

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Автотракторный факультет

**АВТОТРАКТОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМОБИЛЬНЫЙ
ТРАНСПОРТ**

Сборник научных трудов

В 2 томах

Том 1

Минск
БНТУ
2022

УДК [378+621+625+629+65+744]

ББК 39я43

A22

Редакционно-рецензионная коллегия:
декан автотракторного факультета БНТУ,
д-р тех. наук, доцент *Д. В. Канский* (отв. редактор);
зав. отделением «Автомобиле- и тракторостроение» НИПИ БНТУ,
канд. техн. наук, доцент *А. С. Поварехо*;
зав. кафедрой «Тракторы» БНТУ, д-р техн. наук, профессор *В. Б. Бойков*;
зав. кафедрой «Транспортные системы и технологии» БНТУ,
канд. техн. наук, доцент *С. В. Богданович*;
зав. кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей» БНТУ,
канд. техн. наук, доцент *А. С. Гурский*;
зав. кафедрой «Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод» БНТУ,
канд. техн. наук, доцент *М. И. Жилевич*;
зав. кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания» БНТУ,
канд. техн. наук, доцент *М. П. Ивандиков*;
зав. кафедрой «Экономика и логистика» БНТУ,
д-р экон. наук, профессор *Р. Б. Ивуть*;
зав. кафедрой «Инженерная графика машиностроительного
профиля» БНТУ, канд. техн. наук, доцент *Т. В. Матюшинец*;
зав. кафедрой «Автомобили» БНТУ, д-р техн. наук, доцент *Г. А. Рынкевич*

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции «Автомобиле- и тракторостроение», состоявшейся на автотракторном факультете Белорусского национального технического университета 24 мая – 10 июня 2022 года, тематика которых посвящена вопросам проектирования, производства, эксплуатации автомобильного транспорта, тракторов, мобильных систем и комплексов.

УДК [378+621+625+629+65+744]

ББК 39я43

ISBN 978-985-583-815-0 (Т. 1)

ISBN 978-985-583-814-3

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

**КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ,
ПРОИЗВОДСТВО И ДИЗАЙН
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

УДК 621

**ПУТИ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕГРАЦИИ
ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ РЕГИОНА**

**WAYS OF EFFECTIVE ORGANIZATION OF INTEGRATION
OF A TECHNICAL UNIVERSITY AND MANUFACTURING
ENTERPRISES OF THE REGION**

Турдиалиев У. М., д-р техн. наук, проф., ректор,
Алматаев Т. О., канд. техн. наук, проф.,
Андижанский машиностроительный институт,
г. Андижан, Узбекистан.

U. Turdialiev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector,
T. Almataev, Ph.D. in Engineering, Professor,
Andijan Machine-Building Institute, Andijan, Uzbekistan.

В работе были установлены взаимосвязи между интеграцией образования, науки и производства как стратегией развития высшего технического образования; динамикой развития качества инженерно-технического образования и приоритетами государственной политики (системность, продуктивность, взаимозаинтересованность, непрерывность, открытость), обеспечивающие подготовку компетентного специалиста для автомобилестроения.

The work established the relationship between the integration of education, science and production as a strategy for the development of higher technical education; the dynamics of the development of the quality of engineering education and the priorities of the state policy (consistency, productivity, mutual interest, continuity, openness), which ensure the training of a competent specialist for the automotive industry.

Ключевые слова: интеграция, образование, наука, производство, инженер, специалист, автомобилестроение.

Keywords: integration, education, science, production, engineer, specialist, automotive industry.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, интеграция инженерно-технического образования с наукой и производством – это динамичная многокомпонентная система. Каждому состоянию системы соответствуют определенные связи между ее компонентами, в которых выражается та, или иная форма интеграции. Перспективы становления Страны как мощной научно-технологической державы возможны лишь при опережающем развитии интеллектуального потенциала в сфере техники и технологий. В создавшихся условиях необходим поиск новых подходов, форм и методов инженерно-технического образования, базирующихся на традициях отечественной школы, педагогических инновациях, передовом опыте ведущих стран мира [1]. В условиях трансформации общества нужны новые взаимоотношения со всеми сферами общественной жизни. Новые технологии, интеграция производственных процессов, освоение новых видов продукции и пр. вносят коррективы в квалификационные характеристики рабочих мест, стандарты образования и другие образовательные компоненты.

Анализ показал, что проблема интеграции образования, науки и производства в педагогической практике решается, как на уровне содержания образования, так и на институциональном уровне, для которого характерны вариативные формы социального партнерства.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНТЕГРАЦИИ ВУЗА И ПРЕДПРИЯТИЙ

Результаты исследований позволили рекомендовать новый метод интеграции ВУЗа с промышленностью. В данном случае предполагается пересмотр учебных программ в соответствии с моделью «2+2+2», т. е. создание 2-летних общих (базовых, фундаментальных) и 2-летних специализированных (практико-ориентированных) программ для бакалавриата и создание 2-летних продвинутых (узкопрофильных) программ для магистратуры [2].

В данном случае подразумевается, что в новой модели преподавательский состав должен быть разделен на несколько качественно разных групп работников. Первая должна состоять из кадровых (кафедральных) сотрудников ВУЗа, которые будут вести традиционные (базовые) дисциплины в течение первых двух лет обучения

студентов бакалавриата. Вторая группа преподавателей должна состоять из преподавателей-практиков, которые способны конкретизировать базовые знания применительно к определенной специальности на определенных местах прохождения студентами практики. Эти преподаватели призваны обеспечить специализированное обучение студентов в течение последних двух лет бакалавриата и должны курировать прохождение студентами практики – как внутри ВУЗа, так и за его пределами на заводах АК «УзАвтосаноат». Третья группа преподавателей должна обеспечить обучение студентов в магистратуре, для чего они должны соответствовать высоким научным стандартам или обладать высокими практико-ориентированными компетенциями.

В данном случае организованная АндМИ в 2021–2022 годы собственная база в виде технопарка и учебно-практического лабораторного корпуса позволяет готовить специалистов с учетом реальных научно-производственных технологий.

В этом случае гарантия трудоустройства выпускника после успешного окончания, будет главной мотивацией получения высшего образования. В связи с этим АндМИ должен переходить преимущественно на целевое обучение, которое изначально гарантирует трудоустройство студенту. При этом необходимо стремиться, чтобы заводы АК «УзАвтосаноат» по возможности участвовали в процессе организации практики и стажировки студента. Базовая кафедры АндМИ в обязательном порядке должны присутствовать в АО «UzAuto Motors», как предприятия отраслевых драйверов экономики региона. Даже при отсутствии гарантий трудоустройства относительно этой группы выпускников, у них будет высокая гарантия попасть на работу в другие аналогичные заводы АК «УзАвтосаноат».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для эффективной организации интеграции АндМИ и предприятий необходимо следующие 3 основные шаги:

- 1) необходимо осуществлять профориентацию для школьников относительно профессий АндМИ, необходимых для будущей работы на заводах АК «УзАвтосаноат», а также в дальнейшем организовать факультеты довузовской подготовки, которые в свою очередь готовят школьников к поступлению в университет;

2) в АндМИ необходимо организовать учебный процесс с участием заводов АК «УзАвтосаноат». Для этого на территории университета рекомендуется смонтировать оборудование, полностью идентичное тому, что используется на самом заводе, которые будут использоваться, во-первых, для обучения студентов, во-вторых, для изготовления студентами и сотрудниками АндМИ деталей, необходимых для производства конечных изделий АО «UzAuto Motors». Обучение будущей профессии происходит как на самом заводе, так и в учебном центре ВУЗа. Это позволит выпускникам АндМИ прийти на работу в заводы АК «УзАвтосаноат» не новичками, а уже готовыми специалистами;

3) в АндМИ рекомендуется организовать специальные классы для переподготовки специалистов необходимых для АО «UzAuto Motors». В данном случае университет будет брать на себя дополнительную опцию по подготовке кадров по рабочим специальностям. Данная модель также будет соответствовать плану вуза по интеграции с промышленными предприятиями.

Организованные АндМИ технопарк и учебно-практический лабораторный корпус будут особенно эффективны, для многих предприятий–партнеров. Это направление интеграции производства и обучения является достаточно перспективным и будет продолжать развиваться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сазонова, З. С. Интеграция образования, науки и производства как методологическое основание подготовки современного инженера / З. С. Сазонова. – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2007. – 487 с.

2. Отчет о проведении форсайт-исследования к проекту «Создание синергетической интеграции высшего образования и производства в Узбекистане – SYNERGY». – Андижан: АндМИ, 2021, – 54 с.

Представлено 24.04.2022

УДК 629.331

**ПОСТРОЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
УСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ
БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО МОЩНОСТНОГО
БАЛАНСА**

**BUILDING OF STEADY-STATE MOVING MODE FUEL
CHARACTERISTIC OF AUTOMOBILE WITHOUT USING
OF ITS POWER BALANCE**

Галямов П. М., канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
P. Haliamau, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Belarusian national technical University,
Minsk, Belarus

В статье показана возможность построения топливной характеристики установившегося движения автомобиля на основе использования только силовых параметров процесса его движения, получаемых из его тяговой характеристики. Это позволяет получить топливную характеристику установившегося движения автомобиля без расчета его мощностного баланса, позволяя, тем не менее, при этом учесть в расчетах изменение удельного расхода топлива двигателем в зависимости от степени использования его мощности в процессе движения автомобиля.

In this paper is shown a possibility of building of steady state movement fuel consumption characteristic of automobile that is based on using only force parameters of process of its movement obtained from its traction characteristic. This allows to obtain vehicle steady state movement fuel consumption characteristics without its power balance calculation, allowing, by the way, to make account of changing of fuel consumption by its engine depending on part of power engine using during of automobile moving.

Ключевые слова: автомобиль, топливо, расход топлива, топливная экономичность, топливная характеристика установившегося движения автомобиля.

Keywords: automobile, fuel, fuel consumption, fuel efficiency, fuel consumption steady state movement vehicle characteristic.

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование топливно-экономических свойств будущего автомобиля является одним из важных этапов его проектирования, поскольку оно позволяет оценить путевой расход топлива, который, в свою очередь, определяет такие оценочные показатели конкурентоспособности автомобиля как размер финансовых затрат на закупку топлива для автомобилей гражданского назначения и величину запаса хода для автомобилей военного назначения. Топливо-экономические свойства автомобиля весьма наглядно отображает топливная характеристика установившегося движения (ТХУД), представляющая собой график, на котором по оси абсцисс отложена скорость движения автомобиля на высшей передаче в трансмиссии, а по оси ординат – величина путевого расхода топлива в л/100 км [1]. Построение ТХУД автомобиля является заключительным этапом курсовой работы по учебной дисциплине «Теория автомобиля» и соответствующего раздела дипломного проекта у студентов, обучающихся на кафедре «Автомобили» БНТУ по специальности «Автомобилестроение», поскольку предыдущими этапами указанных учебных работ являются построение силового и мощностного балансов проектируемого автомобиля, причем силовой баланс автомобиля используется для анализа его тягово-скоростных свойств, а результаты расчета мощностного баланса служат исходными данными для построения ТХУД. Перевод студентов первой ступени получения высшего образования специальности «Автомобилестроение» с пятилетнего на четырехлетний срок обучения требует пропорционального сокращения количества часов на изучение всех дисциплин в учебных планах и программах, что делает актуальной задачу сохранения возможности обучения студентов построению ТХУД автомобиля в условиях исключения части учебного материала из курса «Теория автомобиля». В статье показана возможность решения данной задачи путем обоснования возможности построения ТХУД автомобиля на основе только его тяговой характеристики, что не требует использования в расчетах каких-либо мощностных параметров и тем самым позволит полностью исключить изучение мощностного баланса автомобиля из кур-

са «Теория автомобиля», одновременно упростив построение ТХУД автомобиля студентами в курсовом и дипломном проектировании.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ ТХУД

Преподаваемая в настоящее время на кафедре «Автомобили» БНТУ методика построения ТХУД изложена в работе [1]. Она базируется на уравнении расхода топлива автомобилем, которое связывает удельный расход топлива его двигателем g_e , сумму мощности P_ψ , которую затрачивает автомобиль на преодоление сил дорожного сопротивления и мощности P_B , которую затрачивает автомобиль на преодоление силы сопротивления воздуха, а также скорость автомобиля V и плотность топлива ρ_T . Уравнение, связывающее вышеуказанные параметры, впервые было опубликовано Г. В. Зимелевым в работе [2], откуда затем переключалось в подавляющее большинство современных учебников и учебных пособий по теории автомобиля [1,3], в которых оно в последующем было дополнено учетом изменения удельного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности двигателя I и степени использования его частоты вращения E , а также переводом размерностей части величин в систему СИ. Следует отметить, что полный перевод в систему СИ размерностей всех величин, входящих в уравнение расхода топлива, невозможен, поскольку путевой расход топлива Q_s принято выражать во внесистемных единицах л/100 км, а производители двигателей данные об их удельном расходе топлива двигателем g_e дают в г/(кВт·ч), что также является внесистемной единицей.

С учетом вышесказанного в работе [1] предлагается следующее выражение (1) для расчета путевого расхода топлива автомобилем:

$$Q_s = 100 \cdot \frac{g_{eP} \cdot k_I(I) \cdot k_E(E) \cdot (P_\psi + P_B)}{\eta_{TP} \cdot \rho_T \cdot V}. \quad (1)$$

Выражение (1) удобно для использования в тех случаях, когда из мощностного баланса автомобиля расчетным путем найдены мощности, необходимые для преодоления сил сопротивления дороги и воздуха. Однако оно обладает следующими недостатками:

– перед расчетом ТХУД необходимо полностью рассчитать мощностной баланс автомобиля, причем сделать это нужно не только потому, что мощности, затрачиваемые на преодоление сил сопротивления дороги и воздуха непосредственно входят в числитель выражения (1), но и потому, что входящий в него коэффициент использования двигателя по мощности $k_{и}$ зависит от степени использования мощности двигателя И, нахождение которой согласно существующей методике построения ТХУД невозможно без нахождения отношения суммы мощностей, затрачиваемых на преодоление сил сопротивления дороги и воздуха, к мощности, подводимой от двигателя к ведущим колесам;

– в числитель (1) нужно подставлять значения мощностей в кВт, вычисленные по значениям скорости автомобиля в м/с, в то время как в знаменатель этого же выражения скорость автомобиля должна подставляться в км/ч;

– переменные величины, зависящие от условий движения автомобиля, входят как в числитель, так и в знаменатель (1), что затрудняет его аналитическое исследование на наличие экстремума;

– деление на переменную величину увеличивает время счета на компьютере, что приводит к значительному росту машинного времени при численном решении оптимизационных задач.

Все это свидетельствует о необходимости поиска более простой и удобной методики построения ТХУД, не требующей привлечения мощностного баланса автомобиля для ее расчета.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ТХУД БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЩНОСТНОГО БАЛАНСА АВТОМОБИЛЯ

В выражении (1) можно заметить, что отношения мощностей затрачиваемых на преодоление сил сопротивления движению автомобиля к его скорости есть сами силы сопротивления движению автомобиля, и тогда преобразуем (1) к виду (2):

$$Q_s = \frac{g_{eP} \cdot k_{и}(И) \cdot k_E(E) \cdot (F_{\psi} + F_B)}{36 \cdot \eta_{TP} \cdot \rho_T}, \quad (2)$$

где F_{ψ} и F_B – соответственно силы сопротивления дороги и воздуха. Значения путевого расхода топлива Q_s , вычисленные по выражению

(2), будут иметь размерность в л/100 км, если в него подставлять значения удельного расхода топлива двигателем g_e , выраженные, как это принято в двигателестроении, в г/(кВт·ч), а все остальные величины подставлять с размерностями в системе СИ.

Подобная форма записи выражения для путевого расхода топлива была получена Б. С. Фалькевичем в работе [4], в которой оно было записано в системе СГС, однако почему-то даже в самых современных учебниках по теории автомобиля [3] такая форма записи выражения для путевого расхода топлива распространения не получила. Причиной ее малой распространенности по мнению автора данной статьи является необходимость учета степени использования мощности двигателя N , нахождение которой по ее определению опять-таки требует расчета мощностного баланса автомобиля. Однако это не так, и степень использования мощности двигателя N при равномерном движении автомобиля может быть легко найдена из графика его тяговой характеристики как отношение суммы сил дорожного сопротивления и сопротивления воздуха к касательной силе тяги на ведущих колесах, что не требует расчета мощностного баланса автомобиля.

По сравнению с выражением (1) выражение (2) обладает следующими преимуществами:

- в выражение (2) входит меньше величин, чем в выражение (1), что делает расчет более простым;

- при расчете по выражению (2) среди исходных данных только одна из величин должна иметь размерность, не соответствующую системе СИ, а при расчете по (1) – две;

- для использования выражения (2) должна быть предварительно построена только тяговая характеристика, в то время как использование выражения (1) требует построения мощностного баланса автомобиля, что позволит исключить мощностной баланс автомобиля из курсовых и дипломных проектов студентов автомобилестроительных специальностей, а также из учебных программ дисциплины «Теория автомобиля»;

- в выражение (2) в числитель входит сумма всех сил, на преодоление которых затрачивается касательная сила тяги, создаваемая двигателем на ведущих колесах автомобиля. При учете сил сопротивления дороги и воздуха при установившемся равномерном движении автомобиля оно позволяет рассчитать расход топлива при

его установившемся движении, а при необходимости расчета расхода топлива на других режимах (равноускоренное движение, движение на подъем, движение с прицепом) в числитель выражения (2) следует дополнительно ввести силы инерции, сопротивления подъему и сопротивления движению прицепа соответственно. При использовании выражения (1) эти дополнительные факторы учесть затруднительно;

– в знаменатель выражения (2) входят параметры, постоянные для одного и того же автомобиля, что позволяет аналитически находить его экстремум проще, чем экстремум выражения (1);

– благодаря вышеупомянутому постоянству знаменателя при решении оптимизационных задач на компьютере достаточно минимизировать только числитель выражения (2), не содержащий ресурсоемких операций деления вещественных чисел, и затем после завершения цикла оптимизации один раз умножить минимизированный числитель на число, обратное знаменателю, что даст колоссальную экономию машинного времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе обоснована возможность и дана методика построения ТХУД автомобиля без использования его мощностного баланса, основанная на использовании только его тяговой характеристики. Внедрение рассмотренной методики в учебную и расчетную практику взамен традиционной позволит упростить процесс ручного расчета ТХУД и ускорить компьютерное решение задач проектирования автомобиля, связанных с оптимизацией расхода топлива, а также отказаться от изучения мощностного баланса автомобиля при изучении его теории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руктешель, О. С. Выбор параметров и оценка тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля: учеб. пособие / О. С. Руктешель. – Минск: БНТУ, 2015. – 80 с.
2. Зимелев, Г. В. Теория автомобиля. / Г. В. Зимелев. – М.: Машгиз, 1959. – 314 с.
3. Тарасик, В. П. Теория движения автомобиля / В. П. Тарасик. – 2-е издание. – СПб. : БХВ, 2022. – 576 с.

4. Фалькевич, Б. С. Теория, конструирование и расчет автомобиля. / Б. С. Фалькевич. – М.: Машгиз, 1963. – 239 с.

Представлено 23.05.2022

УДК 629.33.02

**АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ
В ТРАНСМИССИИ С ЦЕНТРАЛЬНОЙ
СИНХРОНИЗАЦИЕЙ И МОТОРНЫМ ТОРМОЗОМ**

**ALGORITHMIZATION OF GEAR SHIFTING
IN THE TRANSMISSION OF A CAR WITH CENTRAL
SYNCHRONIZATION AND A MOTOR BRAKE**

О. С. Руктешель, д-р техн. наук, проф.,

В. А. Кусяк, канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

O. Rukteshel, Doctor of technical Sciences, Professor,

V. Kusjak, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

Belarusian National Technical University,

Minsk, Belarus

В статье описана структура алгоритмов переключения передач. Раскрыт смысл центральной синхронизации и указана последовательность операций, приводящих к её реализации.

Использование центральной синхронизации позволяет снизить вес, стоимость и размеры механической ступенчатой коробки передач. Доказывается, что неотъемлемым условием работы коробки передач с центральной синхронизацией при переключении на смежную высшую ступень является использование моторного тормоза.

The article describes the structure of gearshift algorithms. The meaning of central synchronization is revealed and the sequence of operations leading to its implementation is indicated.

The use of central synchronization allows you to reduce the weight, cost and size of a manual step gearbox. It is proved that an essential

condition for the operation of a gearbox with central synchronization when switching to an adjacent higher stage is the use of a motor brake.

Ключевые слова: коробка передач, алгоритм переключения, центральная синхронизация, моторный тормоз.

Keywords: gearbox, switching algorithm, central synchronization, motor brake.

ВВЕДЕНИЕ

Под алгоритмами переключения передач понимается последовательность операций, выполняемых САУ в момент переключения.

