. Вследствие зависимости структуры и параметров объекта от внешних факторов, изучение свойств и математического описания объекта является довольно сложным процессом. Такие особенности создают необходимость в разработке новых решений для синтеза структурно-адаптивных моделей движения адаптивной.

Методология объединенного принципа максимума дает возможность построения динамической модели, которая удовлетворяет принципу Гамильтона-Остроградского [1] и может быть использована в задаче структурно-параметрического синтеза адаптивных фильтров оценки состояния динамических систем.

Научной задачей является разработка метода структурно-параметрического синтеза фильтра оценки состояния динамических систем калмановского типа с адаптивной моделью, построенной на базе принципа декомпозиции системы и условия постоянства обобщенного кинетического потенциала.

Цель исследования – разработка эффективного по критерию точности дискретного алгоритма оценки состояния динамических систем с возможностью адаптации модели движения на базе разработанного метода.

1 Постановка задачи

Используя формализм Лагранжа, можно записать уравнение движения [1, 2]

$$\sum_{k=1}^n a_{ks} \ddot{q}_k = - \sum_{k=1}^n \sum_{m=1}^n [k, m; s] \dot{q}_k \dot{q}_m + \left(U_s - \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_s} - \frac{\partial \Pi}{\partial q_s} \right) = Q_s(q, \dot{q}, U), \quad s = \overline{1, n}, \quad (1)$$

$$q(t_0) = q_0, \quad \dot{q}(t_0) = \dot{q}_0,$$

где $[k, m; s] = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial a_{ks}}{\partial q_m} + \frac{\partial a_{ms}}{\partial q_k} - \frac{\partial a_{km}}{\partial q_s} \right)$ – символы Кристоффеля первого

рода для матрицы квадратичной формы T [3],

U_s – управляющие обобщенные силы,

$\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_s}$ – диссипативные обобщенные силы, Φ – диссипативная

функция,

$\frac{\partial \Pi}{\partial q_s}$ – потенциальные обобщенные силы, Π – потенциальная

энергия [3],

n – количество степеней свободы, которыми обладает динамическая система,

q_s – обобщенная координата,

$\dot{q}_s$ – обобщенная скорость,

a_{sk} – коэффициенты инерции – элементы матрицы квадратичной формы [3].

Использование модели (1) для построения фильтра оценки состояния является достаточно сложной задачей, и такая модель не получила широкого распространения в практике статистического синтеза.

Отнесение части энергии к работе обобщенных сил $Q_s(q, \dot{q}, U)$ при движении в режиме декомпозиции позволяет ввести простейшее выражение для кинетической энергии системы (1) [1]

$$T = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^n a_{ss} \dot{q}_s^2, \quad s = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Уравнение наблюдения зададим в виде

$$y_s = q_s + v_s, \quad s = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где y_s – вектор наблюдений, v_s – вектор случайных воздействий на канал наблюдения с известной интенсивностью, которая определяется диагональной матрицей $\mathbf{N}$. В качестве обобщенных координат выбраны координаты, в которых производятся наблюдения [6].

В пространстве наблюдений выбран целевой функционал, принимающий некоторое заданное значение, которое определяет точность измерения фазовых координат исследуемой системы

$$J = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_1} \sum_{s=1}^n N_{ss}^{-1} [y_s - \hat{q}_s]^2 dt = \int_{t_0}^{t_1} F(\hat{q}) dt = D, \quad (4)$$

где N_{ss} – элементы диагональной весовой матрицы $\mathbf{N}$, характеризующей интенсивность помех в канале наблюдений, знак $\hat{}$ означает оценку [2], D – взвешенная погрешность результатов измерений каналов наблюдения.

Поставим задачу построения математической модели процесса наблюдаемой (3) и управляемой по критерию (4) динамической системы с кинетической энергией (2) с учетом того, что движение динамической системы в режиме декомпозиции является следствием принципа Гамильтона – Остроградского.

2 Структурный синтез адаптивной модели с декомпозицией по целевому функционалу

Потребуем, чтобы обобщенный кинетический потенциал

$$T - \lambda^{-1}F = 0 \quad (5)$$

где λ – множитель Лагранжа, выступающий в роли параметра модели.

В силу допущения о том, что движение в режиме декомпозиции полностью устраняет динамическое взаимовлияние между элементами, имеем следующее соотношение

$$|\dot{\mathbf{q}}_s| = \sqrt{a_{ss}^{-1} \lambda^{-1} N_{ss}^{-1}} |y_s - q_s|, s = \overline{1, n}. \quad (6)$$

С учетом принятой модели кинетической энергии (2) и кинематической связи (5) получим уравнения оценки в виде

$$\dot{\mathbf{q}}_s(t) = -\sqrt{a_{ss}^{-1} \lambda^{-1} N_{ss}^{-1}} \mathbf{q}_s(t) - \lambda^{-1} N_{ss}^{-1} (y_s(t) - \hat{q}_s(t)), s = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Рассмотрим задачу построения фильтра Калмана для адаптивной модели 7.

3 Идентификация модели на основе аналитического решения уравнения квазиоптимальной оценки

Поскольку в режиме декомпозиции динамическое взаимовлияние степеней свободы компенсируется система начинает двигаться в силу системы несвязных невзаимодействующих подсистем. Это позволяет рассмотреть одномерный случай $a_{ss} = 1$.

Положим, что в результате идентификации найдено значение параметра λ , следовательно получим оценку истинного значения параметра состояния $\hat{q} \approx q$, тогда из уравнения (3) получим [3]

$$\dot{\hat{q}}(t) = -\sqrt{\lambda^{-1} N^{-1}} \hat{q}(t) + \lambda^{-1} N^{-1} w(t), \quad (8)$$

где $\hat{q}(t)$ – оценка состояния системы, $w(t)$ – входной шум [5].

В соответствии с [4] решение задачи фильтрации требует использования формальной процедуры расширения пространства состояний, которая позволяет записать (8) в форме векторно-матричного неоднородного дифференциального уравнения первого порядка с постоянными коэффициентами:

$$\dot{\mathbf{X}}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -\sqrt{\lambda^{-1} N^{-1}} \end{bmatrix} \mathbf{X}(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ \lambda^{-1} N^{-1} \end{bmatrix} w(t), \quad \mathbf{X}(0) = \begin{bmatrix} x_1^0 \\ x_2^0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

где $w(t)$ – случайные воздействия с ковариационной матрицей $\mathbf{Q}$.

Фундаментальная матрица для системы (9):

$$\Phi(t) = \begin{bmatrix} 1 & e^{-\sqrt{\lambda^{-1} N^{-1}} t} \\ 0 & -2\sqrt{\lambda^{-1} N^{-1}} e^{-\sqrt{\lambda^{-1} N^{-1}} t} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Дискретная модель для (9):

$$\mathbf{X}(i+1) = \Phi \mathbf{X}(i) + \Gamma \mathbf{W}(i). \quad (11)$$

$$\text{где } \Phi = \begin{bmatrix} 1 & e^{-\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}\Delta t} \\ 0 & -2\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}e^{-\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}\Delta t} \end{bmatrix}, \Gamma = \begin{bmatrix} \lambda^{-1}N^{-1}e^{-\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}\Delta t} \\ -2\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}\lambda^{-1}N^{-1}e^{-\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}\Delta t} \end{bmatrix}.$$

Матрица $\mathbf{Q}$ является ковариационной матрицей для $w(i)$ и имеет вид

$$\mathbf{Q} = E(\mathbf{\Gamma}\mathbf{\Gamma}^T) = \begin{bmatrix} \lambda^{-2}N^{-2}e^{-2\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}\Delta t} & -2\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}\lambda^{-2}N^{-2}e^{-2\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}\Delta t} \\ -2\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}\lambda^{-2}N^{-2}e^{-2\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}\Delta t} & 4\lambda^{-3}N^{-3}e^{-2\sqrt{\lambda^{-1}N^{-1}}\Delta t} \end{bmatrix}$$

Уравнение наблюдения в дискретном виде:

$$\mathbf{Z}(i) = \mathbf{H}\mathbf{X}(i) + \mathbf{V}(i), \quad (12)$$

где $\mathbf{V}(i)$ – вектор ошибок наблюдения с ковариационной матрицей $\mathbf{R}(i) = E[\mathbf{V}(i)\mathbf{V}(i)^T]$,

$\mathbf{H}$ – матрица 2x2 проекции пространства состояний на пространство наблюдений определяется набором измерительных средств.