Алгоритмы процесса переключения передач оказывают влияние на нагруженность узлов силового агрегата, динамику и плавность хода автомобиля.

Структуры алгоритма переключения различают по принципу организации алгоритма, количеству операций управления, последовательности их выполнения, по условиям перехода между операциями, количеству и виду узлов САПП, реализующих эти операции.

По принципу организации алгоритмы переключения классифицируют на алгоритмы индивидуальной и центральной синхронизации, а также комбинированные, сочетающие в себе свойства обоих указанных принципов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Количество и вид узлов САПП, участвующих в процессе переключения передач, определяются как принципом организации алгоритма, так и типом трансмиссии транспортной машины. В общем случае этими узлами являются двигатель, моторный тормоз, сцепление, элементы коробки передач (зубчатые муфты, синхронизаторы) и их исполнительные механизмы.

Под операциями управления понимаются воздействия, направленные на включение-выключение вышеперечисленных узлов, синхронизацию угловых скоростей или ускорений их элементов и реализация данных воздействий.

К параметрам алгоритма переключения передач относят интервалы смещения во времени сигналов управляющего блока САПП, определяющих начало параллельно выполняемых операций (например, управление двигателем и сцеплением; двигателем, моторным тормозом и коробкой передач и т. п.); время, темп включения (вы-

ключения) и характер нарастания (падения) нажимного усилия в силовых цилиндрах исполнительных механизмов, а также значения относительных угловых скоростей и ускорений элементов коробки передач или сцепления, синхронизируемых в процессе переключения передач. Достижение последних является сигналом к выполнению последующих операций.

Условиями перехода между операциями являются заданные состояния управляемых узлов САПП, достижение которых служит сигналом к началу выполнения очередной операции или группы операций. Например, частичное или полное включение сцепления, моторного тормоза, достижение синхронизируемыми элементами сцепления, либо коробки передач заданных значений относительных угловых скоростей и (или) ускорений.

В общем случае синхронизатор коробки передач – это механизм, предназначенный для выравнивания угловых скоростей вала коробки передач и включаемой шестерни, который позволяет сделать процесс переключения передач плавным и бесшумным.

В коробках передач современных грузовых автомобилей наибольшее распространение получили инерционные синхронизаторы. Однако, в качестве синхронизатора в КП может быть также использован и двигатель внутреннего сгорания, т. е. выравнивание угловых скоростей вала коробки передач и включаемой шестерни может быть достигнуто путем увеличения или уменьшения (в зависимости от того включается низшая или высшая передача) угловой скорости этого вала при наличии его связи с коленчатым валом двигателя. Такой вид синхронизации называют центральным.

Алгоритм переключения передач в случае центральной синхронизации представляет собой следующую последовательность операций: управление двигателем с одновременным выключением сцепления – выключение предыдущей передачи – частичное или полное включение сцепления – синхронизация угловых скоростей включаемых элементов КП с помощью управления двигателем (имоторным тормозом при переключении на высшую передачу) – включение последующей передачи (и прекращение управление моторным тормозом, если это необходимо), полное включение сцепления и управление двигателем.

Использование центральной синхронизации позволяет отказаться от синхронизаторов в коробке передач и тем самым уменьшить

вес, стоимость и габаритные размеры механической коробки, а также увеличить ее надежность, т. к. часто причиной отказа в работе КП является выход из строя какого-либо из ее синхронизаторов.

В зависимости от направления переключения распределение операций по узлам силового агрегата автомобиля производится различным образом.

При переключении на высшую передачу, с целью ускорения синхронизации угловых скоростей включаемых элементов КП, прекращается подача топлива в двигатель и включается моторный тормоз, т.е. перекрывается выпускной коллектор, в результате чего создается противодействие выходу отработавших газов, что приводит к интенсивному снижению угловой скорости коленчатого вала двигателя и связанных с ним элементов силового агрегата. При переключении на низшую передачу для достижения аналогичной цели требуется увеличить подачу топлива, чтобы повысить угловую скорость коленчатого вала двигателя. Пусть закон переключения передач рассматривается как функция от загрузки двигателя и частоты вращения его коленчатого вала, и заключается в том, что САУ включает высшую передачу в КП при достижении коленчатым валом двигателя силового агрегата автомобиля максимальных оборотов, что соответствует максимальной мощности $P_{e\ max}$, а низшую – при достижении двигателем максимального крутящего момента $M_{e\ max}$, т. е. при оборотах n_M (см. рисунок 1, а).

Необходимость использования моторного тормоза при переключении на высшую передачу можно пояснить на следующем примере (рисунок 1).

На рисунке приняты обозначения: $n_{e\ min}$, n_M , n_p и $n_{e\ max}$ – частоты вращения коленчатого вала двигателя соответственно при минимальных оборотах, оборотах при максимальном крутящем моменте, оборотах при максимальной мощности и максимальные;

$M_{e\ max}$ и $P_{e\ max}$ – соответственно максимальные значения крутящего момента двигателя и мощности;

F_{ki} – значение силы тяги на ведущих колесах автомобиля на i -ой передаче, где i изменяется от I до IV;

F_f и F_B – силы сопротивления качению и воздуха движению автомобиля;

$V_{a\ min}$ и $V_{a\ max}$ – минимальная и максимальная скорости движения автомобиля.

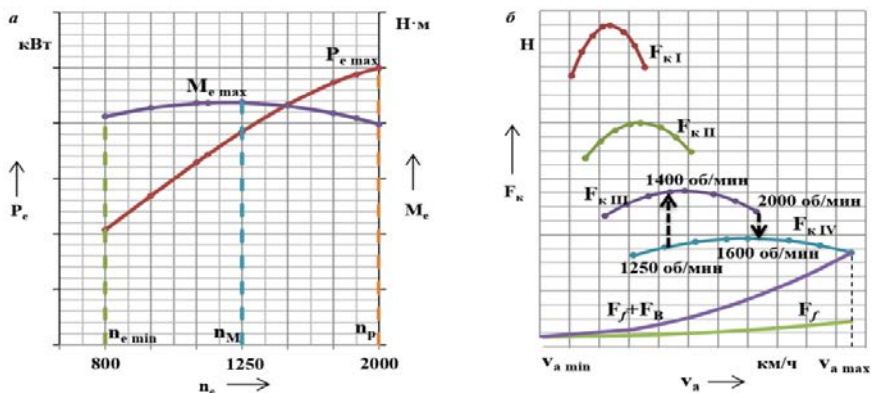


Рисунок 1 – К вопросу об использовании моторного тормоза в силовом агрегате автомобиля с автоматизированной КП
 а – внешняя скоростная характеристика двигателя,
 б – тяговая характеристика автомобиля.

Из рисунка 1, б следует, что при переключении на смежную высшую передачу (допустим осуществляется переключение с III на IV передачу) для того, чтобы добиться требуемой синхронизации включаемых элементов коробки передач, обороты коленчатого вала двигателя следует снизить с $n_{III} = n_{e \max} = n_P$ 2000 об/мин до $n_{IV} = 1600$ об/мин, а при переключении на смежную низшую передачу (переключение с IV на III передачу) – увеличить обороты коленчатого вала с $n_{IV} = n_M = 1200$ об/мин до $n_{III} = 1400$ об/мин.

Как показывают результаты испытаний [1], интенсивность снижения оборотов коленчатого вала двигателя при включении моторного тормоза увеличивается в 6 раз по сравнению со «свободным» торможением двигателя (т. е. торможением двигателя в результате уменьшения до нуля величины подачи топлива), и составляет 105 рад/с^2 .

Весь процесс переключения при этом составляет около 0,5 с. Для сравнения, аналогичный процесс в механической КП с ручным управлением происходит за 0,80–1,20 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно сделать вывод, что при автоматизации процесса переключения передач в трансмиссии транспортного

средства с механической коробкой, целесообразно использовать центральную синхронизацию включаемых элементов, а также моторный тормоз при включении смежной высшей передачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кусяк, В. А. Проектирование автоматизированных мехатронных систем управления силовым агрегатом грузовых автомобилей и автопоездов / В. А. Кусяк, О. С. Руктешель. – Минск: БНТУ, 2015. – 296 с.

Представлено 20.04.2022

УДК 629.33-025.13(06)

ОЦЕНКА БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

RELIABILITY CALCULATION OF ELECTRONIC DEVICES OF THE AUTOMOBILE WHEN DESIGNING

Дыко Г. А., канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
H. Dyko, Ph.D. in Engineering, Associate professor,
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Рассмотрены подходы и модели для вероятностной оценки показателей безотказности электронных устройств автомобилей при проектировании. Приведен пример расчета показателей безотказности конкретного устройства.

Approaches and models for probabilistic estimation reliability indicators of electronic devices of cars. An example of calculating the reliability indicators of a particular device during design is given.

Ключевые слова: Безотказность, электронное устройство, автомобиль, проектирование, вероятностная оценка показателей.

Keywords: Reliability, electronic device, car, design, probabilistic estimation of indicators.

ВВЕДЕНИЕ

Комплексное свойство «надежность» в зависимости от назначения технического объекта и условий его применения может включать сочетания простых свойств: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Для элементов электронных устройств основным и наиболее важным является безотказность. Из терминов безотказности следует выделить наработку элемента и его отказ. Различают наработки: до первого отказа, на отказ и до предельного состояния (ресурс). Отказы бывают независимые и зависимые, явные и неявные, полные и частичные, устойчивые и временные, конструкционные, производственные и эксплуатационные.

ОЦЕНКА БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА

При вероятностной оценке безотказности электронного устройства применяют определенные схемы реализации отказов: мгновенных повреждений (внезапный отказ), накапливающихся повреждений (постепенный отказ), релаксаций (накопление повреждений и потом скачок), действия нескольких независимых причин. Для прогноза безотказности устройства опираются на теоретические распределения случайных величин – чаще всего экспоненциальное и Вейбулла для внезапных отказов, которые являются предпочтительными для электронных элементов [2].

В практике проектирования современных автомобилей для их электронных устройств в основном оценивают вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, среднюю наработку до отказа, относительную и среднюю частоты отказов и коэффициент нагрузки элемента. Для восстанавливаемых устройств также используют среднюю наработку на отказ и среднее время восстановления работоспособности.

При высоких показателях надежности элементов применяют резервированные устройства и последовательные схемы соединения элементов (рисунок 1). Вероятность безотказной работы (ВБР) устройства при экспоненциальном распределении наработки, если известны ВБР элементов, записывается [3].

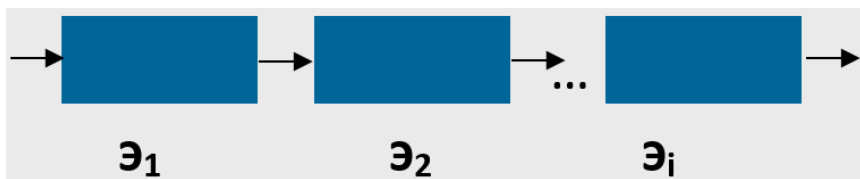


Рисунок 1 – Последовательная схема соединения элементов

$$P_y(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t).$$

Для i -го элемента ВБР можно рассчитать [4]:

$$P_i(t) = e^{-\bar{\lambda}_i t},$$

где $\bar{\lambda}_i$ – средняя интенсивность отказов элементов; t – наработка.

При постоянных интенсивностях отказов элементов ВБР устройства:

$$P_y(t) = e^{-\bar{\lambda}_y t},$$

где $\bar{\lambda}_y$ – средняя интенсивность отказов устройства ($\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda} \cdot N_0$); $\bar{\lambda}$;

N_0 – средняя интенсивность отказов элементов и их число.
Средняя наработка до отказа:

$$\bar{T}_1 = \frac{1}{\bar{\lambda}_y}.$$

Пример расчета показателей безотказности электронного устройства [1].

Исходные данные: Количество элементов устройства $N_0 = 35$; интенсивность отказов элементов $\lambda = 1,4 \cdot 10^{-6}$ 1/ч; продолжительность эксплуатации $t = 500$ ч.

Последовательность расчета. Определяется средняя интенсивность отказов устройства:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda} \cdot N_0 = 1,4 \cdot 10^{-6} \cdot 35 = 0,000049.$$

Рассчитывается вероятность безотказной работы электронного устройства:

$$P_y(t) = e^{-\lambda_y t} = e^{-0,000049 \cdot 500} = 0,976.$$

Определяется средняя наработка до первого отказа устройства:

$$\bar{T}_1 = \frac{1}{\lambda_y} = 1 / 0,000049 = 20408 \text{ ч.}$$

При недостаточной безотказности электронных устройств вынужденно используют устройства с резервированием и параллельным подключением дополнительных элементов. Резервирование – метод повышения надежности устройства за счет введения резервных ветвей и элементов. Это позволяет создать надежные устройства из элементов недостаточной надежности. Различают резервирование: общее и раздельное, смешанное и др. По способу включения резерва выделяют постоянное резервирование и замещение элемента. Элементы резерва могут быть в нагруженном состоянии, облегченном состоянии и ненагруженном состоянии. Существует понятие кратности резервирования [2, 3].

Электронные устройства работают под управлением программ. Надежность программного обеспечения влияет на надежность электронных устройств и должна учитываться при ее оценке. Различают программы информационно-диагностические, автоматического и автоматизированного управления механизмами и системами автомобиля. Особенности эксплуатации программ: длительная работа, сложные условия работы (переменные температуры, влажность, вибрации и др.), возможность наличия дефектов в программах, приводящих к сбоям и отказам электронного устройства [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены особенности вероятностной оценки безотказности электронных устройств автомобилей и приведен пример расчета показателей безотказности конкретного устройства. Отмечены условия применения электронных устройств с резервирова-

нием и влияние надежности программного обеспечения на их безотказность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дыко, Г. А. Надежность автомобильных электронных систем: практикум / сост. Г. А. Дыко. – Минск: БНТУ, 2018. – 35 с.

2. Ямпурин, Н. П. Основы надежности электронных средств / Н. П. Ямпурин, А. В. Баранова. – М.: Академия, 2010. – 237 с.

3. Рябинин, И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И. А. Рябинин. – СПб.: Издательство СПбУ, 2007. – 278 с.

4. Тюриков, В. Л. Теоретические основы надежности: учеб. пособие / В. Л. Тюриков. – М.: Издательство МО РФ, 1999 – 132 с.

5. Афанасьев, В. Г. Методы анализа надежности и критичности отказов сложных систем / В. Г. Афанасьев, В. А. Зеленцов, А. Н. Миронов. – М.: Издательство МО РФ, 1992. – 100 с.

Представлено 14.04.2022

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЕ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

STUDYING THE ENVIRONMENTAL HYBRID VEHICLE

Мусабеков З. Э., канд. техн. наук, доц.,
Даминов О. О., канд. техн. наук, доц., **Эргашев Б. З.**, докторант,
Уралова Х. З., асс., **Райимхўжаев С. О.**, маг.,
Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Узбекистан
Z. Musabekov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
O. Daminov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
B. Ergashev, doctoral student, Kh. Uralova, ass.,
S. Rayimkhuzhaev, master student,
Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

С каждым годом становится всё очевиднее, что необходимость охраны окружающей среды оказывает всё большее влияние на развитие автомобильной промышленности. В гибридном автомобиле достигается уникальный уровень экономичности, экологической чистоты, и при этом обеспечиваются повышенный комфорт и управляемость.

Every year it becomes more and more obvious that the need to protect the environment has an increasing influence on the development of the automotive industry. The hybrid vehicle achieves a unique level of economy, environmental friendliness, while providing increased comfort and control.

Ключевые слова: автомобиль, электродвигатель, электрическая подвеска, гибрид, мотор-колеса.

Keywords: car, electric motor, electric suspension, hybrid, motor-wheels.

ВВЕДЕНИЕ

Мировой парк автомобилей ежегодно увеличивается на 5–8 %. В этих условиях всё более актуальной становится задача по устранению вреда современных автомобилей – загрязнения атмосферы отработавшими газами. Растущий уровень загрязнения воздуха больших

городов очень остро поставил вопрос о разработке комплекса мер по уменьшению содержания токсичных веществ в атмосфере.

По документам, опубликованным в США, загрязнение воздуха в крупных городах определяется следующими факторами: автомобили 60 %, промышленность 19 %, электростанции 12 %, бытовые установки 6 %, сжигание мусора 3 %.

Из этого следует, что основная часть выбросов токсичных веществ в атмосферу приходится на автомобильный транспорт. Это обуславливает предъявление к автомобильной промышленности требований по снижению уровня выделения токсичных веществ при работе автомобиля.

Решение этой проблемы идёт по двум направлениям: Первое предусматривает применение нейтрализаторов и фильтров в системах выброса газа, причём силовые установки автомобиля почти не изменяются. С каждым годом, по мере роста парка автомобилей, проблема снижения шума, создаваемого ими, приобретает всё более острый характер. Второе направление заключается в разработке практически нетоксичных транспортных средств. К таким средствам относятся электромобили, у которых нет ДВС, и которые к тому же позволяют снизить вредное влияние транспортного шума до минимума.

В настоящее время благодаря достижениям науки и техники электротранспорт находит применение как внутригородской транспорт. По городам движутся электроскутеры, электровелосипеды, электромобили.

Несомненными преимуществами электромобилей является:

- экологическая чистота;
- неограниченный ресурс;
- бесшумность;
- движение в пробках без выброса выхлопных газов;
- более высокий уровень надёжности и долговечности при простоте конструкции;
- возможность использования экологичных и возобновляемых источников энергии;
- высокий КПД электродвигателей (90–95%);
- регенеративное использование энергии при торможении.

Авто с электрическими мотор-колесами обладают рядом веских преимуществ перед традиционными. В первую очередь это

отсутствие множества сложных и тяжелых передаточных механизмов между двигателем и колесом – сцепления, трансмиссии, приводных валов и дифференциалов. Во-вторых, отменная динамика: компактные и легкие электрические моторы способны развивать крутящий момент вплоть до 700 Н·м даже на самых низких оборотах. В-третьих, управляемое мотор-колесо делает автомобиль чрезвычайно маневренным – ведь все колеса могут вращаться с разной скоростью и даже в разных направлениях. Машина способна разворачиваться на 360 градусов, пароваться в самых сложных условиях и мгновенно адаптироваться к качеству дорожного покрытия. В-четвертых, значительно упрощается конструкция важнейшей для электромобилей системы регенерации энергии торможения. Ну и, в-пятых, ничто не сможет сравниться с мотор-колесом в обеспечении активной безопасности движения – все продвинутые электромеханические алгоритмы типа ABS, ESP, Traction Control, Brake Assist и так далее запросто прошиваются в управляющий софт и воздействуют на каждое отдельное колесо.

Развитие в колеса мотор систем электрических транспортных средств. Он питается от 47 кВт двигатель с постоянными магнитами 180 Н·м максимального крутящего момента через один коэффициент уменьшения и дифференциальное на колеса. Его батарея 16 кВт литий-ионный – менее одной трети мощности тестов в Tesla Roadster – и достигает EPA certified Диапазон приблизительно 100 км.

В эпоху гибридных и электромобилей колесо переместилось на более значимое место, чем это было ранее. На него зачастую возлагается функция силового агрегата, движителя транспортного. Уже в ближайшее время колеса могут ждать весьма существенные перемены.

Тяговый электропривод является одним из основных узлов электротранспортных средств. Его характеристики во многом определяют характеристики транспортного средства в целом. Развитие тягового электропривода проходит на основе предельно высоких технико-экономических требований. Можно с полным основанием утверждать, что в тяговом электроприводе в настоящее время реализуется комплекс самых последних достижений в области электромеханики, силовой и управляющей электроники, управления. Новый гибридный автомобиль EE Равон (рисунок 1)

на базе RavonNexia R3 оснащен силовой установкой, состоящей из 0,5-литрового бензинового мотора и двух электрических двигателей. По нашим расчетам суммарная мощность агрегатов составляет 120 л.с. Время разгона этой модели с места до первой сотни составляет всего 7,4-секунды. Поездки по городу увеличивают затраты на топливо в большинстве автомобилей. Но гибриды – исключение. В них энергия используется повторно и работают два двигателя – бензиновый и электрический – идеальное сочетание, позволяющее расходовать всего 3,7 л бензина на 100 км.

Неплохая экономия, которая еще лучше в режиме Eco. Но можно не расходовать топливо вообще: переключитесь в режим электромобиля EV, экономия топлива, уменьшение выбросов, выработка своей энергии – когда передовые технологии, используемые в гибридном автомобиле, дают столько преимуществ, что наши гибридные автомобили максимально просты в управлении. [2]



Рисунок 1 – Габариты «ЕЕ Равона»: длина – 4330 мм; ширина – 1690 мм; высота – 1505 мм; размер колесной базы – 2480 мм. Объем багажника – 300 л. Снаряженная масса автомобиля: 1100 – 1200 кг. Полная масса: 1300 – 1350 кг [2]

Последовательная кинематическая схема энергетической установки исключает механическую связь колес с первичным источником энергии. ДВС является источником энергии для электрогенератора, который, в свою очередь, питает электродвигатели привода колес. Между генератором и двигателем привода расположен накопитель энергии аккумуляторная батарея. [3, 4, 5]. Накопитель аккумулирует избытки вырабатываемой генератором электроэнергии, получает энергию рекуперации при торможении, обеспечивает пиковые нагрузки на колесах (рисунок 2).

Схема позволяет стабилизировать режим работы первичного двигателя в плане максимальной топливной эффективности и минимальных выбросов, исключить конструктивные элементы механической передачи: коробки передач, валы и т. д. (рисунок 3).



Рисунок 2 – Принципиальная схема гибридного автомобиля [3]

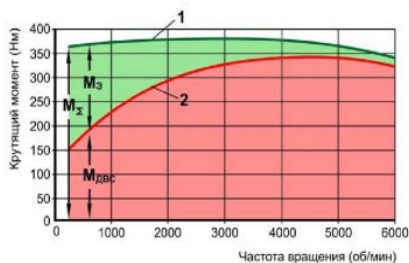


Рисунок 3 – Характеристика крутящего момента при совместной работе ДВС и электродвигателя
1 – кривая суммарного момента, 2 – кривая момента ДВС [3]

При сохранении момента привода можно использовать двигатель меньшей мощности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В гибридном автомобиле достигается уникальный уровень экономичности, экологической чистоты, и при этом обеспечиваются повышенный комфорт и управляемость. Применение гибридной энергоустановки позволяет:

- снизить в 10 раз уровни выбросов вредных веществ (CO, CO₂, NOX, HC и др.);
- при езде в городском цикле экономия топлива на 25–50 %;
- обеспечить запуск ДВС, генерацию и рекуперацию электроэнергии с накоплением и последующим ее использованием;

- использовать ДВС меньшей мощности (снижение мощности до 30 % по сравнению с традиционной схемой) при сохранении вращающего момента на колесах;
- организовать работу ДВС в оптимальном по топливной эффективности и выбросам режиме;
- осуществить автономный ход на электротяге, используя только энергию накопителя;
- слаженная работа электромотора и бензинового двигателя в гибридных автомобилях позволяет снизить выбросы CO₂ до 75 г/км, что невероятно мало для семейного автомобиля. В режиме электромобиля (EV) наши гибриды разгоняются от 0 до 50 км/ч вообще без выбросов CO₂.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильный справочник / пер. с англ. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «За рулем», 2012. – 1274 с.
2. Musabekov, Z. Differential equations for calculating gas exchange in an internal combustion engine / Z. Musabekov, J. Khakimov, E. Botir. E3S Web Conf. International Scientific Conference «Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering» (CON-MECHYDRO – 2021). Volume 264, 2021. P. 1–7.
3. Tulaev, B. R. Application of supercharged to internal combustion engines and increase efficiency in achieving high environmental standards / B. R. Tulaev, Z. E. Musabekov, O. O. Daminov, «1st International Conference on Problems and Perspectives of Modern Science (ICPPMS-2021)» . – Ташкент, 2021.
4. Ergashev, B. Experimental study on the presence of cadmium in the atmospheric air and other elements of the ecosystem of Tashkent / B. Ergashev, Y. Shadimetov, Z. Musabekov, H. Uralova. «1st International Conference on Problems and Perspectives of Modern Science (ICPPMS-2021)» . – Ташкент, 2021.
5. <https://ru.toyota.ee/hybrid-innovation/what-is-hybrid.json>. – Дата доступа: 15.04.2022.
6. Григорьев, М. В. Диагностика электронных систем управления бензиновых двигателей: методические указания к лабораторной работе / М. В. Григорьев. – М.: МАДИ, 2013. – 24 с.

Представлено 20.04.2022

УДК 621.3

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ В ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

CONVERTERS IN ELECTRIC VEHICLES

Даминов О. О., канд. техн. наук, доц., **Журабоев А. З.**, магистрант,
Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Узбекистан

O. Daminov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
A. Juraboev, Master student,
Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

В статье анализируются типы преобразователей (инверторов). Какие инверторы используются для электромобилей. Показаны различные типы инверторов. Обсуждаются последние тенденции и разработки в области развертывания преобразователей для электромобилей.

The article analyzes types of convertors (inverters). What kind of and inverters are been used for electric vehicles. Shown different inverters types. Discusses a little recent trends and developments in convertors deployment for EVs.

Ключевые слова: Электромобиль, источник энергии, аккумулятор, источники питания, инверторы, контроллеры, модуляция, оптимизация, электродвигатель.

Keywords: Electric vehicle, energy source, battery, power sources, inverters, controllers, modulation, optimization, electric motor.

ВВЕДЕНИЕ

Тяговые инверторы преобразуют мощность постоянного тока от бортовой высоковольтной батареи в мощность переменного тока для привода основного двигателя или двигателей электромобиля. Кроме того, тяговые инверторы выполняют такие функции, как повышение напряжения, защита переключателей и рекуперативное торможение. Архитектура трансмиссии электромобиля включает в себя ESS, преобразователи, контроллеры, модуляцию, оптимизацию и электродвигатель. ЭСС, включая батарею, суперконденсаторы (СК) и топливные элементы (ТЭ), под-

ключаются к преобразователю постоянного тока через подходящий контроллер и схему модуляции.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ В ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

Конфигурацию преобразователей в электромобилях можно разделить на две группы: неизолированные и изолированные. Неизолированный преобразователь подходит для ЭМ средней и большой мощности [1, 2], а изолированные DC-DC преобразователи подходят для ЭМ малой и средней мощности.

1. Неизолированный преобразователь. Неизолированные двунаправленные преобразователи постоянного тока включают обычные преобразователи постоянного тока и преобразователи постоянного тока с чередованием. Среди них обычно используются обычные преобразователи постоянного тока из-за их низкой стоимости, простой топологии и простой техники управления. Преобразователи постоянного тока с чередованием стали популярными благодаря своим улучшенным характеристикам и эффективности.

1.1. Конвертер Кук. Преобразователь Кук (CC) в электромобилях обеспечивает гибкость регулирования выходного напряжения, чтобы оно было ниже или выше по сравнению с входным напряжением. CC имеет меньшие выходные пульсации и повышенный КПД, так как имеет общий магнитный сердечник [1]. Кроме того, CC имеет однородность тока как на входе, так и на выходе, а также непрерывную передачу мощности через конденсатор, что приводит к меньшему излучению электромагнитных помех в переключателях [3].

1.2. Двунаправленный преобразователь с переключаемым конденсатором. Двунаправленный преобразователь с переключаемыми конденсаторами (SCBC) в электромобилях использует синхронное выпрямление для выполнения операций включения и выключения. SCBC не требует дополнительных компонентов и имеет повышенную эффективность преобразования энергии благодаря правильному использованию переключателей питания. Однако SCBC имеет низкую нагрузку по напряжению, широкий коэффициент усиления по напряжению и требует меньшего количества компонентов.

1.3. Двунаправленный преобразователь со связанной индуктивностью. Двунаправленный преобразователь со связанной индуктивностью (CIBC) в электромобилях обеспечивает высокую эффектив-

ность благодаря высокому коэффициенту усиления по напряжению и низкому напряжению.

2. Изолированный преобразователь. Изолированный двунаправленный преобразователь разработан с использованием трех основных фаз, включая DC/AC/DC. Высокочастотный трансформатор (HFT) используется для повышения входного напряжения до более высоких значений за счет использования промежуточного каскада переменного тока. HFT отвечает за обеспечение гальванической развязки, что приводит к высокому коэффициенту усиления по напряжению.

2.1. Двухтактный преобразователь. Топология двухтактного преобразователя постоянного тока (PPC) в работе электромобиля основана на действии трансформатора, который преобразует мощность с одной стороны цепи на другую, т. е. с первичной на вторичную. PPC имеет различные преимущества, такие как простота и более высокая эффективность из-за более низкого пикового тока, что приводит к меньшим потерям проводимости. Тем не менее, PPC имеет меньшие фильтры по сравнению с другими преобразователями постоянного тока [4].

2.2. Обратный преобразователь. Обратноходовой преобразователь (FC) представляет собой изолированный преобразователь постоянного тока в постоянный, который происходит от повышающе-понижающего преобразователя, состоящего из катушки индуктивности, разделенной на трансформатор. Энергия сохраняется в DC-DC FC во включенном состоянии, а энергия передается в выключенном состоянии. Преобразователи частоты в основном применяются в приложениях с низким энергопотреблением из-за их экономичности, нескольких изолированных выходов, высокого выходного напряжения и характеристик электрической изоляции [1]. Однако ТЭ обладает рядом недостатков, таких как большой ток пульсаций, высокая входная емкость и большие потери.

2.3. Резонансный преобразователь. Резонансный преобразователь постоянного тока (RC) для трансмиссии электромобиля состоит из комбинации катушек индуктивности и конденсаторов, известной как резонансный резервуар. Резонансный резервуар используется для настройки на резонанс на заданной частоте. RC состоит из четырех переключателей, четырех диодов и двух составляющих резонансной частоты, L_r и C_r . Индуктивность намаг-

ничивания используется как резонансный элемент для выполнения работы преобразователя [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная функция инверторов, используемых в электромобилях, заключается в преобразовании мощности постоянного тока от бортовой высоковольтной (ВН) батареи в мощность переменного тока для привода основного двигателя или двигателей электромобиля. Конфигурацию преобразователей в электромобилях можно разделить на две группы: неизолированные и изолированные. Производители электромобилей используют приемлемые преобразователи, которые они решили.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lipu, M. S. H. Review of Electric Vehicle Converter Configurations, Control Schemes and Optimizations: Challenges and Suggestions / M. S. H. Lipu, M. Faisal, S. Ansari, M. A. Hannan, T. F. Karim, A. Ayob, A. Hussain, M. S. Miah, M. H. M. Saad. – Electronics, 2021. – 477 p.
2. Li, W. Review of nonisolated high-step-up DC/DC converters in photovoltaic grid-connected applications / W. Li; X. He. – IEEE Trans. Ind. Electron. – 2011, 58, 1239–1250 p.
3. Kushwaha, R. Power Quality Improved EV Charger with Bridgeless Cuk Converter / R. Kushwaha; B. Singh. – In Proceedings of the IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems, Chennai, India, 18–21 December 2018; Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.: New York. – NY, 2018. – P. 1–6.
4. Deshmukh, S.H. High Input Power Factor High Frequency Push-Pull DC/DC Converter / S. H. Deshmukh, A. Sheikh, M. M. Giri, D. D. R. Tutakne. – IOSR J. Electr. Electron. Eng, 2016, 11. – P. 42–47.
5. Moradisizkoohi, H. Experimental Demonstration of a Modular, Quasi-Resonant Bidirectional DC-DC Converter Using GaN Switches for Electric Vehicles / H. Moradisizkoohi, N. Elsayad, O. A. Mohammed. – IEEE Trans. Ind, 2019. – 55 p.

Представлено 14.04.2022

УДК 629.3.025

**ОБЗОР КОНСТРУКЦИИ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЕ
АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ
ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

**OVERVIEW OF THE DESIGN OF MANUAL CONTROL OF CARS
FOR PEOPLE WITH DISABILITIES**

Каюмов Б. А., канд. техн. наук, доц., **Екубов Е. О.**, докторант,
Андижанский машиностроительный институт,
г. Андижан, Узбекистан
B. Kayumov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Y. Yoqubov, researcher,
Andijan Machine-Building Institute, Andijan, Uzbekistan.

Возможность управлять автомобилем является важным шагом на пути к независимости для людей с ограниченными возможностями, но обычная система вождения, установленная в автомобиле, не оснащена утилитой, позволяющей водителю – человеку с ограниченными возможностями управлять транспортным средством. Таким образом, в данной статье анализируются преимущества и недостатки существующих систем управления.

The ability to drive a car is an important step towards independence for people with disabilities, but the usual driving system installed in a car does not include a utility that allows a disabled driver to drive a vehicle. Thus, this article analyzes the advantages and disadvantages of existing devices.

Ключевые слова: акселератор, ручное управление, сцепление, тормоз, газ, люди с ограниченными возможностями.

Keywords: accelerator, manual control, clutch, brake, gas, disabled person.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобиль, за рулем которого находится люди с ограниченными возможностями, т.е. имеющие проблемы в опорно-двигательных суставах, должен быть оборудован в соответствии с требованиями ПДД («Правила дорожного движения»).

Правилами регламентированы также права людей с ограниченными возможностями на автомобилях во время их движения по трассам.

Люди, страдающие конкретными заболеваниями и прошедшие специальную медико-социальную экспертизу (присвоение инвалидности), признаются людьми с ограниченными возможностями. Человек не считается таковым до принятия окончательного решения МСЭ.

Законодательство многих стран не предусматривает какие-либо особые требования к правилам перевозки людей с ограниченными возможностями. То же самое относится к транспортировке детей-инвалидов.

Люди с ограниченными возможностями, которые физически неспособны, всегда сталкиваются с некоторыми трудностями, когда дело доходит до вождения. Для обычного автомобиля такие детали, как педаль акселератора, педаль тормоза и педаль сцепления, обычно представляют собой механизмы с ножным приводом. Люди с людьми с ограниченными возможностями имеющие проблемы с опорно-двигательными конечностями не могут пользоваться такими ножными элементами управления.

Автомобиль для людей с ограниченными возможностями – это не новая концепция, было внедрено множество технологий для приспособления к различным типам людей с ограниченными возможностями. Поскольку водитель – инвалид нуждается в особых требованиях к вождению автомобиля, было разработано множество приспособлений, соответствующих их условиям. Эти приспособления включают в себя:

- ручное управление для управления акселератором и тормозом;
- ручки на рулевом колесе, которые помогают человеку легче поворачивать руль и дают большой контроль;
- ремни безопасности, ремни безопасности и привязные ремни;
- подъемники для людей, подъемники для инвалидных колясок, вращающиеся сиденья.

Эта работа направлена на адаптацию системы вождения обычного транспортного средства для использования людьми с ограниченными возможностями нижней части тела. Адаптации, которые необходимо принять во внимание, это ручное управление, которое должно быть установлено на автомобиле с механической коробкой передач и гидроусилителем руля. Во многих литературах

сообщаются о различных системах для транспортных средств, предназначенных для водителей с ограниченными возможностями нижней части тела. Ниже приведены краткие описания некоторые виды этих систем.

MPD 3500KX Offset Hand Control [1] производства компании HDS Specialty Vehicles из США является одной из разработок для водителей с ограниченными возможностями нижней части тела. В этой конструкции и ускорение, и тормоза управляются вручную. Таким образом, водитель вынужден управлять автомобилем одной рукой, и, следовательно, ему трудно управлять рулем, особенно в поворотах или на высокой скорости.

Другим продуктом ручного управления является Guido-Simplex Hand-Control [2]. В конструкции ручного управления Guido-Simplex вместо педали используется кольцо ручного акселератора. Ручной акселератор представляет собой кольцо, которое помещается прямо внутрь и немного возвышается над рулем. На кольцо можно нажать большим пальцем или ладонью, чтобы активировать акселератор, удерживая руль в любом положении. Ручной тормоз приводится в действие рукояткой, расположенной сзади и сбоку от рулевого колеса, и может быть размещен с любой стороны, в зависимости от личных предпочтений. Конструкция обеспечивает водителю с ограниченными возможностями полное практическое управление с рулевого колеса. Но хотя водитель может положить обе руки на руль, ему все же может быть трудно, особенно во время прохождения поворотов, управлять кольцом и тормозом и одновременно вращать рулевое колесо.

Умное ручное управление SDL Push/Pull [3] – еще одна конструкция для водителя с ограниченными возможностями. Он работает в основном по принципу «тяги-толкай». Рулевое колесо Mountney меньше в диаметре, чем большинство обычных рулевых колес, и обычно оно «облегчает» усилие рулевого управления с усилителем. Благодаря конструкции управление стало проще благодаря инфракрасной системе переключения, а легкое рулевое колесо также уменьшит усилия, которые водитель должен прилагать при вождении, но управление рулевым колесом одной рукой по-прежнему опасно, особенно во время движения. в поворотах или на высокой скорости.

Радиальное ручное управление Brig-Ayd Control [4] – еще одно решение, имеющее ручное управление «тяги-толкай». Тормоз

включается нажатием рукоятки управления непосредственно на педаль тормоза. Акселератор активируется перемещением ручки к сиденью. Как правило, веса руки и руки водителя достаточно для поддержания желаемой скорости. Преимущества использования этой конструкции заключаются в простоте обращения, поскольку педали акселератора и тормоза расположены с одной стороны; и в то же время не требует большего пространства. С другой стороны, это может представлять опасность во время движения, поскольку водитель может нажать на педаль тормоза, когда педаль акселератора еще не полностью отпущена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение существующих систем показывает, что водителей-инвалидов подвергают испытанию, заставляя их управлять автомобилем одной рукой, что довольно опасно на современных загруженных дорогах и особенно на поворотах. Кроме того, большинство устройств управления, используемых водителями с ограниченными физическими возможностями, особенно людьми с ограниченными возможностями нижних конечностей, сложны в установке и должны быть тщательно отрегулированы для обеспечения удовлетворительной работы. Также после переоборудования автомобилей для управления людьми с ограниченными возможностями теряется возможность управления автомобилем в штатном режиме. Поэтому в Андижанском машиностроительном институте проводятся исследования по переоборудования автомобилей для управления в дуальном режиме, т.е. с возможностью управления инвалидами и в штатном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. HDS specialty vehicles [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hdsmn.com/index.html>, Lakeville, MN 1-866-VAN-6176. – Дата доступа 10.04.2022.
2. Specialized vehicle options (SVO) Ltd [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.specialisedvehicleoptions.com>. – Дата доступа 12.02.2022.
3. Steering Developments Ltd (2009) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: steeringdevelopments.co.uk/DrivingControls/PushPullHandControls, Hertfordshire HP2 7HF. – Дата доступа 15.02.2022.

4. Brig-Ayd Controls [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.brig-aydcontrols.co.uk. Hertfordshire AL7 1BS. – Дата доступа 10.02.2022.

Представлено 14.04.2022

УДК 629.114.2

ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЛИНИИ ДЛЯ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

FLEXIBLE PRODUCTION LINES FOR MASS PRODUCTION OF AUTOMOTIVE ELECTRIC DRIVES

Котлобай А. Я., канд. техн. наук, доц., **Козеня Д. А.**,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

A. Kotlobay, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, D. Kozenya,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Экономическое производство компонентов привода является основным условием экономического успеха электромобилей на рынке. Чтобы справиться с большим количеством вариантов в автомобильной промышленности, неопределенностью рынка и обеспечить экономичное производство, необходимо разработать гибкие производственные линии, отвечающие требованиям серийного производства автомобилей.

Economic production of drive components is a major prerequisite for the economic success of electric vehicles in the marketplace. To cope with the large number of options in the automotive industry, market uncertainty, and cost-effective production, flexible production lines must be developed to meet the requirements of mass production vehicles.

Ключевые слова: *гибкость, экономическое производство, промышленность, технологии, электромобиль.*

Keywords: *flexibility, economic production, industry, technology, electric vehicle.*

ВВЕДЕНИЕ

Требования, которым должны отвечать электродвигатели для автомобильного применения, как в отношении самого продукта, так и его производства, значительно отличаются от промышленного и стационарного использования. Установка не только ограничена в пространстве и весе, но, кроме того, необходимо обеспечить срок службы в течение многих лет при динамических нагрузках более 20 грамм в широком диапазоне частот. Новые требования к электроприводам в этой области применения включают рабочие температуры от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ зимой до примерно $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ для интегрированных в трансмиссию двигателей, расположенных вблизи двигателя внутреннего сгорания. Кроме того, необходимо оптимизировать энергетическую эффективность, плотность мощности и отношение ёмкости к весу, чтобы требования к емкости и, следовательно, к батарее были оптимальными. Вес может быть уменьшен без ущерба для дальности поездки. Таковы основные задачи электроприводов в области машиностроения и производства. Процесс производства электродвигателей можно разделить на три основных этапа: производство статора производство ротора и окончательная сборка.