Уравнение (12) имеет форму, которая позволяет синтезировать фильтр Калмана.

Дискретный алгоритм фильтра Калмана имеет вид [5]:

$$\begin{aligned} \mathbf{P}(i|i-1) &= \mathbf{Q} + \mathbf{\Phi}\mathbf{P}(i-1)\mathbf{\Phi}^T, \\ \mathbf{P}(i) &= \mathbf{P}(i|i-1) - \mathbf{P}(i|i-1)\mathbf{H}^T [\mathbf{H}\mathbf{P}(i|i-1)\mathbf{H}^T + \mathbf{R}(i)]^{-1} \mathbf{H}\mathbf{P}(i|i-1), \\ \mathbf{X}(i|i-1) &= \mathbf{\Phi}\mathbf{X}(i-1), \end{aligned} \quad (13)$$

$$\mathbf{X}(i) = \mathbf{X}(i|i-1) + \mathbf{P}(i)\mathbf{H}^T\mathbf{R}(i)^{-1} \{ \mathbf{Z}(i) - \mathbf{H}\mathbf{X}(i|i-1) \}.$$

где $\hat{\mathbf{X}}(i)$ – оценка вектора состояния, $\hat{\mathbf{X}}(i|i-1)$ – экстраполированная оценка вектора состояния, $\mathbf{P}(i)$ – ковариация оценки вектора состояния, $\mathbf{P}(i|i-1)$ – ковариация экстраполированной ошибки вектора состояния.

5 Численное моделирование и оценка эффективности функционирования разработанного фильтра

Рассмотрим процесс изменения углового положения БПЛА по углу крена. В случае, когда БПЛА находится в стационарном режиме, традиционный фильтр Калмана позволяет достичь удовлетворительной точности оценки углового положения. Однако, в случае воздействия внешних сил (например, атмосферной турбулентности), точность оценки падает [6].

Проведен эксперимент, позволяющий определить эффективность предлагаемого адаптивного алгоритма в сравнении с традиционным фильтром Калмана.

Рассмотрим тестовый режим с воздействием в виде прямоугольного импульса и начальными данными для численного моделирования:

$$\mathbf{X}(1) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \mathbf{P}(1|1) = \begin{bmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \end{bmatrix}, \mathbf{R} = \begin{bmatrix} 0.75 & 0 \\ 0 & 0.75 \end{bmatrix}, \Delta t = 0.01 \text{ с.}$$

В результате адаптации модели по функционалу (4) получено значение параметра адаптации $\lambda=0.09$.

Результаты работы фильтров приведены в таблице и на рисунке

Таблица 1 – Усредненные СКО оценки угла крена

	Классическая модель	Адаптивная модель
На всем интервале наблюдения	0.82°	0.68°
На интервале переходного процесса	1.26°	0.72°

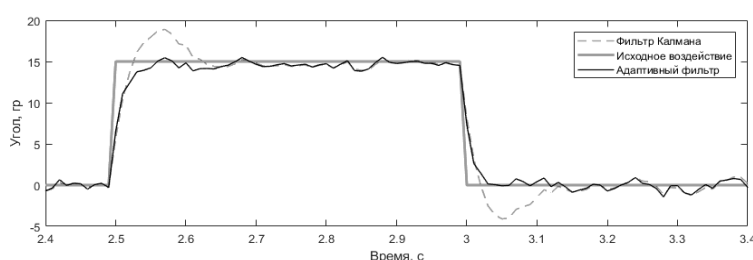


Рисунок – Переходный процесс при заданном воздействии Выводы

Разработан метод синтеза фильтра оценки состояния динамических систем калмановского типа с адаптивной моделью, построенной на базе принципа декомпозиции системы с использованием кинематических связей из условия постоянства инвариантов движения.

На основе разработанного метода получен дискретный алгоритм адаптивного фильтра оценки состояния динамических систем и проведен его сравнительный анализ с классическим фильтром Калмана.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-38-90273 Аспиранты.

Список использованных источников.

1. Костоготов А.А., Пеньков А.С. Оценка параметров датчиков положения с текущей адаптацией модели // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения, 2017. С. 184-190.
2. Костоготов А.А., Пеньков А.С., Лазаренко С.В. Метод синтеза адаптивных алгоритмов оценки параметров динамических систем на основе принципа декомпозиции и методологии объединенного принципа максимума // Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Серия: естественные науки, № 4 (208), 2020. С. 22-28.
3. Лурье, А.И. Аналитическая механика. Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. 824 с.
4. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. СПб. 2009.

280 с.

5. Сейдж Э.П., Мелса Д.Л. Идентификация систем управления. М.: Наука, 1974.

6. Li X.R., Jilkov V.P. Survey of Maneuvering Target Tracking. Part I: Dynamic Models // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 39, No. 4, 2003. pp. 1333–1364.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS OF A FILTER FOR ESTIMATING THE STATE OF DYNAMIC KALMAN TYPE SYSTEMS WITH AN ADAPTIVE MODEL

O.V. Chaplygin¹, A.A. Kostoglotov^{1,2}, A.S. Penkov², V.O. Zekhtcer¹

¹FSBEI HE «Don State Technical University»
Rostov-on-Don, Russia

²FSBEI HE «Rostov State Transport University»
Rostov-on-Don, Russia

A method for the synthesis of a filter for estimate the state of dynamic systems of Kalman type with an adaptive model based on the principle of decomposition of the system using kinematic connections from the condition of constancy of invariants of motion has been developed. On the basis of the developed method, a discrete algorithm is obtained and its comparative analysis with the classical Kalman filter is carried out.

Keywords: dynamic systems, variation principles, combined maximum principles, Kalman filter.

УДК 624.04

ЗАДАЧА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОДАТЛИВОСТИ СРЕДНЕЙ ОПОРЫ ДВУХПРОЛЁТНОЙ НЕРАЗРЕЗНОЙ БАЛКИ И СПОСОБ ЕЁ РЕАЛИЗАЦИИ

Д.В. Ширшаева, Л.С. Ляхович, Б.А. Тухфатуллин, Л.Е. Путеева

ФГБОУ ВО Томский ГАСУ, г. Томск, Россия

Рассмотрена задача оптимального усиления существующей стальной балки, выполненной из двутаврового прокатного профиля, в случае необходимости приложения к ней дополнительной эксплуатационной нагрузки. Для этого в середине пролёта усиливаемой балки перпендикулярно её продольной оси устанавливается дополнительная шарнирно опертая балка, выступающая в качестве упругой опоры. Показано, что поставленная зада-

ча может быть сведена к двум последовательным задачам оптимального проектирования, решаемым в табличном процессоре Microsoft Excel.

Ключевые слова: задача оптимального усиления, податливость опоры, табличный процессор Microsoft Excel.

При реконструкции зданий и инженерных сооружений для восприятия увеличивающихся эксплуатационных нагрузок зачастую возникает необходимость усиления уже существующих конструкций [1, 2]. В предыдущих исследованиях [3, 4] для расчёта усиления плоских стальных рам и стропильных конструкций были предложены конечные элементы смешанного метода. Как известно, задача определения размеров и места расположения усиливающих элементов может быть сформулирована как задача оптимального проектирования при неизменном расположении материала основной конструкции [5]. Очевидно, что усилить существующую конструкцию наращиванием размеров сечений удаётся далеко не всегда. Эффективным способом усиления является изменение расчётной схемы сооружения путём установки дополнительных упругих опор. Данный способ усиления также может быть реализован в результате решения задачи оптимального проектирования [6].

Материалы и методы. Рассматривается задача оптимального усиления шарнирно опертой балки из прокатного двутавра пролётом $2L$, загруженной нагрузкой собственного веса и эксплуатационной нагрузкой общей интенсивностью q_1 (рис. 1, а). Для восприятия балкой дополнительной нагрузки q_2 в середине пролёта устанавливается упругая опора с реакцией F (рис. 1, б).