КОНСТРУКЦИЯ КОМПОНЕНТОВ, ОРИЕНТИРОВАННАЯ НА ПРОИЗВОДСТВО

В этой сфере деятельности разрабатывается новый ламинированный сердечник. Целью является удовлетворение специфических требований электродвигателей, используемых в автомобильной промышленности. Наиболее важными аспектами при разработке компонентов являются технологичность производства, методология контроля качества и экономически эффективное проектирование системы. Поэтому в технических характеристиках указываются требования к конструкции, условиям эксплуатации и окружающей среде компонентов и электродвигателей, а также требования к долговечности, спектру нагрузок, шуму, весу, месту для установки и допуски для автомобильного применения. Исследование альтернативных вариантов конструкции ламинированного сердечника, например, конструкция в виде замкнутой стопки ламинатов, в виде сегментов или отдельных полюсов, является ключевым элементом данного пакета работ. Кроме того, определяются необходимые допуски в зависимости от толщины листа, – производительности и размера пакета. При определении пригод-

ной для производства конструкции ламинированных сердечников рассматриваются плюсы и минусы лазерной технологии в производстве листового металла и сравниваются с потенциальным влиянием сварных швов на электрическое поведение. В целом, необходимо достичь понимания ориентированного на лазерную и высеченную резку проектирования электротехнической стали в области очень тонких стальных листов (до 0,1 мм) и пакетной сборки. Выбор процедуры методически подкрепляется продукта.

КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

В настоящее время компоненты, не отвечающие требуемым свойствам, определяются слишком поздно в процессе производства. Основной причиной этой проблемы является недостаток знаний о параметрах, определяющих качество, и о методах, подходящих для измерения и тестирования. На данном этапе обеспечение качества, полностью интегрированное в технологический процесс, может привести к улучшению процесса и значительному снижению затрат. Для этого определяется подходящее, зависящее от процесса характеристики качества. На основе определенной конструкции стопки ламинации устанавливается эталонный образец для испытаний, который позволяет сравнить результаты измерений. Этот образец должен состоять из стопки ламинации без каких-либо обмоток или других дополнительных компонентов, чтобы можно было четко определить влияние изменения определяющих факторов, таких как толщина листа, геометрия или альтернативные варианты процесса. Помимо геометрических свойств, электромагнитные свойства образца находятся в центре внимания при разработке соответствующих измерительных процедур. Кроме того, выбираются подходящие измерительные и испытательные системы, которые могут быть использованы в крупномасштабном производстве. Наконец, определяется конфигурация датчика для определенных критических этапов процесса.

ПЛАНИРОВКА ЗАВОДА И ЦЕПОЧКИ СОЗДАНИЯ СТОИМОСТИ

Объектом рассмотрения является схема технологической линии, позволяющая экономически выгодно производить продукцию с учетом различных рыночных сценариев, а также гибких концепций инструментов и процессов. Исходя из требуемой гибкости

в вариантах, размерах партий и технологиях, разрабатываются различные инструменты и захваты для производства и методы обработки. После этого будет разработана планировка завода как функция вертикальной интеграции каждого партнера по процессу во всей технологической цепочке. Он будет представлен симуляцией процесса. Оценка и выбор альтернатив осуществляется с помощью моделирования на основе общих критериев для массового производства. Важной темой исследования является рассмотрение различных вертикальных интеграций вдоль цепочки создания стоимости и, таким образом, разработка экономических бизнес-моделей для гибкого производства. Используя ранее разработанное моделирование процессов, можно выбрать подходящие этапы процесса для каждой компании, чтобы достичь общего экономического оптимума в зависимости от различных рыночных сценариев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка высоко гибких производственных линий станет решающим фактором для экономического успеха электромобилей на рынке в ближайшие годы. Помимо внедрения инновационных производственных технологий, важной задачей будет дальнейшее развитие процессов измерения. Только с помощью соответствующих измерений соответствующих параметров можно описать влияние различных технологий производства на характеристики продукта. Полученные результаты будут способствовать сохранению и дальнейшему развитию страны как технологического центра для автомобильной промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Müller, R.: Modulare Bauweisen sind der Schlüssel / R. Müller // ATZ production. – 2011. – № 2. – S. 18–20.
2. Neue Antriebe, neue Montageprozesse, neue Mobilitätskonzepte-Elektromobilität braucht querdenkende Anlagenbauer / J. Franke. – VDMA-Infotag Elektromobilität. – Frankfurt am Main, 2011.
3. Nationale Plattform Elektromobilität, Zwischenbericht der Arbeitsgruppe // «Antriebstechnologien und Fahrzeugintegration». – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 2010.

Представлено 20.04.2022

УДК 625.712.14

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАСХОДА ТОПЛИВА (ЭНЕРГИИ) АВТОТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

ENGINEERING METHODOLOGY FOR ESTIMATING FUEL (ENERGY) CONSUMPTION BY MOTOR VEHICLES

Трофименко Ю. В., д-р техн. наук, проф., **Деянов Д. А.**, аспирант,
Московский Автомобильно-Дорожный Государственный
Технический Университет (МАДИ), Москва, Россия
Yu. Trofimenko, Doctor of technical Sciences, Professor,
D. Deyanov, Postgraduate,
Moscow Automobile and Road Construction State
Technical University (MADI), Moscow, Russia

Приводятся основные положения инженерной методики расчета расхода электроэнергии колесных транспортных средств с электрической тягой, которые дополнены уточненными зависимостями коэффициента аэродинамического сопротивления АТС разных типов кузовов, полученными на основании обобщения большого объема статистической информации, содержащейся в открытых источниках.

The main provisions of the engineering methodology for calculating the power consumption of wheeled vehicles with electric traction are presented, which are supplemented by refined dependencies of the aerodynamic drag coefficient of ATS of different body types, obtained on the basis of generalization of a large amount of statistical information contained in open sources.

Ключевые слова: автотранспортное средство, расход топлива, расход энергии, коэффициент аэродинамического сопротивления, база данных.

Keywords: motor vehicle, fuel consumption, energy consumption, drag coefficient, database.

ВВЕДЕНИЕ

Разработанная авторами инженерная методика расчета эксплуатационной нормы расхода электроэнергии на тягу легковых электромобилей, результаты которой использованы в нормативном до-

кументе [1], до настоящего времени не была доведена до научной общественности.

Рассмотрим основные положения данной методики.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

На основании анализа и обобщения литературы, сформированной информационной базы на 46 объектов, а также заранее рассчитанных результатах базовых значений расхода электроэнергии, была сформирована упрощенная методика, требующая минимальный набор исходных данных.

Сформирован комплексный показатель K из наиболее значимых (влияющих на базовый расход электроэнергии на тягу) – произведения массы АТС и фактора обтекаемости, который вычисляется по формуле:

$$K = M \times D,$$

где M – приведенная масса электромобиля, кг;

D – фактор обтекаемости.

Для повышения точности расчетов рекомендуется использовать приведенную массу, вместо снаряженной, которая рассчитывается по формуле (Правила ЕЭК ООН №101):

$$M = m + 100,$$

где m – снаряженная масса транспортного средства, кг.

Фактор обтекаемости (D) рассчитывается по формуле [1]:

$$D = 0,5 \times C_x \times F_M \times \rho,$$

где C_x – фактор обтекаемости; F_M – площадь Миделя, м²; ρ – плотность воздуха, кг/м³.

Для легких электромобилей массой менее 2000 кг, кроме АТС компании Tesla, значение базовой нормы расхода электроэнергии на тягу рассчитывается по формуле:

$$Q_B = 2 \cdot 10^{-6} \cdot K^2 + 0,0107 \cdot K + 9,0597,$$

$$R^2 = 0,8891.$$

Для электромобилей массой свыше 2000 кг, кроме АТС компании Tesla, расчет базовой нормы расхода электроэнергии производится по формуле:

$$Q_B = 9 \cdot 10^{-6} \cdot K^2 + 0,0107 \cdot K + 9,0597,$$

$$R^2 = 0,8891.$$

Для электромобилей компании Tesla, расчет базовой нормы расхода электроэнергии производится по формуле:

$$Q_B = 0,0126 \cdot K + 12,786,$$

$$R^2 = 0,8875.$$

где Q_B – базовая норма расхода электроэнергии, кВтч/100 км; K – произведение испытательной массы и фактора обтекаемости.

КОЭФФИЦИЕНТ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Приведенная выше методика дала понимание, что коэффициент аэродинамического сопротивления оказывает значительное влияние на конечный результат. Исходя из этого, необходим способ, который позволит устанавливать значение коэффициента аэродинамического сопротивления транспортного средства, если таковой отсутствует. Была сформирована база данных из более чем 1500 транспортных средств с ДВС различных марок, моделей и кузовов. В базе данных, как и прежде, приведены основные характеристики транспортных средств, среди них указал и коэффициент аэродинамического сопротивления C_x .

К сожалению, по некоторым автомобилям найти информацию по C_x не представляется возможным, кроме того, данный коэффициент невозможно получить расчетным путем. Удалось составить зависимость C_x от типа кузова и года выпуска автомобиля (рисунок 1).

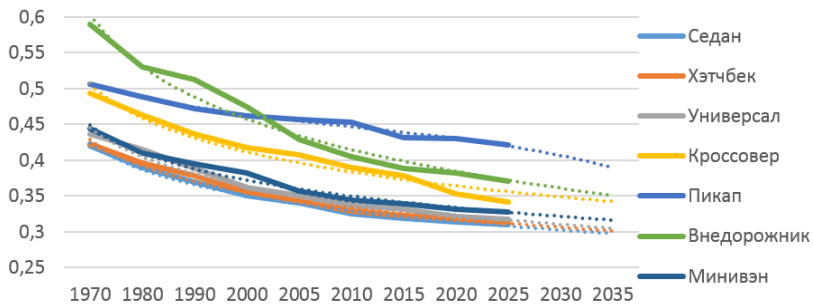


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента аэродинамического сопротивления от типа кузова и года выпуска транспортного средства.

На основе полученной зависимости были построены линии тренда и выведены уравнения приблизительного расчета C_x , представленные в таблице 1.

Таблица 1. Уравнения для расчета C_x

Седан	$y = -0,052\ln(x) + 0,4233$ $R^2 = 0,9941$
Хэтчбек	$y = -0,053\ln(x) + 0,4288$ $R^2 = 0,9886$
Универсал	$y = -0,059\ln(x) + 0,4452$ $R^2 = 0,9806$
Кроссовер	$y = -0,068\ln(x) + 0,5059$ $R^2 = 0,9615$
Пикап	$y = -0,038\ln(x) + 0,512$ $R^2 = 0,9563$
Внедорожник	$y = -0,106\ln(x) + 0,604$ $R^2 = 0,9717$
Минивэн	$y = -0,055\ln(x) + 0,4487$ $R^2 = 0,9831$

Здесь y – коэффициент аэродинамического сопротивления C_x ; x – год выпуска транспортного средства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы была выявлена высокая значимость коэффициента аэродинамического сопротивления на конечный результат расхо-

да топлива (энергии). Составлены зависимости C_x от типа кузова и даты выпуска ТС, приведены уравнения для расчета C_x .

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте: методические рекомендации / распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 № 23. – Москва, 2008.

2. Mitschke, M. Dynamik der Kraftfahrzeuge. Band A Antrieb und Bremsen / M. Mitschke. – Berlin; Heidelberg; New York, Springer, 1982. – 182 p.

Представлено 25.04.2022

УДК 004.021

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСЧЕТА АВТОМОБИЛЯ НА КАЖДОЙ ПЕРЕДАЧЕ В ПРОГРАММЕ MATLAB

DEVELOPMENT OF A VEHICLE CALCULATION IN EACH GEAR IN MATLAB PROGRAM

Вахобов Р. А., асс., **Нумонов М. З.**, стажер-исследователь,
Андижанский машиностроительный институт,
г. Андижан, Республика Узбекистан

R. Vahobov, Assistant, M. Numanov, Trainee-researcher.

Andijan machine-building institute, Andijan, Republic of Uzbekistan

В данной статье скоростные характеристики автомобиля на каждой передаче рассчитываются с помощью компьютерных программ и представляются в графическом виде.

In this article, the speed characteristics of the car in each gear are calculated using computer programs and presented in graphical form.

Ключевые слова: ведущее колесо, силы сопротивления, баланс сил, сила сопротивления.

Keywords: driving wheel, resistance forces, balance of forces, resistance force.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день количество и качество современных автомобилей стремительно растет. К инженерам предъявляется множество требований.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Мы построили график баланса мощности, используя скорость NEXIA 3 в каждой передаче, тягу на ведущих колесах, сопротивление воздуха, сопротивление дороги. Эти расчеты выполнены в программе MatLab.

Вычисление скорости автомобиля на каждой передаче:

$$V_{a-U_{n,n}} = \omega_{e,n} \cdot r_k / U_{U_{n,n}} \cdot U_{BP}; \text{ м / с ,}$$

где, r_k – радиус колеса.

Принимаем радиус колеса одинаковым для всех колес и неизменным при движении автомобиля, $r_k = \text{const}$:

$$r_k = 1,02 \cdot (0,5 \cdot d + \Delta \cdot \lambda \cdot B),$$

где d – диаметр посадки шины на диск колеса, $\Delta = H/B$, Согласно ГОСТ 20993-75, $\Delta = 0,98$ для камерной шины и $\Delta = 0,82$ для шины без камеры. $\lambda = 0,93$ – коэффициент радиальной деформации шины.

$V_{a-U_{n,n}}$ и $U_{U_{n,n}}$ рассчитываются отдельно на каждом шаге. Скорость автомобиля рассчитывается 11 раз на каждой передаче, потому что, $\omega_{e,n}$ – величина угловой скорости вала двигателя, принимает 11 значений.

Расчет тягового усилия на ведущих колесах автомобиля:

$$P_{k-U_{n,n}} = M_{e,n} \cdot U_{U_{n,n}} \cdot U_{BP} \cdot \eta_{\text{тр}} / r_k, \text{ Н ,}$$

где, $\eta_{\text{тр}}$ – КПД передачи. $\eta_{\text{тр}} = 0,85 - 0,95$.

$P_{k-U_{n,n}}$ и $U_{U_{n,n}}$ рассчитываются отдельно на каждом шаге. Тяга передних колес автомобиля вычисляется 11 раз на каждой передаче, в соответствии с тем, что $M_{e,n}$ – крутящий момент двигателя имеет 11 значений.

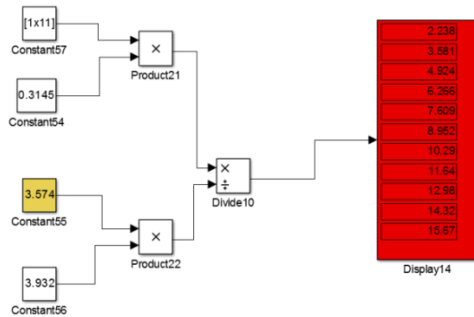


Рисунок 1 – Расчет скорости автомобиля в MATLAB

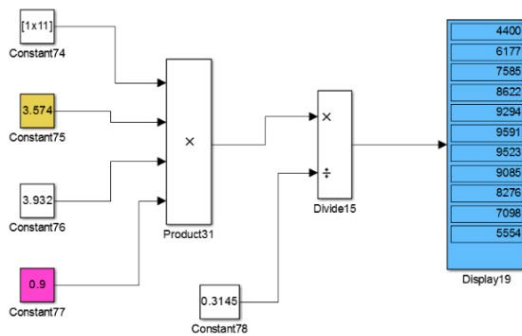


Рисунок 2 – Расчет тягового усилия в MATLAB

Расчет сил сопротивления движению автомобиля.

$$P_{w-Un.n} = k \cdot F \cdot V_{a-Un.n}^2, \text{ Н}$$

здесь; k – коэффициент аэродинамического сопротивления автомобиля; $k = 0,36 - 0,44$; F – лобовая площадь автомобиля (можно принять для легковых автомобилей $F = 0,78 \cdot B \cdot h$; для грузовиков и автобусов $F = Z \cdot h$; B – расстояние между наружными сторонами передних колес, h – высота автомобиля, Z – расстояние между передними колёсами.

$P_{w-Un.n}$ и $V_{a-Un.n}^2$ рассчитываются отдельно на каждом шаге. Силы сопротивления движению автомобиля на каждой передаче рассчитываются 11 раз, потому что, $V_{a-Un.n}$ – скорость автомобиля каждой передаче имеет 11 значений.

Расчет силы сопротивления дороги при движении:

$$P_{\Psi} = g \cdot m_a \cdot (f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) = g \cdot m_a \cdot \Psi,$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;
 f – коэффициент сопротивления колес ($f = 0,017\text{--}0,019$);
 m_a – общая масса автомобиля;
 Ψ – уклон дороги;

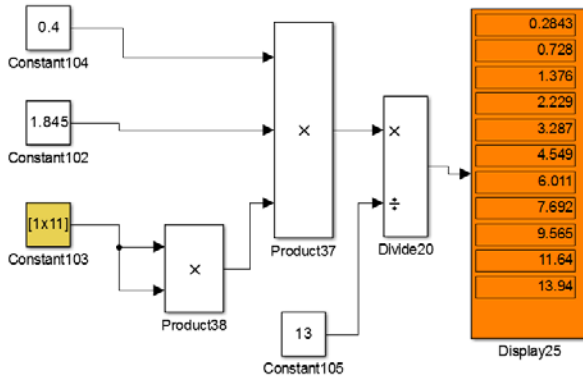


Рисунок 3 – Расчет сил сопротивления воздуха в МАТЛАБ

По результатам расчетов построен график баланса сил.

Выбирается одинаковый масштаб для расчетной силы тяги автомобиля (P_k), сопротивления воздуха (P_w), сопротивления дороги (P_{Ψ}) и по оси ординат отображается значение этих сил. По оси абсцисс представляется скорость автомобиля (V_a).

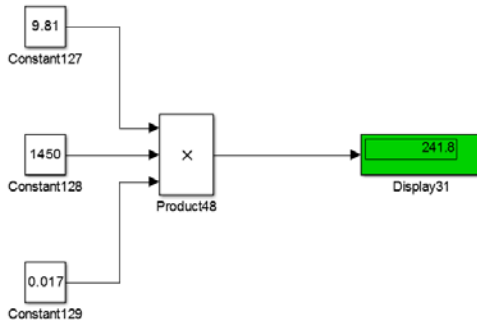


Рисунок 4 – Расчет силы сопротивления дороги в МАТЛАБ

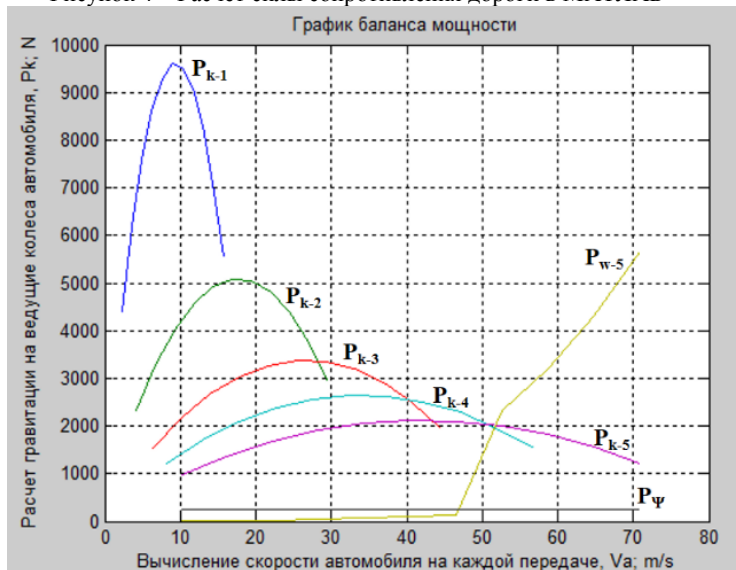


Рисунок 5 – График баланса сил

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Используя приведенные формулы, мы можем исследовать баланс сил при движении автомобиля на каждой передаче. С помощью этой программы можно рассчитать другие автомобильные двигатели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство и эксплуатация автотранспортных средств / В. Л. Роговцев [и др.]. – М.: Транспорт, 1991. – 432 с.
2. Кирше, Х. И. Легковой автомобиль от А до Я / Х. И. Кирше. – М.: Транспорт, 1988. – 176 с.
3. Griffiths, D. F. An Introduction to Matlab Version 2.3 / D. F. Griffiths. – The University Dundee DD1 4HN, 2005.
4. Михайлов, Е. MatLab. Руководство для начинающих / Е. Михайлов, А. Померанцев. – Москва, 2006.

Представлено 14.04.2022

УДК 629.7.08

**ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ МАТРИЦЫ ЖЕСТКОСТИ
В РАСЧЕТЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СТЕРЖНЯ
НА ПРОЧНОСТЬ**

**THE PHYSICAL MEANING OF THE STIFFNESS MATRIX
IN THE CALCULATION OF THE SPATIAL ROD
FOR STRENGTH**

Холяров К. Х., магистрант,
Хакимзянов Р. Р., канд. техн. наук, доц.,
Ташкентский государственный транспортный университет,
г. Ташкент, Узбекистан
K. Kholyarov, Master's student,
R. Khakimzyanov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

В данной статье рассматривается матрица жесткости пространственного стержня, которая используется при расчете пространственных моделей методом конечных элементов.

This article discusses the stiffness matrix of the spatial rod, which is used in the calculation of spatial models by the finite element method.

Ключевые слова: изгиб, матрица жесткости, пространственный стержень, нагрузка, изгибающий момент, модуль упругости, перемещения.

Keywords: bending, stiffness matrix, spatial rod, load, bending moment, modulus of elasticity, displacement.

ВВЕДЕНИЕ

Метод конечных элементов широко используется для расчета пространственных элементов во многих инженерных программах. Данный метод содержит в себе элементы векторной алгебры – матриц.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим матрицы жесткости на примере расчета пространственного стержня (рисунок 1), как объединение элементов, описывающих [1]:

- 1) изгиб в плоскости xu ;
- 2) изгиб в плоскости xz .

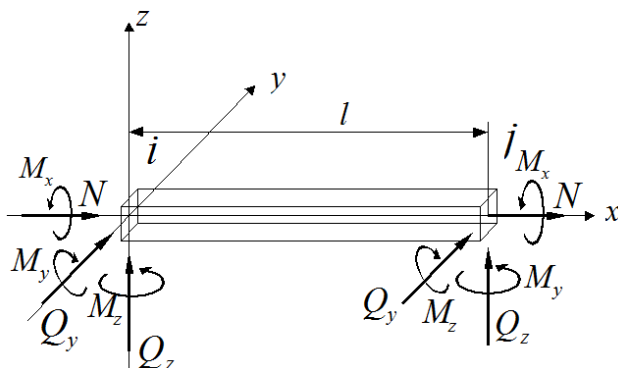


Рисунок 1 – Стержневой элемент под действием поперечных сил и изгибающих моментов.

Рассмотрим вклад каждого элемента в матрицу жесткости пространственного элемента (таблицы 1, 2, 3):

Таблица 1 – Матрица жесткости пространственного стержня

	u_1	v_1	w_1	Φ_{1x}	Φ_{1y}	Φ_{1z}	u_2	v_2	w_2	Φ_{2x}	Φ_{2y}	Φ_{2z}
N_1	$\frac{EF}{l}$	0	0	0	0	0	$-\frac{EF}{l}$	0	0	0	0	0
Q_{1y}	0	$\frac{12EI_z}{l^3}$	0	0	0	$\frac{6EI_z}{l^2}$	0	$-\frac{12EI_z}{l^3}$	0	0	0	$\frac{6EI_z}{l^2}$
Q_{1z}	0	0	$\frac{12EI_y}{l^3}$	0	$-\frac{6EI_y}{l^2}$	0	0	0	$-\frac{12EI_y}{l^3}$	0	$-\frac{6EI_y}{l^2}$	0
M_{1x}	0	0	0	$\frac{GI_K}{l}$	0	0	0	0	0	$-\frac{GI_K}{l}$	0	0
M_{1y}	0	0	$-\frac{6EI_y}{l^2}$	0	$\frac{4EI_y}{l}$	0	0	0	$\frac{6EI_y}{l^2}$	0	$\frac{2EI_y}{l}$	0
M_{1z}	0	$\frac{6EI_z}{l^2}$	0	0	0	$\frac{4EI_z}{l}$	0	$-\frac{6EI_z}{l^2}$	0	0	0	$\frac{2EI_z}{l}$
N_2	$-\frac{EF}{l}$	0	0	0	0	0	$\frac{EF}{l}$	0	0	0	0	0
Q_{2y}	0	$-\frac{12EI_z}{l^3}$	0	0	0	$-\frac{6EI_z}{l^2}$	0	$\frac{12EI_z}{l^3}$	0	0	0	$-\frac{6EI_z}{l^2}$
Q_{2z}	0	0	$-\frac{12EI_y}{l^3}$	0	$\frac{6EI_y}{l^2}$	0	0	0	$\frac{12EI_y}{l^3}$	0	$\frac{6EI_y}{l^2}$	0
M_{2x}	0	0	0	$-\frac{GI_K}{l}$	0	0	0	0	0	$\frac{GI_K}{l}$	0	0
M_{2y}	0	0	$-\frac{6EI_y}{l^2}$	0	$\frac{2EI_y}{l}$	0	0	0	$\frac{6EI_y}{l^2}$	0	$\frac{4EI_y}{l}$	0
M_{2z}	0	$\frac{6EI_z}{l^2}$	0	0	0	$\frac{2EI_z}{l}$	0	$-\frac{6EI_z}{l^2}$	0	0	0	$\frac{4EI_z}{l}$

1. Изгиб в плоскости xu .

Таблица 2 – Компоненты матрицы жесткости, описывающие изгиб в плоскости xu

	0	v_1	0	0	0	Φ_{1z}	0	v_2	0	0	0	Φ_{2z}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_{1y}	0	$\frac{12EI_z}{l^3}$	0	0	0	$\frac{6EI_z}{l^2}$	0	$-\frac{12EI_z}{l^3}$	0	0	0	$\frac{6EI_z}{l^2}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M_{1z}	0	$\frac{6EI_z}{l^2}$	0	0	0	$\frac{4EI_z}{l}$	0	$-\frac{6EI_z}{l^2}$	0	0	0	$\frac{2EI_z}{l}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_{2y}	0	$-\frac{12EI_z}{l^3}$	0	0	0	$-\frac{6EI_z}{l^2}$	0	$\frac{12EI_z}{l^3}$	0	0	0	$-\frac{6EI_z}{l^2}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M_{2z}	0	$\frac{6EI_z}{l^2}$	0	0	0	$\frac{2EI_z}{l}$	0	$-\frac{6EI_z}{l^2}$	0	0	0	$\frac{4EI_z}{l}$

2. Изгиб в плоскости xz .

Изгиб в плоскости xz отличается от изгиба в плоскости xu направлением знаков моментов и углов поворота. Для того чтобы привести матрицу жесткости, составленную для плоскости xu в соответствие с направлениями изгибающих моментов и углов поворота для плоскости xz надо

$$Q_{1y}, M_{1z}, Q_{2y}, M_{2z}, v_1, \phi_{1z}, v_2, \phi_{2z}$$

поменять на

$$Q_{1z}, -M_{1y}, Q_{2z}, -M_{2y}, w_1, -\phi_{1y}, w_2, -\phi_{2y}$$

Для ясности запишем зависимость между узловыми силами и узловыми перемещениями в плоскости xu в развернутом виде и сделаем преобразования:

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} Q_{1y} \\ M_{1z} \\ Q_{2y} \\ M_{2z} \end{bmatrix} &= \frac{EJ_z}{l^3} \begin{bmatrix} 12 & 6l & -12 & 6l \\ 6l & 4l^2 & -6l & 2l^2 \\ -12 & -6l & 12 & -6l \\ 6l & 2l^2 & -6l & 4l^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \phi_{1z} \\ v_2 \\ \phi_{2z} \end{bmatrix} \Rightarrow \\
Q_{1y} &= \frac{EJ_z}{l^3} (12v_1 + 6l\phi_{1z} - 12v_2 + 6l\phi_{2z}) \\
M_{1z} &= \frac{EJ_z}{l^3} (6lv_1 + 4l^2\phi_{1z} - 6lv_2 + 2l^2\phi_{2z}) \\
\Rightarrow Q_{2y} &= \frac{EJ_z}{l^3} (-12v_1 - 6l\phi_{1z} + 12v_2 - 6l\phi_{2z}) \\
M_{2z} &= \frac{EJ_z}{l^3} (6lv_1 + 2l^2\phi_{1z} - 6lv_2 + 4l^2\phi_{2z}) \\
Q_{1z} &= \frac{EJ_y}{l^3} (12w_1 + 6l(-\phi_{1y}) - 12w_2 + 6l(-\phi_{2y})) \\
-M_{1y} &= \frac{EJ_y}{l^3} (6lw_1 + 4l^2(-\phi_{1y}) - 6lw_2 + 2l^2(-\phi_{2y})) \\
\Rightarrow Q_{2z} &= \frac{EJ_y}{l^3} (-12w_1 - 6l(-\phi_{1y}) + 12w_2 - 6l(-\phi_{2y})) \\
-M_{2y} &= \frac{EJ_y}{l^3} (6lw_1 + 2l^2(-\phi_{1y}) - 6lw_2 + 4l^2(-\phi_{2y})) \\
Q_{1z} &= \frac{EJ_y}{l^3} (12w_1 - 6l\phi_{1y} - 12w_2 - 6l\phi_{2y}) \\
M_{1y} &= \frac{EJ_y}{l^3} (-6lw_1 + 4l^2\phi_{1y} + 6lw_2 + 2l^2\phi_{2y}) \\
\Rightarrow Q_{2z} &= \frac{EJ_y}{l^3} (-12w_1 + 6l\phi_{1y} + 12w_2 + 6l\phi_{2y}) \\
M_{2y} &= \frac{EJ_y}{l^3} (-6lw_1 + 2l^2\phi_{1y} + 6lw_2 + 4l^2\phi_{2y})
\end{aligned}$$

или в матричном виде:

$$\begin{bmatrix} Q_{1z} \\ M_{1y} \\ Q_{2z} \\ M_{2y} \end{bmatrix} = \frac{EJ_y}{l^3} \begin{bmatrix} 12 & -6l & -12 & -6l \\ -6l & 4l^2 & 6l & 2l^2 \\ -12 & 6l & 12 & 6l \\ -6l & 2l^2 & 6l & 4l^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \phi_{1y} \\ w_2 \\ \phi_{2y} \end{bmatrix}$$

где Q_{1y} , Q_{2y} – перемещения в начале и в конце балки соответственно;

M_{1y} , M_{2y} – изгибающие моменты в начале и в конце балки соответственно.

Подставив коэффициенты матрицы жесткости, в общую матрицу на свои места получим:

Таблица 3 – Компоненты матрицы жесткости, описывающих изгиб в плоскости xz

	0	0	w_1	0	ϕ_{1y}	0	0	0	w_2	0	ϕ_{2y}	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_{1z}	0	0	$\frac{12EI_y}{l^3}$	0	$-\frac{6EI_y}{l^2}$	0	0	0	$-\frac{12EI_y}{l^3}$	0	$-\frac{6EI_y}{l^2}$	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M_{1y}	0	0	$-\frac{6EI_y}{l^2}$	0	$\frac{4EI_y}{l}$	0	0	0	$\frac{6EI_y}{l^2}$	0	$\frac{2EI_y}{l}$	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_{2z}	0	0	$-\frac{12EI_y}{l^3}$	0	$\frac{6EI_y}{l^2}$	0	0	0	$\frac{12EI_y}{l^3}$	0	$\frac{6EI_y}{l^2}$	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M_{2y}	0	0	$-\frac{6EI_y}{l^2}$	0	$\frac{2EI_y}{l}$	0	0	0	$\frac{6EI_y}{l^2}$	0	$\frac{4EI_y}{l}$	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ЛИТЕРАТУРА

1. Хахимзянов, Р. Р. Обоснование прочностных параметров каркаса кабины трактора класса 1,4. Кандидатская диссертация / Р. Р. Хахимзянов. Т.: ТАДИ, 2011. – 118 с.

Представлено 14.04.2022

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ
STOP-START**

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE STOP-START SYSTEM

Махмудов Г. Н., канд. техн. наук, доц.,

Абдурахимов Л. Х., ст. преп.,

Ташкентский Государственный Транспортный Университет,
г. Ташкент, Узбекистан

G. Makhmudov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

L. Abdurahimov, Senior Lecturer,

Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

В статье приводится информация об интенсивно развивающихся системах stop-start и возможностях повышения их эффективности за счет применения в системе пуска суперконденсаторов.

The article provides information on intensively developing stop-start systems and the possibilities of increasing their efficiency through the use of supercapacitors in the start-up system.

Ключевые слова: мотор, аккумуляторная батарея, стартер, суперконденсатор .

Keywords: motor, battery, starter, supercapacitor.

ВВЕДЕНИЕ

Сокращение выбросов углекислого газа легковыми автомобилями является одним из приоритетов в большинстве природоохранных программ. В 2009 году Европейский парламент установил правила выбросов CO₂ для новых легковых автомобилей до 130 г CO₂ / км к 2015 году и предложил достичь 95 г CO₂ / км к 2020 году.

Чтобы выполнить такие требования, производители транспортных средств были вынуждены внедрять технологические усовершенствования, такие как облегчение веса, уменьшение размера двигателя, шины с низким сопротивлением качению, улучшенная аэродинамика, гибридизация и электрификация транспортных средств. Технология «stop-start» – это простое и недорогое решение, в котором двигатель внутреннего сгорания автоматически отключается, когда автомобиль останавливается и перезапускается по требова-

нию водителя или при необходимости. Таким образом, это исключает расход топлива во время холостого хода, как в случае останова на светофоре или пробок, которые могут составлять до 10 % от общего времени движения [1].

Помимо этого, начиная с 2012 года производители, которые не выполняют установленные нормы выбросов CO_2 в выхлопных газах, подвергаются штрафу. Например, 5 евро за первый грамм CO_2 на километр пробега, 15 евро за второй грамм, 25 евро за третий грамм и 95 евро за все последующие граммы CO_2 . С 2019 года штраф за первый грамм избыточных выбросов CO_2 на километр уже составляет 95 евро. Это привело к тому, что производители транспортных средств начали, как было отмечено выше, интенсивно изыскивать различные возможности снижения выбросов CO_2 . Одной из таких технологий является система «stop-start» [2].

Как известно, ни одна технология не бывает совершенной, и система «stop-start» также не является исключением. Система «stop-start» предъявляет повышенные требования к аккумуляторным батареям (АКБ), так как требует многократного пуска ДВС в период эксплуатации автомобиля. По сравнению с обычными батареями, аккумуляторы, используемые для «stop-start», должны быть приспособлены к многократным глубоким разрядам и обладать способностью быстро восстанавливать емкость между пусками. И это является серьезной проблемой которое заметно тормозит широкое внедрение системы «stop-start». В этой связи, большой интерес представляет применение суперконденсаторов для повышения эффективности системы пуска ДВС для заметного снижения нагрузки на АКБ.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ СТОП-СТАРТ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Суперконденсатор представляет элемент с двумя электродами, между которыми располагается электролит. Электроды выполнены в виде пластины из определенного материала. Для улучшения электрических параметров суперконденсатора (СК), пластины могут дополнительно покрываться пористым материалом, к примеру, активированным углем. В качестве электролита может применяться неорганическое или органическое вещество [3].

Главное отличие СК от привычного конденсатора – в наличии у первого не просто диэлектрика между электродами, а двойного электрического слоя. В результате между электродами образуется очень маленькое расстояние, а его возможность накапливать электрическую энергию (электрическая емкость) получается намного выше.

Кроме этого СК от аккумуляторной батареи отличается скоростью накопления, а также степенью отдачи электрического заряда. Благодаря применению двойного электрического слоя повышается площадь поверхности электродов при тех же общих габаритах. То есть в устройстве сочетаются лучшие электрические характеристики – существенная емкость аккумулятора и скорость конденсатора.

Суперконденсаторы сегодня подразделяются на:

- 1) двоинослойные конденсаторы (ДСК);
- 2) псевдоконденсаторы;
- 3) гибридные конденсаторы.

В системах пуска ДВС наиболее широкое применение находят двухслойный суперконденсатор, в котором предполагается наличие двух пористых электродов, выполненных из электропроводящих материалов, а также разделенных заполненным электролитом сепаратором [4].

Применение стартерного электрического пуска ДВС с использованием суперконденсаторов позволяет снизить емкость АКБ, их размеры, массу и стоимость [5]. Система пуска с СК могут обеспечить пуск двигателя при значительной степени разряженности АКБ, что повышает эксплуатационную надежность автомобиля, особенно в условиях применения системы «stop-start». Отмеченные преимущества СК, а также малое внутреннее сопротивление и высокая удельная мощность, позволяют использовать их в системе пуска в качестве промежуточных источников энергии. СК размещают между АКБ и стартером. Выделение энергии СК за короткий промежуток времени позволяет электростартеру развивать значительную мощность, вращать коленчатый вал с большой пусковой частотой и, тем самым, повысить надежность пуска ДВС.

Суперконденсаторы не только продлевают ресурс аккумуляторов, но и положительно сказываются на работе бортовой электроники. При использовании суперконденсаторов для авто снижается провал

напряжения в момент запуска, поэтому все электронные компоненты работают в более стабильном режиме. По этой же причине улучшается работа системы зажигания [3]. Кроме того, связка аккумулятор+суперконденсатор будет сглаживать возникающие в бортовой сети перепады напряжения. Они возникают из-за того, как ведет себя различное электрооборудование при разной нагрузке и оборотах двигателя. Наличие СК в цепи минимизирует негативное влияние таких скачков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены необходимость внедрения технологии «stop-start» в современные автомобили. Для повышения эффективности работы этой системы и повышения срока службы аккумуляторных батарей рекомендуется использовать суперконденсаторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Argonne National Laboratory. «Vehicle Idle Reduction Worksheet» anl. gov. Argonne National Laboratory, n. d. Web. 4 Mar. 2015. – 147 p.
2. Kremer, M. In-market Application of Start-Stop Systems in European Market / M. Kremer. – FEW, 2011.
3. Национальная ассоциация производителей источников тока РУС-БАТ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://hghltd.yandex.net /yandbtm. Fmode =inject&url=http/3A/2F/2Fwww.rusbat.> – Дата доступа 15.03.2022.
4. Компания ЭСМА, Номенклатура выпускаемых ЭХК для транспорта [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.esmacap. com/Use/Transportation/default.htm.> – Дата доступа 10.04.2022.
5. Лебедев, С. А. Комбинированные источники тока в составе пусковых устройств для систем электростартерного пуска / С. А. Лебедев // Грузовик. – 2009. – № 5. – с. 53–59.

Представлено 12.05.2022

УДК 629.3.014.4-592.527

ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ТОРМОЗНОЙ ПРИВОД МАГИСТРАЛЬНОГО АВТОПОЕЗДА

ELECTRIC-PNEUMATIC BRAKE ACTUATOR OF THE MAINS ROAD TRAIN

Сокол В. А. асс., **Михальцевич Н. Р.**, ст. преп., **Бабак Н. С.**, асс.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
V. Sokol, Assistant, N. Mikhaltsevich, Senior Lecturer,
N. Babak, Assistant,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

В этой статье рассмотрен электропневматический тормозной привод магистрального автопоезда.

This article discusses the electro-pneumatic brake drive of the main road train.

Ключевые слова: электропневматический тормозной привод, автоматизация тормозного привода, магистральный автопоезд.

Keywords: electro-pneumatic brake drive, brake drive automation, main road train.

ВВЕДЕНИЕ

За последние 10 лет прослеживается значительное увеличение объема автомобильных перевозок, что приводит к перегруженности дорог и ухудшения экологической обстановки. Решением в данной ситуации может стать увеличение общей длины и полной массы магистральных автопоездов за счет увеличения количества звеньев. Это ведет к совершенствованию технических характеристик транспортных средств и автоматизации тормозных приводов магистральных автопоездов.

ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ТОРМОЗНОЙ ПРИВОД

В тормозных системах автопоездов больше всего получили распространение пневматические тормозные приводы, в которых управление аппаратами и затормаживание колес осуществляется сжатым воздухом. В отличие от электропневматических тормозных

проводов (ЭПП), где воздух используется только в первом случае. Управление всеми аппаратами осуществляется электрическим путем. Это значительно повышает быстродействие тормозных систем, а также обеспечивает оптимальные законы и последовательность нарастания тормозных моментов на мостах автопоезда.

Преимущества электропневмопривода заключается в уменьшении времени срабатывания, что приводит к уменьшению тормозного пути. В процессе торможения происходит оптимальное распределение тормозных сил между передними и задними колесами автомобиля. Улучшается устойчивость автопоезда, снижается риск складывания. Электронная система привода может осуществлять бортовую диагностику исправности элементов привода. Все это дает возможность автоматизации управления движением автомобиля за счет использования электронного управления тормозами. На рисунке 1 представлена схема тормозной системы с EBS седельного тягача.

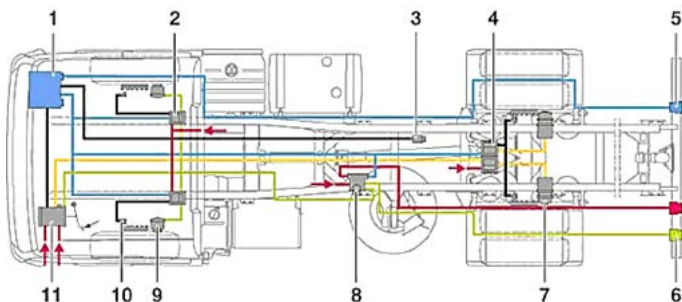


Рисунок 1 – Электронная тормозная система Electronic Braking System (EBS) [5].
 1 – устройство управления EBS; 2 – модуль контроля давления; 3 – датчик нагрузки; 4 – модуль контроля давления; 5 – шина CAN к прицепу;
 6 – контроль давления прицепа; 7 – колесный цилиндр; 8 – прицеп модуль управления; 9 – рабочий цилиндр; 10 – датчик скорости с импульсным кольцом;
 11 – кран рабочего тормоза

На рисунке 2 показана схема тормозной системы с электронным управлением для грузового автомобиля, разработанная компанией «Knorr Bremse». Электронный блок EBS управляет тормозной системой и при этом может обмениваться данными с отдельными компонентами в любое время. Клапаны на тормозных камерах создают необходимое тормозное давление в соответствии с управля-

ющими сигналами. Датчики угловой скорости, установленные на колесах автомобиля для работы системы ABS, постоянно передают EBS актуальную информацию о скорости вращения колес. Внутренние функции управления тормозами обнаруживают любые отклонения от нормальных условий движения и вмешиваются в процесс управления торможением в случае опасности. В результате повышается активная безопасность автомобиля, улучшается комфорт вождения и уменьшается износ накладок.