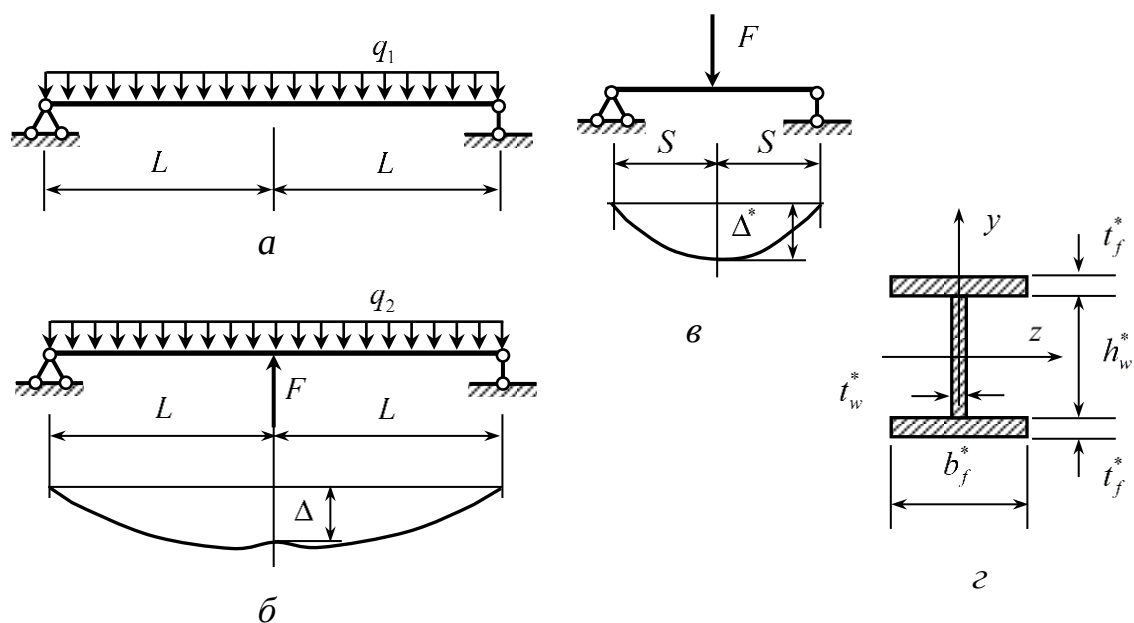


Рисунок 1 – а) усиливаемая балка; б) расчётная схема для определения реакции в упругой опоре и эпюра прогибов; в) расчётная схема допол-

нительной балки; г) поперечное сечение дополнительной балки

Требуемая величина реакции F определяется из условий прочности по нормальным σ и касательным τ напряжениям усиленной балки (задача № 1):

$$\sigma_{\max} = \frac{M_z(q_1)}{W_z} + \frac{M_z(q_2, F)}{W_z} \leq R_y; \quad \tau_{\max} = \frac{Q_y(q_1)S_z^{\text{отс}}}{J_z t_w} + \frac{Q_y(q_2, F)S_z^{\text{отс}}}{J_z t_w} \leq R_s. \quad (1)$$

Обозначения в формуле (1) соответствуют общепринятым обозначениям в прочностных расчётах и не расшифровываются. После определения величины F в середине пролёта балки подсчитывается вертикальное перемещение (прогиб) Δ по формуле Мора-Верещагина:

$$\Delta = \frac{5q_2 L^4}{24EJ_z} - \frac{FL^3}{6EJ_z}. \quad (2)$$

Для «реализации» реакции упругой опоры предлагается в середине пролёта перпендикулярно к оси усиливаемой балки устанавливать дополнительную шарнирно опертую балку длиной $2S$ (рис. 1, в). Размеры поперечного сечения балки (рис. 1, г), а также величину S предлагается определять из условия минимума расхода материала (задача № 2):

$$V = A^* \cdot 2S = (h_w^* t_w^* + 2b_f^* t_f^*) \cdot 2S \quad (3)$$

при выполнении условий прочности по нормальным σ^* , касательным τ^* и эквивалентным $\sigma_{\text{эКВ}}^*$ напряжениям для дополнительной балки и условия равенства прогиба Δ , вычисленного по формуле (2), прогибу Δ^* от действия силы F на дополнительную балку:

$$\Delta^* = \frac{FS^3}{6EJ_z^*}. \quad (4)$$

Обе поставленные задачи представляют собой задачи условной оптимизации [7]. В задаче № 1 минимизируется величина реакции F при выполнении ограничений (1). В задаче № 2 варьируются размеры поперечного сечения дополнительной балки и её длина $2S$ при одновременном удовлетворении требованиям прочности и условию равенства прогибов $\Delta = \Delta^*$. Кроме этого накладываются конструктивные ограничения на размеры поперечного сечения и длину дополнительной балки. Для решения обеих задач используется табличный процессор Microsoft Excel.

Пример. Требуется усилить шарнирно опертую балку (рис. 1, а), выполненную из двутавра 100Ш1 по ГОСТ P57837–2017 «Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок», при следующих исходных данных:

$$L = 600 \text{ см}; \quad q_1 = 1,18 \text{ кН/см}; \quad q_2 = 0,5 \text{ кН/см}; \quad R_y = 24,5 \text{ кН/см}^2;$$

$$R_s = 12,0 \text{ кН/см}^2; \quad E = 2,06 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2.$$

Для проверки выполнения условий прочности (1) на балке назнача-

лись расчётные сечения с шагом 60 см.

В результате решения задачи № 1 получены следующие значения: реакция в упругой опоре $F = 324,6 \text{ кН}$; величина прогиба $\Delta = 0,2053 \text{ см}$. Активными оказались условия прочности по нормальным напряжениям для сечений № 9 и № 11.

При решении задачи № 2 дополнительно учитывались конструктивные ограничения: $50 \leq S \leq 300$; $20 \leq h_w^* \leq 60$; $0,6 \leq t_w^* \leq 1,8$; $18 \leq b_f^* \leq 30$; $1,0 \leq t_f^* \leq 3,0$.

Оптимальные размеры поперечного сечения вспомогательной балки составили: $h_w^* = 20 \text{ см}$; $t_w^* = 1,04 \text{ см}$; $b_f^* = 18,02 \text{ см}$; $t_f^* = 1,22 \text{ см}$. Функция цели: $V = 9912 \text{ см}^3$; оптимальная величина размера балки $S = 76,25 \text{ см}$. Следует отметить, что для успешного решения задачи пришлось ввести штрафной коэффициент 10^5 , на который умножался квадрат разности прогибов $(\Delta - \Delta^*)^2$.

Выводы. Поставлена и решена задача по оптимальному усилению стальной балки в случае увеличения эксплуатационной нагрузки. В качестве элемента усиления предложено использовать дополнительную шарнирно опертую балку из составного двутавра. Для иллюстративного примера определены оптимальные размеры поперечного сечения и длина усиливающей балки.

Список использованных источников.

1. Ребров, И.С. Усиление стержневых металлических конструкций: проектирование и расчёт / И.С. Ребров. – Л. : Стройиздат. Ленинградское отделение, 1988. – 288 с.
2. Пелешко, И.Д. Формирование расчётных схем и определение напряжённо-деформированного состояния стержневых металлических конструкций в процессе реконструкции и усиления / И.Д. Пелешко, З.Я. Блихарский, И.М. Балук // Металлические конструкции. – 2013. – Т. 19. – № 1. – С. 37 – 47.
3. Раков, В.Д. Разработка и апробация конечного элемента смешанного метода для расчёта усиления стальных рам / В.Д. Раков, А.И. Григорьев, Б.А. Тухфатуллин, Л.Е. Путеева // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте. Сборник статей IV Всероссийской научно-технической конференции для молодых учёных и студентов с международным участием, 14 – 15 марта 2018 г. – Пенза, Межотраслевой научно-информационный центр, 2018. – С. 214 – 218.
4. Тухфатуллин, Б.А. Применение специального конечного элемента смешанного метода для расчёта усиления стальной стропильной системы / Б.А. Тухфатуллин, Л.Е. Путеева, А.И. Григорьев, В.Д. Раков // Вестник

БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2018. – № 10 (53). – С. 43 – 51 (221).

5. Ляхович, Л.С. Использование методов оптимизации в задачах усиления конструкций / Л.С. Ляхович, Б.А. Тухфатуллин, Л.Е. Путеева, А.И. Григорьев // Вестник ТГАСУ. – 2015. – № 6 (53). – С. 57 – 70.

6. Тухфатуллин, Б.А. Программный комплекс «Opticad»: назначение, структура, примеры использования при оптимальном проектировании плоских стальных рам / Б.А. Тухфатуллин, Л.Е. Путеева // Проблемы оптимального проектирования сооружений / Доклады 3-ей Всероссийской конференции. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2014. – С. 406 – 413.

7. Тухфатуллин, Б.А. Нелинейные задачи строительной механики. Оптимальное проектирование конструкций / Б.А. Тухфатуллин. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 106 с.

THE PROBLEM OF DETERMINING THE OPTIMAL SUPPLY OF THE MIDDLE SUPPORT OF A TWO-SPAN UN CUT BEAM AND METHOD OF ITS IMPLEMENTATION

D.V. Shirshaeva, L.S. Lyakhovich, B.A. Tukhfatullin, L.E. Puteeva

*FSBEI Tomsk State University of Architecture and Building,
Tomsk, Russia,*

The problem of optimal reinforcement of an existing steel beam made of I-beams is considered, if it is necessary to apply an additional operating load to it. For this, in the middle of the span of the reinforced beam perpendicular to its longitudinal axis, an additional hinged beam is installed, which acts as an elastic support. It is shown that the task can be reduced to two sequential optimal design problems that can be solved in the Microsoft Excel tabular processor.

Keywords: optimal reinforcement problem, support flexibility, Microsoft Excel spreadsheet.

УДК 629.1

АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ РЫНКА ГИБРИДНЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Р.Н. Шишков, А.В. Тарнопольский

*ФГБОУ «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье рассмотрено состояние рынка гибридных автомобилей на настоящий момент. Проанализированы достоинства и недостатки, дана информация об отечественных разработках.

Ключевые слова: силовая установка, гибридный автомобиль, стои-

мость владения.

Использование гибридных силовых установок для легковых автомобилей в настоящее время становится все более повсеместным. Тенденция на улучшение экологических показателей от транспортных средств поддерживается как экономическими, так и политическими причинами. Снижение расходов на топливо, снижение величины выбросов дополняется стремлением ведущих стран снизить свою зависимость от цен на нефть и стран ее добывающих.

В ходе проведенного анализа установлено, что подавляющее большинство автомобилей построено на однотипных схемах компоновки и номенклатуре электрических частей: электромотор и генератор совмещены в один узел, силовая часть, удобная для диагностики, находится в герметичном корпусе под капотом автомобиля, высоковольтная батарея расположена под кузовом или в задней его части.

На рисунке 1 [1] показаны статистические данные по уровню роста продаж гибридных автомобилей.

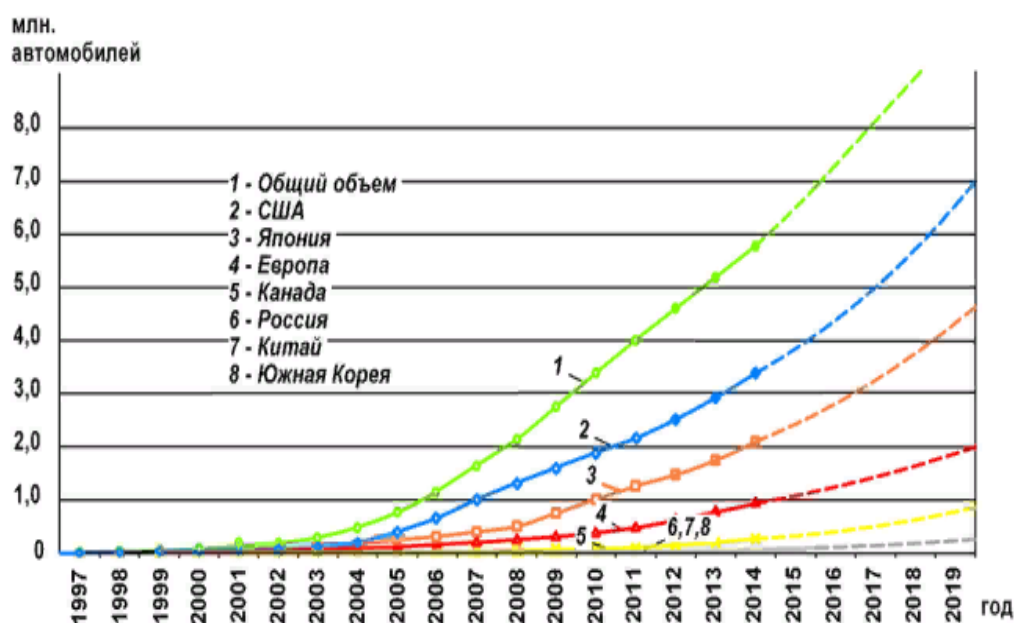


Рисунок 1 – Динамика продаж гибридных автомобилей с 1997 по 2020 года.

На основе анализа данной схемы мы можем сказать, что количество гибридных автомобилей по всему миру увеличивается каждые 5 лет на примерно 3 млн. автомобилей. В процентном соотношении это примерно 10% от общего числа проданных новых автомобилей по всему миру. Рисунок 2 показывает распределение мирового гибридного транспорта исходя из марок и моделей автомобилей с ГСУ [2].

Основываясь на рисунке 2 можно сделать вывод о том, что гибрид-

ные автомобили смешанного типа занимают 80% от всего мирового автопарка автомобилей с ГСУ.

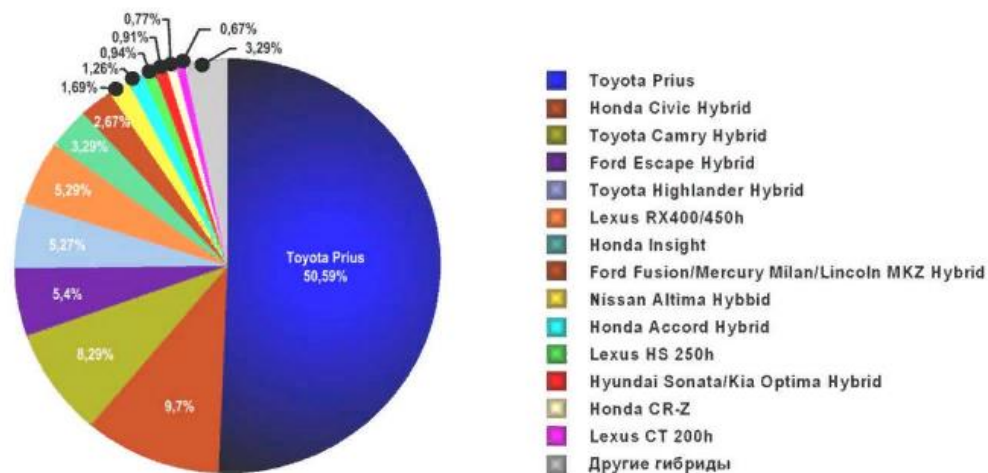


Рисунок 2 – Доля марок и моделей распределения гибридных автомобилей в мире (по часовой стрелке от Toyota Prius)

В нашей стране на настоящий момент официально продается 11 моделей гибридных автомобилей, к ним относятся [2]:

– автомобили марки Lexus, модели RX 12 450h, GS 450h, LS 600h L, CT 200h;

– автомобили марки Mercedes, модели S400, ML 450;

– автомобили марки BMW, модели Active Hybrid 7, X6;

– автомобили марки Toyota, модели Prius;

– автомобили марки Porsche, модели Hybrid RS;

– автомобили марки Cadillac, модели Escalade Hybrid.

С каждым годом продажи гибридных автомобилей в России растут.

Существовала у нас в стране и отечественная разработка. В 2012 году в России был дан старт проекту по разработке гибридного автомобиля. Ё-мобиль являлся российским пиар-проектом последовательного гибридного автомобиля, в котором была использована электрическая трансмиссия в сочетании с комбинированным питанием при использовании генератора, вращающегося от газо-бензинового двигателя внутреннего сгорания. При использовании данной схемы Ё-мобиль считался бы полноприводным.

Разработчики анонсировали начало серийного выпуска Ё-мобилей на начало 2015 года, при стоимости автомобилей, которая в зависимости от комплектации колебалась в пределах от 450 до 490 тыс. рублей [2].

Проанализируем плюсы и минусы гибридных автомобилей чтобы сделать вывод о будущей динамике развития данного типа транспорта.