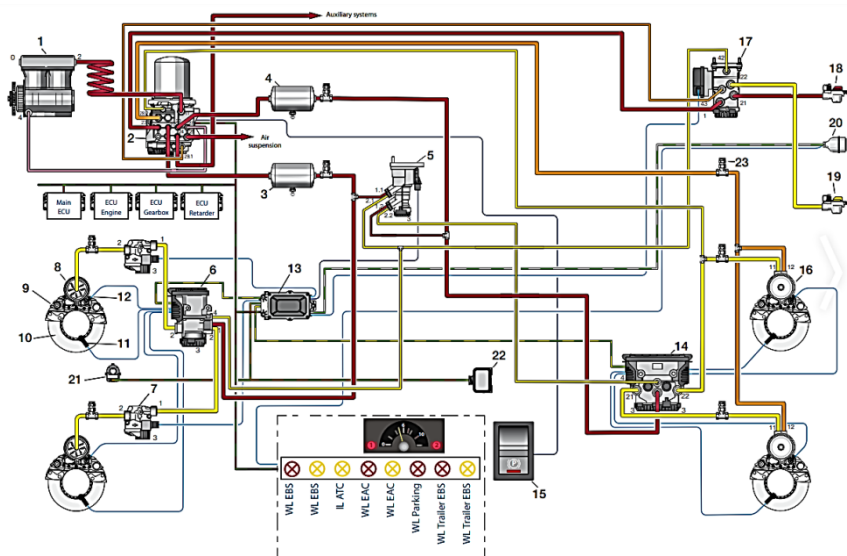


Рисунок 2 – Электронная тормозная система Knorr-Bremse для грузовых автомобилей [6]

На схеме приняты обозначения: 1 – компрессор с муфтой; 2 – блок электронного управления подачей воздуха (EAC); 3 – контур воздушного резервуара 1; 4 – контур воздушного резервуара 2; 5 – модуль ножного тормоза EBS; 6 – одноканальный модуль EBS; 7 – модулятор контроля давления; 8 – тормозная камера; 9 – воздушный дисковый тормоз; 10 – тормозной диск и чувствительное кольцо; 11 – датчик скорости вращения колеса; 12 – датчик износа; 13 – электронный блок управления EBS (ECU); 14 – двухканальный модуль EBS; 15 – блок ручного управления; 16 – пружинный тормоз;

17 – модуль управления прицепом EBS; 18 – соединительная головка «Подача»; 19 – соединительная головка «Контроль»; 20 – соединение EBS ISO 7638; 21 – датчик угла поворота рулевого колеса ESP; 22 – датчик скорости рыскания ESP; 23 – разъем.

На рисунке 3 представлена, электронно-пневматическая тормозная система для прицепа грузового автомобиля, использование такой системы на прицепах и автомобилях тягачах, еще в большей степени позволит поднять уровень тормозной эффективности транспортного средства и повысить его активную безопасность.

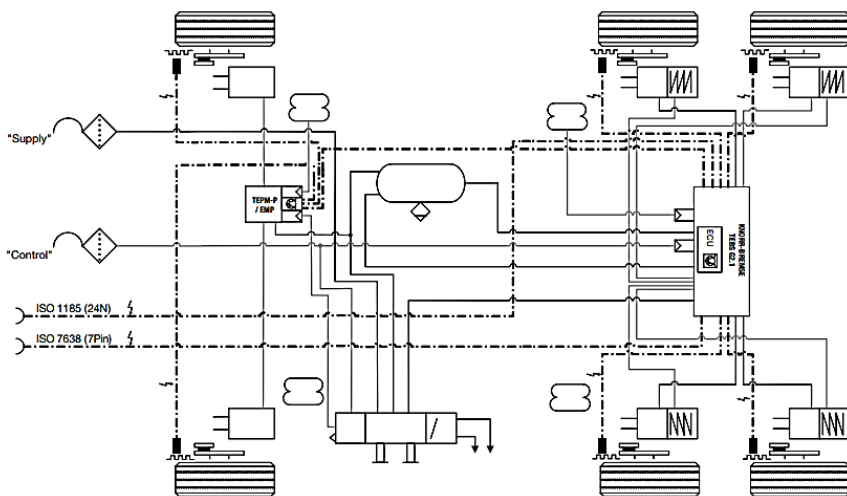


Рисунок 3 – Схема тормозной системы 6S/3M на прицепе с системой Knorr-Bremse [6]

В случае неисправности электронной системы управления все клапаны одновременно согласовывают свою работу, как в обычной пневматической системе. В этом случае резервное давление подается на тормозные цилиндры, где срабатывает пневматическая система с определенной задержкой. Так как пневматическая система не работает с клапаном, пропорциональным нагрузке, пневматический резерв может вызвать чрезмерное торможение задней оси. Поэтому резервный клапан блокирует воздействие пневматического контура на тормозные цилиндры задней оси, в то время как EBS работает нормально [3].

Преимущества электропневматической тормозной системы в сравнении с пневматической системой является постоянный контроль нагрузки, приходящийся на автомобиль что повышает безопасность дорожного движения. Электронная регулировка тормозного усилия снижает износ деталей тормозной системы – это повышает экономическую эффективность всей системы в целом. Электронная программа стабилизации обеспечивает сохранение устойчивости и управляемости автомобиля в критических дорожных ситуациях и значительно снижает риск опрокидывания или заноса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оснащение грузовых автомобилей электронно – пневматической тормозной системой, позволяет в значительной степени повысить уровень активной безопасности грузовых автомобилей и автопоездов. Это достигается за счет уменьшения тормозного пути, вследствие более быстрой работы системы, а также в сохранении устойчивости и управляемости при торможении в критических условиях. Увеличении стоимости тормозной системы, за счет более сложной конструкции компенсируется большей долговечностью элементов системы, таких как тормозные колодки, тормозные диски и барабаны, из-за оптимального управления при торможении. Кроме этого повышается средняя скорость движения грузового автомобиля, что является важным фактором в построении логистических задач грузоперевозок.

ЛИТЕРАТУРА

1. He, Ren. Study on braking stability of commercial vehicles: An optimized air brake system / Ren He, Zhecheng Jing // *Advances in Mechanical Engineering*. – 2019.
2. Высоцкий, М. С. Основы проектирования модульных магистральных автопоездов / М. С. Высоцкий, С. В. Харитончик, С. И. Кочетов. – Минск: Белорусская наука, 2011. – 408 с.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wabco-customercentre.com/catalog/en>. – Дата доступа: 25.03.2022.
4. Автомобильный справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://press.ocenin.ru/tormoznaya-sistema-gruzovyh-avtomobil>. – Дата доступа: 20.04.2022.

5. Грузовики и автобусы MAN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mantruckandbus.com/en/company/glossar/ebs-electronic-braking-system.html>. – Дата доступа: 12.02.2022.

5. Knorr-bremse [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.knorr-bremse.com/en/>. – Дата доступа: 15.03.2022.

Представлено 30.04.2022

УДК 621.01

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ НАГРУЖЕННОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

DETERMINATION OF THE LEVEL OF LOADING OF THE LOAD-BEARING STRUCTURES OF VEHICLES

Бусел Б. У.¹, канд. техн. наук, доц., **Хитриков С. В.**², зам. нач.отд.,
Швец Д. А.², зав. сект.,

¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

²Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

B. Busel¹, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
S. Khitrikov², Deputy Head, **D. Shvets**², Head of Sector

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

²The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy
of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

В статье представлен способ оценки динамической нагруженности несущих конструкций транспортных средств и контроля дорожных условий на базе применения коэффициентов динамичности. Определен ряд показателей, характеризующих уровень динамического нагружения несущих конструкций транспортного средства. Полученные показатели позволяют оценивать дорожные условия участков дорог любой протяженности по динамическому воздействию на автомобиль в целом и на несущую конструкцию в частности.

The article presents a method for assessing the dynamic loading of the supporting structures of vehicles and controlling road conditions based on the use of dynamic coefficients. A number of indicators characterizing the level of dynamic loading of the carrier structures of the vehicle have been determined. The obtained indicators make it possible to evaluate the road conditions of road sections of any length in terms of the dynamic impact on the car as a whole and on the supporting structure in particular.

Ключевые слова: нагруженность, несущие конструкции, дорожные условия, коэффициент динамичности.

Keywords: loading, load-bearing structures, road conditions, dynamic coefficient.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в связи с развитием электронных системы контроля и управления транспортных средств на базе бортовых электронных контроллеров, системы точного позиционирования, активно разрабатываются системы защиты конструкций транспортных средств от статических и динамических нагрузок, системы контроля, анализа и улучшения условий эксплуатации. Весь этот комплекс работ направлен на повышение эффективности и обеспечение объявленного ресурса (пробега) транспортных средств.

Необходимым условием для определения динамических нагрузок является оборудование транспортного средства системами контроля статических (вес груза) и динамических нагрузок. Уровень динамических нагрузок прямо влияет на ресурс несущей системы (рама, балки мостов), ходовой системы и подвески транспортного средства. Поддержание приемлемого уровня динамического нагружения обеспечивается за счет ограничения воздействия на транспортное средство со стороны дорожной поверхности и выбора скоростного режима.

Ресурс транспортного средства в целом, а несущей и ходовой его части в особенности, определяется микропрофилем поверхности дороги, который определяет практически 100 % энергии колебательных процессов в конструкции автомобиля в частотной полосе до 30 Гц [1, 2]. Интенсивные динамические нагрузки приводят к выработке ресурса наиболее нагруженных несущих эле-

ментов конструкции автомобиля в результате накопления усталостных повреждений. Поэтому решение задачи контроля и снижения динамических нагрузок на конструкцию транспортного средства является важным и экономически обоснованным.

В данной статье предлагается способ оценки динамической нагруженности несущих конструкций транспортных средств и контроля дорожных условий.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ

Для оценки динамической нагруженности несущей системы, а также подвески транспортных средств, связанных с неровностью дороги и скоростью движения, используются коэффициенты динамичности.

Коэффициент динамичности подвески при статическом подходе к нагрузкам определяется следующим образом [3]:

$$K_{\text{д}} = \frac{F_{\text{max}}}{F_{\text{ст}}},$$

где $F_{\text{ст}}$ – статическая нагрузка на подвеску; F_{max} – максимальная допускаемая нагрузка на подвеску.

Этот коэффициент характеризует движения транспортного средства по неровным дорогам без ударов, приходящихся в ограничительли хода.

Коэффициент динамичности подвески для оценки максимальных пиковых нагрузок в подвеске автомобиля (оценка динамического процесса нагружения):

$$K_{\text{д}} = \frac{F_{\text{ст}} + F_{\text{дин}}}{F_{\text{ст}}},$$

где $F_{\text{ст}} + F_{\text{дин}}$ – максимум силы в подвеске; $F_{\text{дин}}$ – динамическая составляющая.

При этом рассматриваются только значения коэффициента динамичности $K_{\text{д}} > 1$. Значения коэффициента динамичности $K_{\text{д}} \leq 1$

не учитываются так как уровень динамической нагрузки на несущие системы транспортного средства в этом случае не значителен.

Значения коэффициентов динамичности являются переменными и зависят от интенсивности воздействия на колесо транспортного средства. Интенсивность воздействия на колесо в первую очередь определяется геометрическими параметрами проезжаемого микропрофиля дороги и скоростью движения.

Для характеристики уровня динамического нагружения несущих конструкций транспортного средства при проезде выделенного участка дороги или дороги в целом, и оценки дорожных условий предлагается использовать следующие показатели на базе коэффициентов динамичности:

1. Собственно, коэффициенты динамичности по выделенным максимумам силы в подвески с привязкой по координатам «путь», «время». Выделенные, обособленные, по пути $K_{Ди}$, большой величины, являются индикаторами наличия на дороге неприемлемых неровностей (больших единичных неровностей: камни или ямы).

2. Сопоставимый накопленный коэффициент динамичности по процессу нагружения [4]:

$$KD_{\Sigma} = \sum_i KD_{i\Sigma},$$

Сопоставимый накопленный коэффициент динамичности по процессу нагружения может быть определён суммированием выделенных на расчетном участке дороги локальных коэффициентов динамичности:

$$KD = \sum_i K_{Ди} / S_p.$$

где $K_{Ди}$ – i -й локальный выделенный коэффициент динамичности на расчетном участке дороги протяженности S_p (в км).

Расчет KD ведётся по каждой подвеске отдельно. Полученные сопоставимые накопленные коэффициенты динамичности KD могут анализироваться как отдельно по подвеске (по процессам нагружения), так и в суммарных величинах по мостам, колеям и в целом по самосвалу.

По мостам: $KD_{\text{ПМ}} = KD_{\text{ПЛ}} + KD_{\text{ПП}}$; $KD_{\text{ЗМ}} = KD_{\text{ЗЛ}} + KD_{\text{ЗП}}$;

По колеям: $KD_{\text{Л}} = KD_{\text{ПЛ}} + KD_{\text{ЗЛ}}$; $KD_{\text{П}} = KD_{\text{ПП}} + KD_{\text{ЗП}}$;

В целом по самосвалу: $KD_{\text{сумма}} = KD_{\text{ПМ}} + KD_{\text{ЗМ}}$.

Значения KD приведены к пробегу в 1 км и поэтому позволяют сопоставлять уровни динамической нагруженности по расчетным участкам дороги, или же с установленными предельными значениями.

Основные показатели, характеризующие уровень динамической нагруженности транспортного средства и дорожных условий на базе применения коэффициентов динамичности, следующие:

1. Осциллограммы процессов с выделенными максимумами или массивы значений K_d , по координатам (путь, время).

2. Сопоставимый накопленный коэффициент динамичности в целом по процессу.

3. Суммы сопоставимых накопленных коэффициентов динамичности:

- по передней подвеске (передний мост);
- по задней подвеске (задний мост);
- по всем подвескам (самосвал в целом).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные показатели, характеризующие уровень динамической нагруженности транспортного средства позволяют оценивать дорожные условия участков дорог любой протяженности по динамическому воздействию на автомобиль в целом и на несущую конструкцию в частности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Повышения долговечности несущих конструкций карьерных самосвалов / Мариев П. Л. [и др.]. – Якутск, 1991. – 132 с.

2. Мариев, П. Л. Повышение конструктивной равнопрочности крупногабаритных деталей и сварных несущих конструкций карьерных самосвалов. Автореферат диссертации на соискание степени доктора техн. наук / П. Л. Мариев. – Минск, 2002.

3. Гришкевич А. И. Автомобили: Теория: учеб. пособие. – Минск: Вышэйшая школа, 1986. – 208 с.

4. Бусел, Б. У., Рак М. В. Основные расчетные зависимости и параметры для системы ограничения динамической нагруженности несущей системы самосвала и контроля ровности карьерных дорог. Автомобиле- и тракторостроение: материалы Международной научно-практической конференции / Б. У. Бусел, М. В. Рак.; редкол.: отв. ред. Д. В. Капский [и др.]. – Минск: БНТУ, 2018. – Т. 1. – С. 73–77.

Представлено 11.05.2022

УДК 620.3

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ
РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ
ПРОЧНОСТИ СИЛОВОЙ СТРУКТУРЫ АВТОБУСОВ
ПО ТРЕБОВАНИЯМ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**PRACTICAL USE OF THE METHOD OF CALCULATION
AND EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE STRENGTH
OF THE POWER STRUCTURE OF BUSES ACCORDING
TO THE REQUIREMENTS OF PASSIVE SAFETY**

Омелюсик А. В.; Шмелев А. В., канд. техн. наук,
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь
A. Amialiusik; A. Shmialiou, Ph.D. in Engineering,
The Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus,
Minsk, Belarus

Приведены примеры практического использования методики расчетно-экспериментальной оценки показателей прочности силовой структуры автобусов на соответствие требованиям Правил ООН №66. Представлена схема применения расчетных методов исследований на различных этапах изготовления пассажирской техники. Отмечена эффективность использования разработанной схемы при изготовлении новых моделей автобусов и модификации имеющихся моделей.

Examples of the practical use of the methodology for the calculation and experimental assessment of the strength indicators of the power structure of buses for compliance with the requirements of UN Regulation No. 66 are given. A scheme of interaction between calculation methods of research and stages of production of passenger vehicles is presented. The efficiency of using the developed scheme in the production of new bus models and modification of existing models is noted.

Ключевые слова: автобус, силовая структура, пассивная безопасность, расчетно-экспериментальный метод, этапы изготовления, Правила ООН № 66.

Keywords: bus, passive safety, calculation-experimental method, production steps, UN Regulation No. 66.

ВВЕДЕНИЕ

Международные Правила устанавливают высокие требования к безопасности при перевозке людей пассажирскими транспортными средствами, в частности автобусами. Одними из ключевых нормативных документов в данной области являются правила ООН № 66 [1]. Их основное требование заключается в обеспечении заданного остаточного пространства в салоне транспортного средства при его опрокидывании с определенными начальными условиями.

Проведение испытаний силовой структуры пассажирских транспортных средств на соответствие требованиям Правил ООН № 66 экспериментальным способом является трудоемкой, дорогостоящей процедурой. Развитие расчетных методов оценки прочности конструкций позволило допустить в Правилах замену реальных испытаний виртуальными. В связи с этим целесообразным является проведение оценки силовой структуры пассажирских транспортных средств на основе виртуальных испытаний.

На сегодняшний день методы и средства компьютерного моделирования активно используются на практике и позволяют эффективно оценивать прочность конструкции пассажирской техники на различных этапах изготовления. Так в работах [2, 3] на ранних стадиях проектирования силовой структуры транспортных средств рекомендуется использовать инженерный метод силовых сечений по предельному состоянию, что позволяет выбрать рациональную силовую схему и перейти к разработке расчетных моделей и компьютерному моделированию испытаний. Автором работы [4] про-

ведены виртуальные испытания вахтовых автобусов на базе шасси УРАЛ-43203 и КамАЗ-4326 на завершающем этапе проектирования. Результаты моделирования показали, что значения показателей прочности силовой структуры транспортных средств не удовлетворяют требованиями Правил ООН № 66. После внесения изменений в конструкцию был проведен повторный расчет и требование Правил было выполнено. В расчетных моделях автобусов вахтовой конструкции использовались свойства материалов, полученные экспериментальным путем.

Таким образом, использование методов компьютерного моделирования при изготовлении автобусов играет существенную роль. Возникает необходимость разработки комплексного подхода к обеспечению пассивной безопасности автобусов при имеющихся методах и средствах компьютерного моделирования и потребностей производителя в получении информации о прочности силовой структуры разрабатываемых моделей техники.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ СИЛОВОЙ СТРУКТУРЫ АВТОБУСОВ НА СООТВЕТСВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Белорусским государственным центром аккредитации (БГЦА) проведена аккредитация сектора расчетов и виртуальных испытаний мобильных машин и компонентов Научно-технического центра «Республиканский полигон для испытаний мобильных машин» Государственного научного учреждения «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси» в области расчетной оценки прочности силовой структуры пассажирских транспортных средств на соответствие требованиям Правил ООН №66 с использованием программного комплекса ANSYS LS-DYNA.

Расчетные исследования проводятся на основе разработанной расчетно-экспериментальной методики, включающую в себя этапы экспериментальных исследований механических характеристик материалов и элементов силовой структуры автобусов при статическом и динамическом нагружении. Разработанная методика довольно успешно зарекомендовала себя при оценке свойств силовой структуры новых и модернизации имеющихся моделей автобусов.

Методика применена при расчетно-экспериментальной оценке показателей прочности силовой структуры автобуса Неман-4202 производства ОАО «Минский завод колесных тягачей». После получения положительного заключения о соответствии прочности силовой структуры автобуса требованиям Правил ООН №66 была проведена НИОКР с целью совершенствования силовой структуры автобуса по критериям снижения массы и упрощения технологии изготовления с перспективой дальнейшей сертификации при использовании шасси измененной конструкции.