Основными достоинствами транспортных средств с гибридными си-

ловыми агрегатами будут:

- экологичность таких автомобилей и снижение практически в два раза расхода топлива по сравнению с таким же автомобилем с традиционным силовым агрегатом: среднее значение уровня расхода топлива автомобилей с гибридной силовой установкой равняется 6,5 (4,8) л/100 км в населенном пункте;

- поддержка желания покупателей быть на волне технического прогресса и использовать передовые инженерные технологии, используемые в таких автомобилях;

- гибридные автомобили сочетают в себе повышенный уровень комфорта

и высокие ездовые характеристики:

- а) повышение динамики разгона при пиковых нагрузках за счет добавления крутящего момента от электродвигателя крутящему моменту традиционного двигателя, при этом электродвигатель развивает максимальный крутящий момент из состояния стагнации;

- б) трансмиссия гибридного автомобиля обеспечивает высокую плавность хода автомобиля при движении в городских условиях;

- в) исходя из маркетинговых причин автомобили с гибридными силовыми установками оборудуются большим количеством опций за меньшую стоимость для привлечений покупателей, поскольку силовая установка такого автомобиля стоит выше чем традиционная;

- г) повышенный комфорт автомобилей обеспечивается снижением центра тяжести и уменьшением массы неподрессоренных частей кузова;

- в конструкцию таких автомобилей закладываются технические решения

повышенной надежности, что обеспечивает высокий уровень надежности транспортного средства в целом.

К минусам гибридных автомобилей можно отнести повышенную стоимость такого автомобиля по сравнению с традиционной силовой установкой и сложность технического обслуживания.

В качестве вывода можно сформулировать следующее: существующие минусы в виде высокой цены будут минимизироваться маркетинговыми мерами и льготами со стороны государства, а сложность технического обслуживания будет нивелироваться повешенным ресурсом. Таким образом динамика роста продаж гибридных автомобилей будет только расти.

Список используемой литературы.

1 Бычков В.В., Кондрашкин А.С., Филькин Н.М. Разработка комбинированной энергосиловой установки для легкового автомобиля: перспектива, проблемы, пути решения // Материалы XIV научно-практической конференции вузов Приволжья и Предуралья "Улучшение технико-эксплуатационных показателей мобильной техники"[Текст] // –

СПб, 2003. – С. 98-104.

2 Гибридный легковой автомобиль: Отчет о научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе по проекту "Гибрид", выполненной по государственному контракту на 2000 год № 601-6 (00) – При дополнительному соглашению на 2001 год № 601-6 (00) – П-Д01 с Министерством промышленности, науки и технологий РФ / Закрытое акционерное общество "ИЖ-Амотек"; Руководитель проекта А.С. Кондрашкин. [Текст] // – Ижевск: ДООО "Ижмаш-Авто", 2001. – 60 с. – Исполн.: А.С. Кондрашкин, А.Г. Резник, В.Г. Мезрин, В.М. Ардашев, А.В. Ефанов, Н.М. Филькин.

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE HYBRID PASSENGER CAR MARKET

R.N. Shishkov, A.V. Tarnopolsky

Penza state university, Penza, Russia

The article examines the current state of the hybrid car market. The advantages and disadvantages are analyzed, information about domestic developments is given.

Keywords: powerplant, hybrid car, cost of ownership.

УДК 697.9

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОГО МИКРОКЛИМАТА В КАБИНЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Н. В. Щербаков, М. С. Викторов, Н. Е. Курносков

*ФГБОУ ВО "Пензенский Государственный Университет"
г. Пенза, Россия*

В статье рассматриваются существующие системы кондиционирования и их недостатки, а также возможность применения портативных кондиционеров. Предлагается устройство, позволяющее снизить температуру воздуха внутри салона автомобиля за счет испарительного эффекта.

Ключевые слова: транспортное средство, температура, микроклимат, кондиционер, портативный кондиционер.

Создание комфортных условий в кабине транспортного средства для высокопроизводительной и безопасной работы водителя достигается не только обеспечением удобства его рабочего места, хорошей обзорности, легкости и точности управления автомобилем, но и очень

многое зависит от степени соответствия микроклимата в кабине нормативам комфортных условий для человека, или, что еще лучше, нормативам высшего комфорта [1].

При высокой температуре воздуха в кабине (25°C , и выше) увеличивается нагрузка на сердечно – сосудистую систему, нагружается центральная нервная система, снижается способность к сосредоточению, притупляется чувство осторожности, водитель допускает больше ошибок. Развитию перегрева способствует: усталость, влаго- и воздухонепроницаемая одежда, ограничивающая отдачу тепла, высокая влажность воздуха и перенесенные болезни [5].

Пониженная температура вызывает повышенное тепловыделение и сковывает движения рук и ног водителя, снижает скорость его движений, что приводит к ошибкам при управлении транспортным средством. Высокая влажность может привести к переохлаждению организма, а также к возникновению простудных заболеваний.

Оптимальной температурой в кабине транспортного средства в холодный и переходный период года считается: для легковых транспортных средств от 20 до 25°C , для грузовых транспортных средств от 21 до 23°C . В теплый период года: для легковых транспортных средств от 20 до 23°C , для грузовых транспортных средств от 18 до 20°C [6].

Поддержание температурного режима предотвращает снижение производительности труда водителя, что сказывается на уменьшении возникновения дорожно – транспортных происшествий из-за потери внимания и усталости. Изменение средней температуры в кабине транспортного средства от 19 до 22°C почти не влияет на увеличение вероятности появления дорожно – транспортных происшествий. При росте средней температуры от 22 до 27°C вероятность появления дорожно – транспортных происшествий возрастает до 59% , то есть, при изменении температуры на 1°C вероятность увеличивается до $11,8\%$ [7].

Обеспечение комфортных условий по температуре в кабине и воздухообмену (вентиляции) достигается путем оборудования транспортных средств кондиционерами [2].

Самыми распространенными являются дорогие, сложные и экологически небезопасные фреоновые кондиционеры.

Главным недостатком фреоновых кондиционеров является высокое потребление энергии, что приводит к повышенному расходу топлива, а также дороговизна эксплуатации.

Владельцы транспортных средств с встроенной системой кондиционирования должны были заметить, что при её включении мощность двигателя заметно снижается. Это особенно заметно на автомобилях с малым объемом двигателя – машина медленнее набирает скорость и снижаются холостые обороты.

Крупнейшая общественная организация автомобилистов Герма-

нии ADAC в одном из своих тестов проверила влияние кондиционирования воздуха в автомобиле на расход топлива. Согласно ADAC, на потребление топлива больше всего влияет начальная фаза, в которой нагретый воздух в автомобиле охлаждается до определенного уровня. Испытание показывает, что для понижения температуры с 31 до 22°C испытательные автомобили потребляли от 2,47 до 4,15 л топлива на 100 км больше. По данным ADAC, такой большой рост потребления длится около трех минут. Поддержание заданной температуры в зависимости от стиля вождения и типа кондиционера требует от 0,76 до 2,11 л / 100 км в городских условиях и от 0,09 до 0,66 л / 100 км за пределами населенных пунктов [4].

Стоит отметить, что фреоновая система кондиционирования занимает много места в подкапотном пространстве. Также стоит не забывать, что данная система работает только при включенном силовом агрегате.

Несмотря на недостатки, фреоновый кондиционер до сих пор остается наиболее эффективной системой для создания комфортных условий в кабине транспортного средства. Но есть ли возможность уменьшить мощность климатической установки настолько, чтобы установить её в компактный корпус и использовать для её питания 12 – вольтовый разъём прикуривателя?

Вопрос по снижению температуры, созданию комфортных условий и экономии топлива привел к поиску других устройств по снижению температуры [3].

Таким решением данной проблемы могут стать мобильные системы охлаждения воздуха. Благодаря своей компактности и минимальному потреблению энергии, они составляют определенную конкуренцию сложным и экономически невыгодным системам кондиционирования. Конечно, они не смогут полностью заменить фреоновые системы, но во многих случаях они достойные конкуренты.

В отличие от фреоновых кондиционеров, они представляют собой компактную монолитную конструкцию. Вся система расположена в одном небольшом корпусе. Благодаря такой конструкции установка не представляет никаких сложностей.

На просторах Интернета можно найти обширную информацию по таким кондиционерам.

Для достижения приемлемых температурных условий имеет смысл обратить внимание на компактные кондиционеры, работающие на испарительном принципе.

В таблице 1 приведены примеры таких кондиционеров.

Таблица 1 – Примеры компактных кондиционеров.

	Вид кондиционера	Стоимость
	Портативный вентилятор с функцией обогрева (Китай)	~ 700 рублей
	Компактный персональный охладитель (Китай)	~ 2500 рублей
	Портативный мини-испарительный кондиционер для автомобиля (Франция)	~ 3500 рублей
	Портативный автомобильный кондиционер (Италия)	~ 98000 рублей

Портативный вентилятор от китайской компании Bradex. Представляет собой обычный вентилятор с функцией обогрева. Может работать в двух режимах. Данное устройство не сможет создать необходимые комфортные условия. Похожих по конструкции устройств в Интернете большое количество.

Компактный охладитель под названием ARCTIC COOLER, принцип работы которого основан на использовании воздушного фильтра – испарителя, отбирает тепло от проходящего через него теплого воздуха, тем самым понижает его температуру на выходе, то есть остужает воздух. В техническом плане в данном мини охладителе используется технология гидравлического охлаждения – так называемого «гидроохлаждения». К недостаткам относятся загрязнение фильтра, что потребует его замены, а также габариты, которые позволят использовать данное устройство только на грузовых автомобилях.

Мини – кондиционер французской компании KROAK в конструкции

которого используется водяной испаритель. Работает он так: вентилятор гонит воздух через специальный тканевый фильтр, на который постоянно подается вода, но подача воды не регулируется, что увеличивает влажность в кабине транспортного средства. Также недостатком является загрязнение фильтра солями воды, что создает сопротивление потоку воздуха и потребуется его замена.

Портативный кондиционер является разработкой итальянской компании Indel B, которое представляет собой переносной фреоновый кондиционер. Данная модель охлаждает воздух внутри до установленной температуры, а кроме того, снижает показатели влажности, а в холодное время года кондиционер способен осуществлять прогрев воздуха спального места кабины, что обеспечивает оптимальные показатели микроклимата для комфортного размещения водителя. Главным его недостатком является стоимость.

В Пензенском государственном университете разрабатывается устройство, состоящее из корпуса, внутри которого, находится: вода, панель из полимерного сетчатого материала с конусообразными отверстиями и вентилятор (рисунок 1). Устройство работает следующим образом: за счет вращения вентилятора воздух нагнетается с окружающей среды вовнутрь устройства и подается на панель с отверстиями.

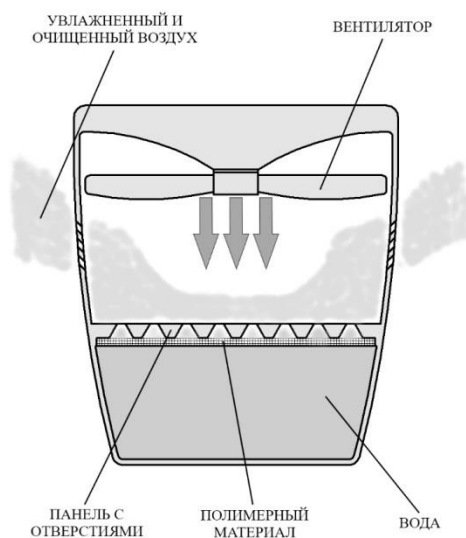


Рисунок 1 – Схема работы макета

Полимерный сетчатый материал обладает меньшим удельным весом чем вода и находится на её поверхности. Воздушный поток, обдувая сетчатый материал, и выступающие конусообразные отверстия, образуют микровихри, которые подхватывают мелкие частицы воды. В значительной мере увеличивается площадь взаимодействия подаваемого потока воздуха с водой.

Считаем, что предлагаемое техническое решение может быть хоро-

шей альтернативой для обеспечения микроклимата в кабине транспортного средства.

Список использованных источников.

1. Ломакин В. В., Покровский Ю. Ю., Степанов И. С., Гоманчук О. Г. Безопасность автотранспортных средств: Учебник для вузов. / Под общ. ред. В.В. Ломакина. – М: МГТУ «МАМИ», 2011. – 299 с.
2. Комфортабельность автомобилей: учеб. пособие / Р.Р. Басыров, А.Д. Галимянов, В.Н. Никишин. – Казань: Изд-во Казанского университета, 2018. – 104 с.
3. Конструирование машин и агрегатов систем кондиционирования: Учебник для авиационных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1978. – 544.
4. ADAC: Auto-Klimaanlagen im Test [Электронный ресурс] / URL: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/ausstattung/auto-klimaanlagen/>
5. Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области: действие высоких температур на человека [Электронный ресурс] / URL: <http://34.rosпотребнадзор.ru/content/193/5764/>
6. Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Челябинской области: Требования к микроклимату в кабинах легковых и грузовых автомобилей, автобусах [Электронный ресурс] / И.В. Стахеева. – Режим доступа: http://74.rosпотребнадзор.ru/faq/-/asset_publisher/W7cB/content/id/1000000661289
7. Щербakov Н. В. Электронная библиотека ПГУ [Электронный ресурс]: О возможности создания микроклимата в кабине транспортных средств. - Электронные данные. - Пенза: ПГАУ, 2020. – Режим доступа: <https://elib.pnzgu.ru/library/1606253302>

ABOUT THE POSSIBILITY OF CREATING A COMFORTABLE MICROCLIMATE IN THE CAB OF VEHICLES

N. V. Shcherbakov, M. S. Viktorov, N. E. Kurnosov

*FSBEL HE “Penza State University”
Penza, Russia*

The article discusses the existing air conditioning systems and their disadvantages, as well as the possibility of using portable air conditioners. A device is proposed that allows you to reduce the temperature of the air inside the car due to the evaporative effect.

Keywords: vehicle, temperature, microclimate, air conditioner, portable air conditioner.

УДК 629.1

МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

С.В. Суменков, Д.С. Янин

*ФГБОУ «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье проведено сравнение водорода и газобаллонного топлива для коммерческих автомобилей. Дана методика расчета затрат при эксплуатации автомобилей на альтернативном топливе.

Ключевые слова: топливо, газобаллонное топливо, водород, полезная работа.

Вопрос уменьшения количества выбрасываемых отработанных газов из двигателей внутреннего сгорания стоит остро уже продолжительное время. Направления решения этого вопроса используются самые разнообразные: использование альтернативных видов топлива, использование гибридных силовых агрегатов и полностью электрических автомобилей. Однако, данные поисковые исследования могут и должны проводиться в отношении новых конструкций автомобилей: выполняться на стадии проектирования применительно к новым образцам продукции, которая будет еще вставать на конвейер. Но в настоящее время острый вопрос стоит по снижению количества вредных выбросов от уже имеющихся транспортных средств. И если применительно к легковым автомобилям это может быть решено переводом их на газобаллонное топливо, то применительно к автобусам и грузовым автомобилям перевод на газомоторное топливо осложнен рядом моментов: снижением запаса хода, наличием большого количества баллонов для хранения газа на борту, потеря полезного объема в конструкции автомобиля для их размещения и снижения грузоподъемности. Таким образом в настоящее время остро стоит вопрос перевода дизельных автомобилей на альтернативный вид топлива, лишенный недостатков сжиженного природного газа или метана, но имеющего такую же высокую экологическую эффективность и практичность.

Водород обладает самой высокой теплотворной способностью, иными словами энергетической ценностью на единицу массы. Сжигая 1 кг. Водорода мы можем получить около 140 МДж энергии. Сравним это с аналогами, недостатки которых мы описали выше. Аналогичная масса бен-

зина или пропан-бутана при сгорании в цилиндре двигателя позволяет получить около 50 МДж. Таким образом чисто физически запас хода на водороде будет более чем в 2 раза больше, или же для выполнения одной и той же транспортной работы нам понадобится меньше водорода как в объеме, так и массе.

Отправной точкой при проведении экспериментов по сравнению различных видов топлива применительно для грузовой техники будет сравнение стоимости перевозок единицы массы груза на единицу расстояния и за единицу времени [2]:

$$\Xi = \frac{m_{\text{т}} \cdot \Pi}{m_{\text{гр}} \cdot S \cdot t}, \quad (1)$$

где $m_{\text{т}}$ – масса топлива требуемая для перевозки груза, кг (или м^3);

Π – стоимость одного кг (или м^3) топлива, руб.;

$m_{\text{гр}}$ – масса полезного груза, кг;

S – длина контрольного участка дороги, м;

t – время движения по контрольному участку, с.