В связи с внесением изменений в Правила ООН № 66 о необходимости проведения испытаний силовой структуры автобусов при наличии балласта с определенной массой на местах сидений пассажиров требовалось провести повторные испытания существующих модификаций. Для выполнения требований изменений в Правилах с помощью расчетно-экспериментального метода была проведена сертификация междугородних автобусов МАЗ-226, МАЗ-231 и туристического автобуса МАЗ-251 с выполнением ряда экспериментальных исследований прочностных характеристик материала и элементов конструкции силовой структуры. В результате получено положительное заключение о соответствии прочности силовой структуры исследуемых моделей автобусов требованиям действующих Правил с учетом внесенных изменений.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИЛОВОЙ СТРУКТУРЫ АВТОБУСОВ

Как было сказано выше, разработанная методика расчетно-экспериментальной оценки показателей прочности силовой структуры нашла довольно широкое применение при изготовлении автобусов. В связи с этим возникла необходимость разработки системного взаимодействия расчетных методов исследований и реального производства на различных этапах изготовления пассажирской техники. На рисунке 1 представлена блок-схема системного взаимодействия расчетных методов исследований и этапов изготовления.

Получение заводом-изготовителем информации о показателях прочности силовой структуры производимых моделей автобусов возможно на любом этапе изготовления. Объем и достоверность результатов зависит от предоставляемых в расчетный центр исходных данных и количества проведенных натурных испытаний по опреде-

лению показателей механических свойств элементов силовой структуры автобуса. При внесении изменений в конструкцию и необходимости проведения повторной расчетно-экспериментальной оценки показателей прочности всей силовой структуры допускается использование результатов экспериментальных исследований механических свойств элементов конструкции предыдущей модели автобуса при их неизменности в доработанной модели. В случае внесения таких изменений как используемый материал, профиль несущих балок для получения достоверных результатов расчетов проводится серия дополнительных натуральных экспериментов.



Рисунок 1 – Блок-схема системного взаимодействия расчетных методов исследований и этапов производства

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан комплексный подход к обеспечению пассивной безопасности силовой структуры автобусов при опрокидывании. Подход основан на рациональном использовании вычислительных расчетных мощностей и средств изготовления техники, что в совокуп-

ности обеспечивает эффективную подготовку к производству, как новых моделей пассажирской техники, так и модификацию имеющихся моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила ЕЭК ООН № 66(02)/ Пересмотр 1. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения крупногабаритных пассажирских транспортных средств в отношении прочности их силовой структуры. Комитет по внутреннему транспорту ЕЭК ООН. – Введ. 03.09.97, посл. измен. 09.11.05 – Минск: Госстандарт: БелГИСС, 2006. – 74 с.

2. Рогов, П. С. Разработка методики обеспечения пассивной безопасности кузовов автобусов в условиях опрокидывания при проектировании : дис. канд. тех. наук : 05.05.03 / П. С. Рогов. – Н. Новгород, 2015. – 189 с.

3. Тумасов, А. В. Разработка методики расчетной оценки пассивной безопасности кузовов и кабин автомобилей при опрокидывании : автореф. дис. канд. тех. наук : 05.05.03 / А. В. Тумасов; НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2008. – 19 с.

4. Вашурин, А. С. Разработка методики и оценка пассивной безопасности кузовов из многослойных панелей вахтовых автобусов: дис. канд. тех. наук : 05.05.03 / А. С. Вашурин. – Н. Новгород, 2014. – 260 с.

Представлено 10.05.2022

ТЕХНОЛОГИЯ HiL КАК СПОСОБ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

HiL-TECHNOLOGY AS A WAY TO CREATE CAR SECURITY SYSTEMS

Швец Д. А., зав. сект., **Мучко Г. Л.**, инж.,

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

D. Shvets, Head of Sector, **G. Muchko**, Engineer,

The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy
of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

В работе рассмотрена актуальность и эффективность применения HiL-технологий при разработке и тестировании систем безопасности автомобиля, современных методов разработки и тестирования программного обеспечения автомобильных систем.

The study examined the relevance of the use of HiL-technologies in the development and testing of car security systems, modern methods for developing and testing software for automotive systems.

Ключевые слова: HiL – технологии, система безопасности автомобиля, система реального времени, виртуальное моделирование

Keywords: HiL – technology, car security system, real-time system, virtual test.

ВВЕДЕНИЕ

Современный автомобиль является интеллектуальным цифровым продуктом. Последнее десятилетие определило активное развитие новейших интеллектуальных автомобильных систем, таких как, интеллектуальные системы безопасности автомобиля, системы обмена данными между автомобилем и другими объектами дорожной инфраструктуры (V2X) и т. д., которые обеспечивают более высокую безопасность, надежность, комфорт, топливную экономичность.

Программно-аппаратное моделирование (Hardware-in-the-Loop Simulation, HiL) представляет собой метод, который используется в разработке и испытании сложных технических и технологических

встроенных систем реального времени, при котором реальные сигналы от блоков управления подключаются к виртуальной модели тестируемой системы.

В настоящее время технология НЛ широко применяется в рамках подхода Модельно-ориентированного проектирования (МОП) [1] при разработке и тестировании систем безопасности автомобиля. МОП позволяет существенно сократить экспериментальную стадию отработки интеллектуальных систем и таким образом ускорить процесс разработки, а также снизить его стоимость.

Одним из важных направлений развития интеллектуальных автомобильных систем являются системы безопасности автомобиля. Основным предназначением систем безопасности является предотвращение аварийной ситуации, при возникновении которой система самостоятельно (без участия водителя) оценивает вероятную опасность и при необходимости предотвращает ее путем активного вмешательства в процесс управления. Применение систем безопасности позволяет сохранить управляемость и курсовую устойчивость автомобиля в критических ситуациях.

К широко применяемым интеллектуальным системам, обеспечивающим безопасность автомобиля, относятся: ABS – антиблокировочная система тормозов, ASR – система контроля тягового усилия, ESP (ESC), Electronic Stability Program – система стабилизации курсовой устойчивости, EBD – система распределения тормозных усилий, АЕВ – система экстренного торможения, PDS – система обнаружения пешеходов, EDS – электронная блокировка дифференциала, системы управления продольной динамикой автомобиля (в составе ADAS [2] – усовершенствованной системы помощи водителю, САУ – системы автоматизированного управления).

ТЕХНОЛОГИЯ НЛ КАК СПОСОБ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ, ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Для разработки и тестирования встроенного программного обеспечения автомобильных интеллектуальных систем часто используется V-цикл [3]. Он обеспечивает единую процедуру разработки программных продуктов, аппаратного обеспечения и человеко-машинных интерфейсов.

Схема V-цикла разработки и тестирования программного обеспечения автомобильных интеллектуальных систем приведена на рисунке 1.

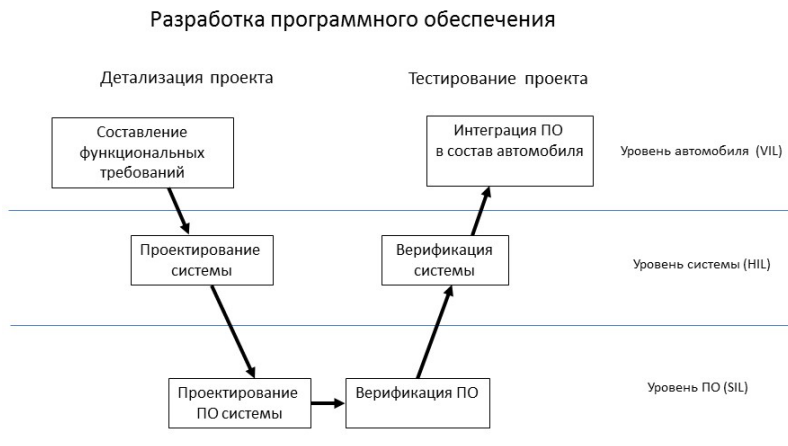


Рисунок 1 – V-цикл разработки и тестирования программного обеспечения автомобильных интеллектуальных систем

Цикл проходит сверху до низу от проектирования системы до интеграции программного обеспечения в состав систем автомобиля. V-цикл делит процесс разработки программного обеспечения на две основные фазы. Левая часть цикла отвечает за анализ требований, разработку функций программного обеспечения и управление изменениями. В правой части цикла сосредоточены основные действия по верификации и валидации. В частности, перед проведением контрольных и приемочных испытаний транспортного средства необходимо протестировать алгоритм управления с помощью аппаратного моделирования (HIL). HIL применяется для широкого круга автомобильных систем, включая различные ЭБУ электрических и гибридных силовых установок, батарей, инверторов и DC/DC преобразователей, трансмиссии, мультимедиа, систем ADAS и др.

Основываясь на измерениях скорости автомобиля, скорости рыскания, поперечного и продольного ускорения, угла поворота рулевого колеса, положения педали газа и тормозного давления, система ESP определяет желаемое движение автомобиля, которое сравнивается с фактическим откликом автомобиля. Чтобы свести

к минимуму разницу между фактической и желаемой траекторией движения, ESP независимо тормозит четыре колеса и, контролирует крутящий момент, развиваемый двигателем.

Так в статье [4] описывается гибкий мехатронный испытательный стенд для электронного блока управления (ECU) ESP/ABS, основанный на технологии HIL. Он состоит из гидравлической тормозной системы легкового автомобиля (от главного цилиндра до тормозных суппортов), со встроенным ЭБУ ESP/ABS и гибкой платформы реального времени, моделирующей динамику автомобиля. Оптимизированная модель транспортного средства с четырнадцатью степенями свободы была разработана для того, чтобы с достаточной точностью воспроизвести динамику транспортного средства. Угловая скорость колес, угол поворота, поперечное/продольное ускорение, скорость рыскания передаются в ЭБУ ABS/ESP как напрямую, так и по шине CAN.

В статье [5] исследуется возможность повышения производительности ESP за счет использования «умных» шин (Smart Tyres), т. е. шин со встроенными датчиками и возможностями цифровых вычислений. В частности, рассматривается логика управления, основанная на прямой и обратной связи по продольным силам, создаваемым четырьмя шинами. Логика управления разработана с использованием инструмента моделирования, сопряженным с испытательным стендом HIL, в котором модель автомобиля взаимодействует с серийным ЭБУ ESP.

В Объединенном институте машиностроения в настоящее время тестируются различные подходы к проектированию интеллектуальных систем автомобильной техники на основе HIL-технологий. На рисунке 2 представлена схема полунатурного испытательного стенда (HIL) для тестирования и отладки систем управления динамикой продольно-угловых колебаний транспортного средства. Данная система позволяет обеспечить высокие показатели плавности хода автомобиля и, в частности, минимизировать продольно-угловые колебания при сохранении его основных компоновочных параметров.

Принцип работы полунатурного стенда следующий. Сигналы от органов управления через модуль сбора данных поступают в модель интерфейса и управления и далее в компьютерную динамическую модель автомобиля. Динамическая модель автомобиля, реали-

зованная в программе ADAMS, передает выходные данные (отклик модели автомобиля на систему управления) в модель управления, созданную в MATLAB Simulink, которые поступают в CAN шину через CAN-USB адаптер и далее направляются в контроллер. Контроллер анализирует полученные данные, формирует, согласно заложенному алгоритму управляющий сигнал, передавая соответствующие значения в CAN шину и далее в модель интерфейса и управления, и затем уже в модель автомобиля.

Применение HIL-технологии при тестировании и отладке системы управления динамикой продольно-угловых колебаний транспортного средства позволяет существенно сократить время на отладку алгоритмов без применения дорогостоящих натуральных испытаний, а также позволяет провести оценку работоспособности алгоритма на потенциально опасных для автомобиля режимах путем проведения виртуальных испытаний.

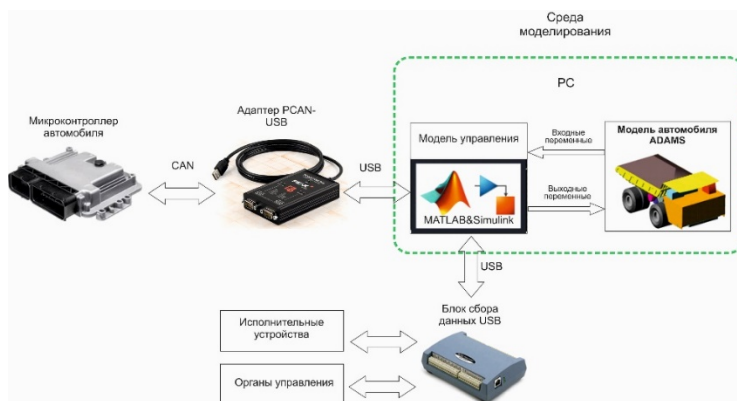


Рисунок 2 – Схема полунатурного испытательного стенда (HIL) для тестирования и отладки систем управления динамикой продольно-угловых колебаний транспортного средства

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа мирового опыта и HIL технологий разработан полунатурный испытательный стенд для тестирования и отладки систем управления динамикой продольно-угловых колебаний транспортного средства. В работе представлена схема полунатурного испытательного стенда HIL, а также показана актуальность при-

менения HIL-технологий при разработке и тестировании интеллектуальных систем автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Деменков, Н. П. Модельно-ориентированное проектирование систем управления / Н. П. Деменков // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2008. – № 11. – С. 66–69.

2. Altran and NI Demonstrate ADAS HIL with Sensor Fusion. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.ni.com/whitepaper/53961/ru/#toc3>. – Date of access: 10.04.2022.

3. What is the V model for software development [Electronic resource]. – Mode of access: <https://x-engineer.org/v-model-software-development>. – Date of access: 21.04.2022.

4. Sabbioni, E. Analysis of ABS/ESP Control Logics Using a HIL Test Bench / Edoardo Sabbioni, Federico Cheli, Vincenzo D'alessandro. SAE International by Warwick University / Politécnico di Milano. – Milan, 2016.

5. Sabbioni, E., Cheli, F., and Melzi, S., Development of an ESP Control Logic Based on Force Measurements Provided by Smart Tires / E. Sabbioni, F. Cheli, S. Melzi / SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst. – № 6(1), 2013. – P. 43–51.

Представлено 11.05.2022

УДК 629.048.4:613.644

**ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ
И ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСЧЕТНЫХ
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ АППАРАТНО-
ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ**

VEHICLE VENTILATION AND COOLING SYSTEM NOISE
STUDY USING COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL
HARDWARE AND SOFTWARE TOOLS AND METHODS

Шмелев А. В.¹, канд. техн. наук, **Подымако М. Э.²**,
Хитриков С. В.¹, **Колесникович А. Н.¹**

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

²ОАО «Могилевлифтмаш», г. Могилев, Республика Беларусь
А. Shmialiou¹, Ph.D. in Engineering, М. Padymaka²,
S. Khitrikov¹, A. Kalesnikovich¹

¹The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy
of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

²Joint Stock Company Mogilevliftmash, Mogilev, Belarus

Описаны основы формирования методических подходов совершенствования системы вентиляции и охлаждения транспортного средства с использованием расчетных и экспериментальных аппаратно-программных средств. Экспериментальные исследования включают использование метода бимформинга, реализуемого с использованием микрофонных решеток. Расчеты основаны на применении таких численных методов решения задач газодинамики, например, метода контрольных объемов и метода Фокса Уильямса-Хокингса для расчета акустических показателей аэродинамического шума, формируемого вентиляторами. Сочетание расчетных и экспериментальных подходов позволяет точно локализовать источники повышенного шума, валидировать получаемые данные и определить наиболее эффективные изменения конструкций систем.

The methodological bases formation for vehicle ventilation and cooling systems improvement based on computational and experimental

hardware and software are described. Experimental studies include the use of the beamforming technique implemented microphone array analysis. Calculations are based on the use of numerical methods for solving flow dynamics, for example, the control volume method and the Ffowcs Williams-Hawkings method for calculating the acoustic characteristics of aerodynamic noise generated by fans. The combination of computational and experimental approaches makes it possible to precisely localize sources of increased noise, validate obtained data, and determine the most effective changes in system designs.

Ключевые слова: транспортное средство, система вентиляции, охлаждения, шум, бимформинг, метод контрольных объемов, метод Фокса Уильямса-Хокингса.

Keywords: vehicle, ventilation system, cooling system, noise, beamforming, control volume method, Ffowcs Williams-Hawkings method.

ВВЕДЕНИЕ

Работа систем вентиляции и охлаждения транспортных средств зачастую сопровождается нежелательным излучением звуков различной интенсивности и частоты, формирующих шум. Для исключения или минимизация негативного влияния шума на организм человека нормируют его величину и длительность воздействия. Поэтому при создании данных узлов и систем машин, работа которых сопровождается повышенным шумом, разработчики стремятся определить и реализовать комплекс решений, обеспечивающих минимизацию шумового воздействия на человека и окружающую среду.

Источники шума разделяют в зависимости от особенностей формирования шума, его интенсивности и частотного состава. При этом источники с четко выраженной тональной составляющей оказывают более выраженное негативное воздействие на человека по сравнению с широкополосным шумом [1]. К таким источникам относятся системы охлаждения и вентиляции. Основными компонентами этих систем, генерирующими шум выраженной тональности, являются лопастные вентиляторы. Это касается, в том числе, радиальных вентиляторов, которые формируют аэродинамический шум с дипольным типом, характеризующимся перепадом давления на лопатках и корпусе вентилятора при их аэродинамическом взаимодействии [2]. Создаваемый таким образом шум имеет четкие то-

нальные составляющие, соответствующие лопаточной частоте вентилятора и ее гармоникам.

Современные подходы исследования шума машин и различного оборудования с целью его минимизации можно разделить на два основных. Первый это – экспериментальный, основывающийся на применении современных аппаратных средств к которым относятся микрофонные решетки и специальное программное обеспечение для обработки и анализа получаемой информации [3–5]. Второй – расчетный с использованием аппаратных, программных и методических средств численного моделирования аэродинамических процессов и анализа соответствующих акустических показателей [6–8].

Для наиболее эффективного комплексного решения прикладных задач проектирования и совершенствования систем вентиляции транспортных средств необходимо сочетание расчетных и экспериментальных методов. Следовательно, актуальной задачей исследования является формирование методических основ расчетно-экспериментальной совершенствования системы вентиляции транспортного средства по аэродинамическим и акустическим критериям.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ШУМА ВЕНТИЛЯТОРА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Общая схема расчетно-экспериментальных исследований приведена на рисунке 1. На начальной стадии расчетными методами и средствами, проводится поиск и определение наиболее эффективных изменений исследуемой системы. На следующей стадии данные решения проверяются экспериментальными методами и средствами. В зависимости от проводимых изменений конструкций используются стендовые испытания вентилятора, либо испытания полнокомплектного транспортного средства.

В стендовых условиях эффективно оценивается влияние изменения лопаточной системы вентилятора и конструкции его корпуса на аэродинамические и акустические характеристики. Условия проведения таких испытаний и варианты схем испытательных установок приведены в ГОСТ 10921-2017 [9]. Испытания в составе транспортного средства позволяют определить значения аэродинамических и акустических показателей, таких как нормируемые значения шума

и контролируемые эксплуатационные показатели (величина объемного расхода, температура охлаждаемых узлов и систем на определенных режимах работы). В ходе испытаний с применением микрофонных решеток на основе технологии бимформинга [3,4], имеется возможность локализации источников и зоны акустического излучения с наибольшей интенсивностью, исследования акустических путей передачи и распространения шума.

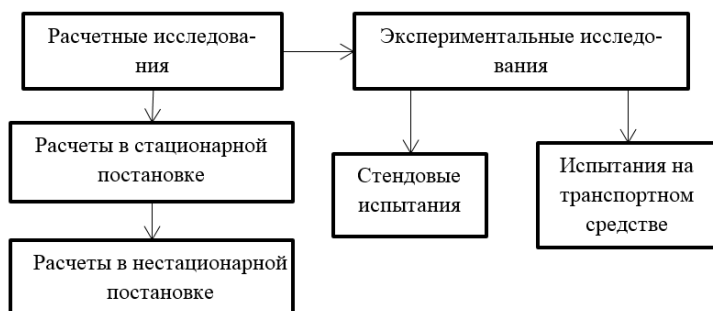


Рисунок 1 – Общая схема расчетно-экспериментальных исследований

Ключевой особенностью рассматриваемого подхода является применение программных и методических средств численного моделирования аэродинамических процессов, расчета и анализа соответствующих акустических показателей. Согласно приведенной на рисунке 1 схеме, поиск эффективных решений при доводке системы или отдельного вентилятора может проводиться в два этапа. На первом этапе расчеты проводятся в стационарной постановке, что позволяет относительно оперативно оценить характер влияния вносимых изменений на контролируемые показатели и характеристики, к которым относятся значения объемного или массового расхода воздуха в зависимости от частоты оборотов лопаточного колеса. На втором этапе выполняются нестационарные расчеты, в результате которых вычисляются как показатели расхода, так и характеристики изменения давлений во времени, необходимые для последующей оценки показателей шума.