Для получения результатов сравнения необходимо замерить расход топлива для перевозки полезного груза, расстояние контрольного участка и время движения.

Для приведения к общему знаменателю при сравнении различных видов топлива необходимо вводить либо поправочные коэффициенты, либо проводить сравнение в абсолютно одинаковых условиях.

Стоимость перевозки предлагается определять, используя законы механики. При равномерном движении топливо расходуется на преодоление сил^л сопротивления, работа которых равна кинетической энергии движущегося автомобиля и компенсируется энергией сгоревшего топлива.

Кинетическую энергию выражаем через приведенную массу $m_{\text{пр}}$ [3]:

$$T = \frac{m_{\text{а}} \cdot V^2}{2} + m_{\text{пр}} \frac{V^2}{2}, \quad (2)$$

где $m_{\text{пр}}$ – приведенная масса, кг, $m_{\text{пр}} = \frac{1}{V^2} (\sum m_{\text{к}} V_{\text{к}}^2 + \sum J_{\text{Sк}} \omega_{\text{к}}^2)$

$m_{\text{а}}$ – полная масса автомобиля, кг;

$m_{\text{к}}$ – масса к-го звена, кг;

V – скорость движения автомобиля по контрольному участку, м/с;

$V_{\text{к}}$ – скорость поступательного относительно движения **к-то** звена, м/с;

$J_{\text{Sк}}$ – осевой момент инерции к-го звена относительно центра масс, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$\omega_{\text{к}}$ – угловая скорость к-го звена, рад/с.

В условиях установившегося движения скорость автомобиля не влияет на приведенную массу.

Тепловую энергию от сгорания топлива Q можно вычислить по массовому расходу топлива[1]:

$$Q = q \cdot m_{\text{т}} \cdot \eta \quad (3)$$

где q – теплотворная способность топлива, Дж/кг;

m_m – масса сгоревшего топлива, кг;

η – полный КПД автомобиля на режиме испытаний.

При равномерном движении можно приравнять кинетическую энергию автомобиля (2) к тепловой энергии сгоревшего топлива (3) $T = Q$, тогда:

$$\frac{m_a \cdot V^2}{2} + m_{\text{пр}} \frac{V^2}{2} = q \cdot m_{\text{т}} \cdot \eta, \quad (4)$$

По замерам расхода топлива при движении автомобиля с разными скоростями на одной и той же передаче величину приведенной массы можно вычислить, сравнивая расход топлива на контрольном участке. При замере скорости движения автомобиля и известной приведенной массе можно определить полный КПД автомобиля по замеру сгоревшего топлива.

При повторном испытании с дополнительным грузом получим другой расход топлива:

$$\frac{(m_a + m_{\text{гр}}) \cdot V^2}{2} + m_{\text{пр}} \frac{V^2}{2} = q \cdot m_{\text{т1}} \cdot \eta, \quad (5)$$

При установке дополнительного груза $m_{\text{д}}$ дополнительная масса сгоревшего топлива расходуется на перевозку этого груза со скоростью V , тогда для перевозки $m_{\text{д}}$ требуется дополнительный расход топлива $\Delta m_{\text{т1}}$.

$$\frac{m_{\text{гр}} \cdot V^2}{2} = q \cdot \Delta m_{\text{т1}} \cdot \eta, \quad (6)$$

При различных скоростях движения на одной и той же передаче с одним

и тем же грузом получаем различные расходы топлива:

$$\frac{m_{\text{гр}} \cdot V_2^2}{2} = q \cdot \Delta m_{\text{т2}} \cdot \eta_2, \quad (7)$$

$$\frac{m_{\text{гр}} \cdot V_3^2}{2} = q \cdot \Delta m_{\text{т3}} \cdot \eta_3, \quad (8)$$

Если после деления (7) на (8) отношение расходов топлива равно отношению квадратов скоростей, то величина $q\eta$ будет постоянной. А если $q\eta$ не равно постоянной величине, то можно повторением опытов с одним и тем же $m_{\text{д}}$ при движении с разными скоростями найти зависимость $\eta = f(V)$.

При движении на одной и той же скорости и различных дополнительных грузах сравнивая отношение масс сгоревшего топлива и отношение масс дополнительных грузов можно получить зависимость КПД автомобиля от массы перевозимых грузов $\eta = f(m_{\text{гр}})$.

Таким образом, для измерения эффективности замены одного вида топлива на другой вид нужно при равномерном движении автомобиля измерить расстояние пройденное автомобилем, расход топлива и время движения.

Таким образом, измеряя расход топлива на контрольном участке при движении в прямом и обратном направлении можно найти КПД автомобиля и эффективность конвертации в стоимостном выражении.

Список использованных источников.

1. Адамович Б.А., Дербичев А.Г., Дудов В.И. Система водородной энергетики // Автомобильная промышленность. – 2005. – №7. – С.4-7.
2. Ануфриев В.А., Осепчугов В.В., Кисин В.А. Исследование рабочих режимов автомобилей и разработка методики полигонных испытаний, имитирующих условия городской эксплуатации // Сб. науч.тр. всесоюзного семинара "Методы дорожно-полигонных испытаний и вопросы оценки качества автомобилей". – М.: НАМИ, 1975. – С. 71-78.
3. Сорокин К. Водород наступает // Авторевю. – 2004. – №16 – С. 14.

METHODOLOGY OF COMPARATIVE ESTIMATION OF REDUCING ENERGY CONSUMPTIONS WHEN USING HYDROGEN AS FUEL FOR A TRUCK

S. V. Sumenkov, D. S. Yanin

*Penza State University,
Penza, Russia*

The article compares hydrogen and gas fuel for commercial vehicles. A methodology for calculating the costs of operating cars on alternative fuels is given.

Keywords: fuel, gas fuel, hydrogen, useful work.

СОДЕРЖАНИЕ

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ В ТРАКТОРЕ

Д.Н. Абаренчева, А.С. Крупкин, А.А. Войнов.....3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР В ОСВОЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ДИСЦИПЛИН

И. А. Абрамов, Т. С. Абрамова, В. Ю. Игнатьюгин.....10

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

И. А. Абрамов, Т. С. Абрамова, В. Ю. Игнатьюгин.....14

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА ПУТЕВОЙ ТЕХНИКИ

И. А. Абрамов, Т. С. Абрамова, О. А. Шаламова.....18

ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ СТОЙКА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ КЛАПАНОМ

А.Р. Акжигитов, А.А. Войнов.....22

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ АППАРАТНЫХ ЗАТРАТ НА АНАЛИЗ СЛУЖЕБНЫХ ПОЛЕЙ БЛОКОВ ИНФОРМАЦИЙ

Х.Я. Алшааи.....25

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПЛАНИРОВАНИЮ, ОПТИМИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ И ЛОГИСТИЧЕСКИМИ МОЩНОСТЯМИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н.Д. Андрюхин.....30

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЧНОСТЬ

А.А. Беззубов, В.А. Шорин.....33

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Д.С. Белик, М.А. Храмова, Н.В. Камардина.....37

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ВЕНТИЛЯЦИИ САЛОНА АВТОМОБИЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА

И.С. Водянов, В.Н. Каледа, А.С. Буйдин, С.С. Колпаков.....42

ПРЕИМУЩЕСТВА И РАБОТА ПРОТОЧНОГО АККУМУЛЯТОРА

И.С. Водянов, А.А. Войнов.....45

ПРЕДПУСКОВОЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЬ-ОТОПИТЕЛЬ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ И КАБИНЫ МКСМ-800Н

А.А. Войнов, Ф.В. Лагодинский.....48

МОДЕРНИЗАЦИЯ ADAS И БЕСПИЛОТНОГО ВОЖДЕНИЯ С ПОДДЕРЖКОЙ РАДАРА МИЛЛИМЕТРОВОГО СПЕКТРА	
А.А. Войнов, К.Э. Токарев, Д.А. Лебедянцев.....	53
ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЕ	
А.А. Войнов, Н.Д. Мартынов, М.А. Крестин.....	57
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	
Д.А. Войнова, А.А. Войнов.....	61
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ГЕТЕРОГЕННОЙ ФАЗЫ В АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВАХ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	
Т.И. Головнева, В.Ю. Жабский, Д.П. Вихарев.....	64
ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОФОРОВ С ВЫЗЫВНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ	
А.С. Голосов, А.А. Мамедов, Ю.Ю. Накашидзе.....	68
ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОХОДИМОСТИ АВТОМОБИЛЯ УАЗ-452А «СКОРАЯ ПОМОЩЬ»	
И.В. Гордюшкин, Н.Е. Курносков.....	72
СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ КЕРАМИКИ	
И.С. Горшков, М.А. Храмова, А.Ю. Муйземнек.....	76
РАЗРАБОТКА СПОСОБА РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ АЭРОДРОМА	
Т.Р. Грамадчуков, И.В. Леденева.....	80
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ СРОКОВ ЗАМЕНЫ АВИАЦИОННЫХ МАСЕЛ ПО ФАКТИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ	
А.С. Жоров, И.В. Леденева.....	85
ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ МЕХАНИЗМА ГРМ	
А.П. Жук, Р.А. Захарченко.....	88
ОСОБЕННОСТИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОДИТЕЛЕЙ	
Н.В. Зеликова, М.Н. Казачек, Е.В. Сибиряткин, Г.Н. Климова, Э.А. Черников, В.А. Зеликов.....	92
РАЗРАБОТКА НОВОЙ ПРИСАДКИ ДЛЯ ЗАМЕДЛЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВАХ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ	
П.А. Золотарев, И.В. Леденева.....	95
РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ	
Н. В. Иванова.....	99

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛА ПОД ИНДЕНТОРОМ	
Е.Г. Исаков, А.О. Корольков, А.Ю. Муйземнек.....	103
ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА ГОРОДА ПЕНЗЫ	
Д.С. Капустин, И.И. Метальников, Ю.Ю. Накашидзе.....	106
МОЛОЧНОКИСЛЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ МЕДНЕНИЯ	
С.Ю. Киреев, К.Д. Анопин.....	111
ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЕНЗА)	
М.А. Киселёва, Ю.Ю. Накашидзе.....	113
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ	
К.С. Колпаков, К.В. Лебединский.....	117
УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОБУСА ПАЗ-3205	
А.А. Крамин, Е.С. Рузанов, Ю.Ю. Накашидзе.....	122
СИСТЕМА ПРОГРЕВАНИЯ ТРАКТОРА	
А.С. Крупкин, Д.Н. Абаренчева, А.А. Войнов.....	126
РАЗРАБОТКА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА БОЛЬШИХ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЛЯ СТАРТОВОЙ ПЛОЩАДКИ КОСМОДРОМА	
А.Н. Кукушкин, Т.И. Мурашкина.....	133
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭМУЛЬГТРОВАНИЯ И АКТИВАЦИИ ЖИДКОСТИ	
Н.Е. Курносов, А.А. Вайчук, А.В. Модяков, С.А. Сысоев.....	141
СОЛНЕЧНЫЕ ВОДОГРЕЙНЫЕ УСТАНОВКИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ АВТОНОМНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ	
К.П. Лесникова, А.К. Сокольский.....	144
ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПРИ НАПЛАВКЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ	
В.Д. Малышев, А.Д. Ерофеев, О.Н. Логинов.....	150
АНАЛИЗ ЖЕСТКОСТИ ПРИВОДА ПОДАЧ ТОКАРНОГО СТАНКА С ЧПУ	
А.В. Мруг, Г.С. Большаков.....	154

СИСТЕМА СОДЕЙСТВИЯ ВОДИТЕЛЮ КАК СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДТП	
Ю.Ю. Накашидзе, М.А. Сазанов, А.О. Захарова.....	158
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ГОРОДСКИХ УЛИЦ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ	
Ю.Ю. Накашидзе, Р.А. Атаев.....	161
ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ КАК ПРИЧИНА ПОЯВЛЕНИЙ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ	
Ю.Ю. Накашидзе, В.Ю. Марчигин.....	165
ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА УЧАСТКЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ	
Ю.Ю. Накашидзе, М.А. Фадеева, В.О. Титов.....	168
ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ В РОССИИ	
Ю.Ю. Накашидзе, А.В. Соколов.....	173
ПРОБЛЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ	
Ю.Ю. Накашидзе, Э.И. Расулов, А.С. Филин.....	177
ДИАГНОСТИКА ЦИКЛИЧЕСКИ СИММЕТРИЧНЫХ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ	
М.Н. Никифоров.....	181
ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЧИСТОТЫ АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ	
А.В. Петров, Т.И. Головнева, А. Ю. Жданов.....	185
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ПЛОСКОЙ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ЛИРА САПР 2016	
В.Д. Раков, Ф.А. Красина, Л.Е. Путеева, Б.А. Тухфатуллин.....	189
РАСЧЁТ ПЛОСКОЙ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ ИЗ SD МАТЕРИАЛА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ФОРМЕ СМЕШАННОГО МЕТОДА	
В.Д. Раков, Ф.А. Красина, Л.Е. Путеева, Б.А. Тухфатуллин.....	193
РАССЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	
А.А. Рвянин, Н.Е. Курносов.....	197
МИНИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ	
Е.А. Рыблова.....	202
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ	
В.В. Салмин, Д.А. Атясов, П.А. Юмашева.....	205

НОВАЦИИ МОДУЛЯ DOCS ВЕРСИИ 15 ПРОГРАММЫ T-FLEX	
Н.А. Сергеева, А.С.Кулагин, А.Ю. Муйземнек.....	209
ПРОВЕДЕНИЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОПОЕЗДОВ С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА ПУТЕЙ ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ	
С.В. Суменков, А.М. Семин.....	213
ИОНИЗАЦИЯ, КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	
С.А. Сысоев, А.В. Модяков, А.А. Вайчук, Н.Е. Курносов.....	216
К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА	
Е.В. Таратунина, А.И. Выгановская, Е.А. Попова, В.И. Кроль.....	220
АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА УЧАСТКУ ТРАССЫ М5 МОКШАН – ГОРОДИЩЕ ОТ ВЫБРОСОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ	
М. А. Фадеева, Н.Е. Курносов.....	223
ВОЗМОЖНОСТЬ СУЩЕСТВОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАР	
В.С. Филоретов, В.А. Шорин.....	228
ПОВЫШЕНИЕ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ КАБИНЫ ПУТЕМ ЕЕ ПОДРЕССОРИВАНИЯ	
Ш.Ф. Халимов, А.А. Войнов.....	230
СИСТЕМА ПИТАНИЯ БЕНЗИН-ГАЗ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	
П.В. Хачиров, А.П. Жук.....	233
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОСФЕРУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ И ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ	
М.А. Храмова, Д.С. Белик, А.А. Вьюговский, Н.В. Камардина.....	236
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ	
В.С. Циркин, Е.А. Циркина.....	240
РАЗРАБОТКА МЕТОДА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ФИЛЬТРА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАЛМАНОВСКОГО ТИПА С АДАПТИВНОЙ МОДЕЛЬЮ	
О.В Чаплыгин, А.А Костоглотов, А.С. Пеньков, В.О Зехцер.....	244
ЗАДАЧА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОДАТЛИВОСТИ СРЕДНЕЙ ОПОРЫ ДВУХПРОЛЁТНОЙ НЕРАЗРЕЗНОЙ БАЛКИ И СПОСОБ ЕЁ РЕАЛИЗАЦИИ	
Д.В. Ширшаева, Л.С. Ляхович, Б.А. Тухфатуллин, Л.Е. Путеева....	250

АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ РЫНКА ГИБРИДНЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	
Р.Н. Шишков, А.В. Тарнопольский.....	254
О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОГО МИКРОКЛИМАТА В КАБИНЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	
Н. В. Щербаков, М. С. Викторov, Н. Е. Курносов.....	258
МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ	
С.В. Суменков, Д.С. Янин.....	264

ИННОВАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ И ТРАНСПОРТЕ

**VII Всероссийская научно-техническая конференция
для молодых ученых и студентов с международным участием**

Сборник статей.

**Сборник статей будет размещен в РИНЦ
(договор № 760-03/2017К от 31/3/2017)**

Под общей редакцией ***В.В. Салмина***
Ответственный за выпуск специалист по учебно-методической работе
МНИЦ ***Е.А. Галиуллина***
Компьютерная верстка ***О.Ю. Матвеевой***

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 14.04.2021.
Бумага SvetoCopy
Тираж 95 экз.

Формат 60×84 1/16
Уч.-изд. лист. 15,93
Заказ № 24

РИО ПГАУ
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30