Численные расчеты аэродинамических показателей вентиляторов выполняются с применением методов конечных элементов, конечных разностей и контрольных объемов [11]. Последний метод основан на интегрировании систем дифференциальных уравнений

в частных производных. При этом он позволяет находить решения в случаях, когда дифференциальные уравнения не имеют на всем пространстве непрерывные решения. В настоящее время этот метод получил достаточно широкое распространение и применяется в таких известных программных комплексах как ANSYS FLUENT, STAR-CCM+ и др. Для оценки акустических показателей, включая тональный шум, успешно применяется метод Фокса Уильямса-Хокинга (Ffowcs Williams-Hawkins method) [12]. Необходимый комплекс расчетных методов реализован в программном комплексе ANSYS FLUENT, что позволяет на его основе формировать систему исследований и поиска эффективных решений по совершенствованию систем охлаждения и вентиляции транспортных средств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совершенствование систем вентиляции и охлаждения по показателям шума наиболее эффективно реализуется путем сочетания расчетных и экспериментальных методов исследований. К экспериментальным методам относятся метод исследования с помощью микрофонной решетки и метод бимформинга для обработки регистрируемых сигналов, что позволяет локализовать и определить особенности источников наибольшего шума. Численные методы расчета показателей газодинамических процессов позволяют детально исследовать влияние различных конструктивных особенностей исследуемых систем как по эксплуатационным параметрам, например, объемному расходу воздуха, его температуре так и определить необходимые характеристики излучаемого шума.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.003-2014. – Введ. 01.11.15. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 27 с.
2. Neise, W. Review of fan noise generations mechanisms and control methods / W. Neise // Fan Noise—An International INCE Symposium (CETIM) / Senlis, France, 1992. – P. 45–56.
3. Minck, O. Noise analysis using a microphone array / O. Minck, N. Binder, O. Cherrier, L. Lamotte, V. Pommier-Budinger // Fan 2012 – International Conference on Fan Noise, Technology, and Numerical

Methods, 18 April 2012 - 20 April 2012 (Senlis, France) / Senlis, France, 2012. – P. 1–8.

4. Štramberský R. Model of the Far-Field Acoustic Localisation / R. Štramberský, V. Pavelka, M. Weisz, R. Guráš // 22nd International Carpathian Control Conference / IEEE. – 2021. – P. 1–6.

5. Ballesteros, J. A. Identification and analysis of the noise sources of an engine settled in a car using array-based techniques / J. A. Ballesteros, M. D. Fernandez, E.s Sarradj, M. J. Ballesteros // International Journal of Vehicle Noise and Vibration / 2018, Vol.14 № 2. – P. 171 – 190.

6. Wei, Y. Effects of Inclined Volute Tongue Structure on the Internal Complex Flow and Aerodynamic Performance of the Multi-Blade Centrifugal Fan / Y. Wei, J.J. Wang, J. Xu, Z. Wang, J. Luo, H. Yang, Z. Zhu, W. Zhang // Journal of Applied Fluid Mechanics / 2022, Vol. No 3. – 15 p.

7. Tan, C. CFD Analysis of the Aerodynamics and Aeroacoustics of the NASA SR2 Propeller / C. Tan, S. Voo, W. L. Siau, S. Dso, J. Alderton, A. Boudjir, F. Mendonça // Proceedings of the ASME Turbo Expo 2014: Power for Land, Sea and Air / Dusseldorf, 2014. – p. 1–11.

8. Darvish, M. Tonal Noise Reduction in a Radial Fan With Forward-Curved Blades / M. Darvish, B. Tietjen, D. Beck, S. Frank // Journal of Turbomachinery / 2018. – P.1–10.

9. Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний: ГОСТ 10921-2017 (ISO 5801:2007, NEQ). – Введ. 01.07.19. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 49 с.

10. Hald, J. Combined NAH and Beamforming using the same microphone array / J. Hald // Sound & Vibration / 2004. – P. 18–25.

11. Numerical methods in fluid mechanics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_methods_in_fluid_mechanics. – Дата доступа: 11.05.2022.

12. Li, S. / Validation of numerical prediction method of BPF noise for industrial centrifugal fans / S. Li, W. Wang, Q. Liu, X. Li // HVAC&R Research. 20 (4) / Taylor & Francis. – London, 2014. – P. 435–443.

Представлено 11.05.2022

**РАСЧЕТ НДС ДВЕРИ ГРУЗОВИКА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ
НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ПРАВИЛ ООН № 29**

**CALCULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A TRUCK
DOOR DURING TESTS FOR COMPLIANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF REGULATION №. 29**

Шукюров А. О., Шмелев А. В., канд. техн. наук.,
Кисельков А. Л.,

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь
A. Shukurov, A. Shmialiou, Ph.D. in Engineering, A. Kiselkov,
Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy
of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Рассмотрен пример виртуальных испытаний кабины грузового автомобиля на соответствие требованиям правил ООН № 29. А именно, частный случай, расчет НДС и композитной двери. Представлены основные этапы разработки и настройки компьютерной модели, описания граничных и начальных условий проведения виртуальных испытаний. Моделирование, настройка и расчет компьютерной модели выполнена в программном комплексе ANSYS Workbench, LS-DYNA. Результаты расчета показали, что крепление кронштейна с панелью двери приводит к разрушению панели в момент удара. Компьютерное моделирование на этапе проектирования позволило определить слабые места конструкции с последующей доработкой.

The article provides an example of virtual testing of the cabin of an electric truck for compliance with the requirements of UNECE Regulation No. 29 is considered. Namely, a special case, the calculation of the stress-strain state of the frame-panel door. The main stages of creating and setting up a computer model, describing the boundary and initial conditions for virtual tests are presented. Modeling and setting up of the computer model was performed using the ANSYS Workbench software package. The calculation was performed using the ANSYS LS-DYNA program. The results of the calculation showed that fastening the bracket to the door panel leads to the destruction of the panel at the moment

of impact. Computer modeling at the design stage made it possible to determine the weaknesses of the structure with subsequent refinement.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, ООН № 29, виртуальные испытания, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние, ANSYS.

Keywords: computer modeling, UNECE Regulation №29, virtual testing, finite element method, stress-strain state, ANSYS.

ВВЕДЕНИЕ

Действующие требования безопасности к силовым конструкциям кабин коммерческих транспортных средств изложены в Правилах ООН № 29 [1] (далее – Правила). Правила допускают замену экспериментального исследования расчетным на основе компьютерного моделирования испытаний. Основная сложность моделирования заключается в необходимости учета большого числа деталей и элементов конструкции. Помимо каркаса, подвески кабины, системы рулевого управления, требуется учет жесткости резино-металлических демпферов, конструкций приборной панели и расположения манекена в салоне при проведении испытаний. При этом важным является оценка состояния фиксации двери в ходе и по окончанию испытаний. Согласно требованиям Правил, при проведении испытания, дверь не должна открыться.

В качестве примера рассмотрим кабину электрогрузовика. Дверь рассматриваемой кабины включает композитные конструкции, что вносит ряд особенностей в процесс моделирования. Для корректной оценки свойств прочности кабины необходимо сформировать методику исследований на основе использования методов и средств численного моделирования [2, 3].

ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании исходной компьютерной модели создается конечно-элементная модель (далее – МКЭ) каркаса кабины и фрагмента рамы грузовика. Учитывается подвеска кабины и всех конструкций, ограничивающих пространство вокруг водителя (руль, приборная панель, педали и т. д.). По результатам расчета оцениваются показатели напряженно-деформированного состояния (далее НДС) каркаса кабины и композитной двери грузовика.

НАСТРОЙКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Объектом исследования является кабина грузового автомобиля (рисунок 1, а). Исходная (конструкторская) геометрическая модель кабины и ее систем для подготовки расчетной геометрической модели передается в САD-пакет в нейтральном формате parasolid. В рассматриваемом случае используется САD-пакет Ansys SpaceClaim. На начальном этапе подготовки геометрической модели устраняются интерференции и зазоры, удаляются элементы конструкции, не оказывающие существенного влияния на ее прочность и жесткость. Подготовленная таким образом расчетная геометрическая модель отображена на рисунке 1, б.



Рисунок 1 –Трехмерная геометрическая модель кабины грузовика
а) – исходная (конструкторская) модель; б) – расчетная модель

ЗАДАНИЕ/ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Свойства композитных материалов, полученных в результате натуральных испытаний [4], применяемых в модели, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические характеристики пластиков полученных в результате испытаний

Материал	Модуль Юнга E , МПа	Коэфф Пуассона	Предел текучести σ_T , МПа	Предел прочности σ_B , МПа	Деформация разрушения ϵ , мм	Тангенциальный модуль E_T , МПа
Стеклопластик	$6,2 \times 10^3$	0,35	50	99	0,0078	6125
Пластик ABS	$1,142 \times 10^3$	0,37	35	44	0,202	–

Свойства остальных материалов, также получены в результате натуральных испытаний.

РАЗРАБОТКА КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ

Расчетная конечно-элементной (далее – КЭ) модель разрабатывается на основе расчетной трехмерной геометрической модели объекта исследования в препроцессоре программного пакета конечно-элементного анализа [1, 2]. В нашем случае применяется программный пакет ANSYS Workbench.

Полученная таким образом полная КЭ модель кабины состоит из 530455 элементов, соединенных между собой в 616642 узлах. Средний размер конечных элементов составляет 15 мм. В местах наличия конструктивных элементов малых геометрических размеров расчетная сетка сгущалась для корректной оценки концентрации напряжений и расчета градиентов напряжений рисунок 2, а.

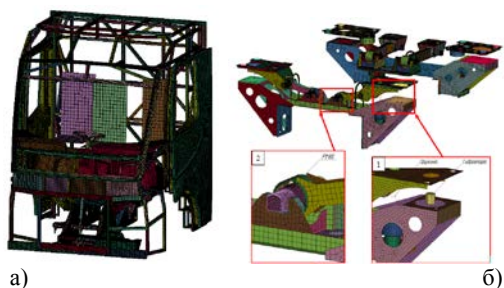


Рисунок 2 – Конечно-элементные модели
а) – несущие конструкции кабины; б) – подвеска кабины

На рисунке 2, б. представлена КЭ модель системы подвески кабины. Она содержит 4 дискретных элемента типа SPRING, описывающих жесткость пружин подвески (выноска 1). Четыре элемента типа BEAM ELFORM 6 моделирующих гидроопоры кабины (выноска 1). В составе подвески присутствуют 8 резинометаллических шарниров (далее – РМШ), жесткость которых моделировалась при помощи восьми дискретных элементов типа BEAM ELFORM 6(выноска 2).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПЫТАНИЯ НА ЛОБОВОЙ УДАР (ИСПЫТАНИЕ А)

При Испытании А ударный элемент – маятник производит удар по кабине в направлении спереди назад на заданной высоте, вычисляемой относительно положения водителя (точка Н). Это испытание

ние позволяет оценить способность кабины выдерживать определенное лобовое столкновение. Схема проведения испытания представлена на рисунке 3, а. Направление удара должно быть горизонтальным и параллельным среднему продольному сечению ТС. Энергия удара должна составлять 55 кДж

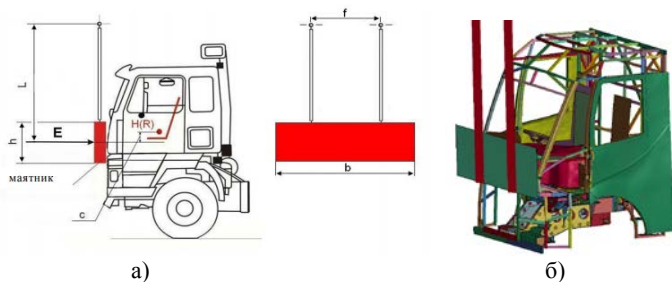


Рисунок 3 – Испытание на лобовой удар (Испытание А)

а) – схема проведения испытания; б) – модель кабины во время виртуальных испытаний

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

На рисунке 5 показаны удаленные элементы (по превышению прочностных параметров) в наиболее нагруженной зоне двери. На рисунке видно, что разрушение двери произошло в области крепления петель двери.

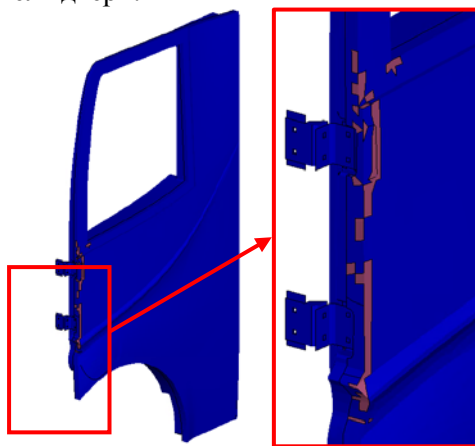


Рисунок 5 – Зоны разрушения в двери (красным обозначены разрушенные элементы)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены методические основы подхода к расчету НДС двери грузового автомобиля из композитных материалов при проведении испытаний на соответствие требованиям безопасности Правил ООН № 29 с использованием программных средств конечно-элементного анализа, в частности программного комплекса ANSYS LS-DYNA. Описан порядок настройки модели с учетом требований правил в ANSYS Workbench с последующей интерпретацией расчетного k-файла в ANSYS LS-DYNA. Результаты расчетов показали, что применение кронштейнов крепления напрямую соединяющихся с панелью двери приводит к тому, что во время проведения испытаний панель двери разрушается в области крепления. Т. е. использование компьютерного моделирования, позволило на этапе проектирования определить слабое место конструкции, что позволяет принять меры к его усилению с последующей оценкой эффективности изменений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила ЕЭК ООН № 29(2). Пересмотр 1. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты лиц, находящихся в кабине грузового транспортного средства/ Комитет по внутреннему транспорту ЕЭК ООН: введ. 28.06.96; посл. измен. 01.01.15. – Минск: Госстандарт: БелГИСС, 2015.
2. Басов, К. А. ANSYS: справочник пользователя / К. А. Басов. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 640 с.: ил.
3. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. Изд. 2-е, испр., М.: Едиториал УРСС, 2004. – 272 с.
4. ГОСТ 25.502-79 Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 28 с.

Представлено 11.05.2022

MONITORING OF A HYDRODYNAMIC TRANSFORMER

Семёнов И. Н., магистр техн. наук,
Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь
I. Semenov, Masters in Engineering,
Brest State Technical University, Brest, Belarus

Сложность и многообразие условий, при которых функционируют гидрофицированные трансмиссии, вынуждают правильно выбрать комплекс оценочных критериев и диагностических параметров для их использования в алгоритмах управления, мониторинга и диагностики. В данной работе приведены рекомендуемые для контроля и мониторинга диагностические параметры.

The complexity and variety of conditions under which hydraulic transmissions operate make it necessary to correctly select a set of evaluation criteria and diagnostic parameters for their use in control, monitoring and diagnostic algorithms. This paper presents diagnostic parameters recommended for control and monitoring.

Ключевые слова: гидрофицированная трансмиссия, мониторинг, бортовая электронная система, диагностический параметр.

Keywords: hydraulic transmission, monitoring, on-board electronic system, diagnostic parameter.

ВВЕДЕНИЕ

Гидрофицированные трансмиссии (ГТ) работают в сложных многообразных условиях, которые отличаются переменчивостью температур, воздействием агрессивной среды, интенсивным изнашиванием сопрягаемых поверхностей, короблениями и старением узлов и деталей. В ГТ присутствуют как гидравлические, так и механические элементы. В качестве рабочего тела в ГТ выступает масло, которое из масляного бака (гидробака) под давлением через ряд гидроаппаратов поступает в соответствующие магистрали, ведущие к исполнительным механизмам. Например, в автоматических коробках передач исполнительными механизмами являются функции переключения

передач. К механическим элементам гидрофицированных трансмиссий относятся золотниковые распределители, клапаны давления, насосы, фильтры, гидротрансформаторы, фрикционы и т. д.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БОРТОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ (БЭСУ) ГТ

Функционирование ГТ происходит по определенным алгоритмам. Выбор диагностических параметров для современных БЭСУ ГТ – достаточно сложная задача. Важно, чтобы они, эти параметры, четко и оперативно фиксировались средствами современной микроэлектроники и учитывались в алгоритмах управления.

Автоматические переключения передач, организуемые БЭСУ, характеризуются переходными процессами, носящими периодический характер [1]. В качестве оценочных критериев переходного процесса целесообразно выбирать высокоинформативные источники первичной информации БЭСУ ГТ: амплитуды A_{Q_i} , A_{P_i} пульсации расходов ($\text{м}^3/\text{с}$) и давлений (Па); длительности переходного процесса $t_{\text{п.п}}^{Q_i}$, $t_{\text{п.п}}^{P_i}$ характеристик расходов и давлений, с; время начала переходных процессов $t_{\text{нач}}$, с; величина установившегося значения давления $p_{i\infty}$ в i -й магистрали, Па.

Бортовая микроэлектроника ГТ позволяет, помимо автоматического управления, осуществлять важные диагностические функции контроля и мониторинга элементов [2]. Углубленная диагностика механических элементов ГТ позволяет оперативно выявить опасные отказы и неисправности. Ниже рассмотрен пример углубленной диагностики элемента ГТ.

Так, для углубленной диагностики электрогидрораспределителя используются сигналы следующих дискретных датчиков: напряжения S_U на обмотке электромагнита; конечного положения золотника $S_{\text{д.п}}$ (например, фиксируется положение выдвинутого хвостовика золотника); наличия выходного давления $S_{p_{\text{вых}}}$. Также необходима информация о частоте вращения вала n_n насоса ГТ.

По результатам анализа диагностической информации составлена таблица функций неисправностей гидрораспределителя. Подобные таблицы с применением булевой алгебры удобно использовать при локальной диагностике элементов ГТ (рисунок 1).

S_U	$S_{д.д.}$	$S_{р.вык.}$	$n_H > n_{H.min}$	Технический диагноз	Причина отказа
0	0	1	–	Утечки <u>через</u> распределитель	Нарушение сопряжений
0	1	1	–	Излом или ослабление возвратных пружин	
0	1	0	–	Неисправен или разрегулирован датчик положения	
1	0	1	–	Неисправен или разрегулирован датчик положения	
1	0	0	–	Заклинивание золотника	Отказ электромагнита, засорение дренажа (сливной магистрали)
1	1	0	1	Проверить герметичность контура и исправность насоса	Неисправность насоса или <u>негерметичность</u> трубопроводов (каналов)

Рисунок 1 – Функции неисправностей электрогидрораспределителя

При диагностировании, контроле и мониторинге технического состояния такого сложного механизма, как гидродинамический трансформатор (ГДТ), средствами бортовой микроэлектроники рекомендуется использовать следующие диагностические параметры: n_d – частота вращения коленчатого вала двигателя, значение коэффициента трансформации $K_{ГТ}$ ГДТ, величина передаточного отношения $i_{ГТ}$ ГДТ, величина износа фрикционных накладок блокировочной муфты $\Delta_{ФН}$, износ уплотнителя насосного колеса $\Delta_{УН}$, износ подшипников $\Delta_{П}$, износ шлицев ступицы турбинного колеса ГДТ $\Delta_{ШСТ}$. Для углубленной оперативной диагностики других механических элементов ГТ следует использовать другие параметры мониторинга и контроля, которые в данной статье не приведены.

Следует отметить, что выбор необходимой совокупности параметров диагностики и контроля ГТ осуществляется на основе анализа происходящих в трансмиссиях физических процессов и в процессе проведения теоретических исследований на основе математического моделирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для мониторинга технического состояния гидрофицированных трансмиссий необходим обоснованный выбор диагностических па-

раметров для их оперативного учета в алгоритмах систем бортовой микроэлектроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рынкевич, С. А. Автоматизация диагностирования механических и гидромеханических трансмиссий / С. А. Рынкевич // Авто-тракторостроение и автомобильный транспорт: сборник научных трудов в 2-х томах / Белорусский национальный технический университет; редкол.: отв. ред. Д. В. Капский [и др.]. – Минск: БНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 46–50.

2. Рынкевич, С. А. Концептуальные основы диагностики гидрофицированных трансмиссий карьерной техники / С. А. Рынкевич // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. Материалы международной научно-технической конференции. Сборник трудов. – Тюмень. – 2018. – С. 237–241.

Представлено 30.06.2022

**УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО
АВТОМОБИЛЯ ПО ЗАДАННОЙ ТРОЕКТОРИИ
С УЧЕТОМ БОКОВОГО УВОДА ШИН**

UNMANNED VEHICLE DRIVING CONTROL BY A GIVEN
TRAJECTORY WITH ACCOUNTING OF TIRE SIDE SLIPS

Ле Ван Нгиа¹, канд. техн. наук, **Кусяк В. А.**², канд. техн. наук, доц.,

¹Институт Механики, Ханойский Университет Техники и Науки,
г. Ханой, Вьетнам

²Филиал БНТУ «Научно-исследовательский Политехнический Ин-
ститут», Белорусский Национальный Технический Университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Le Van Nghia¹, Ph.D. in Engineering,

V. Kusyak², Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

¹School of Mechanical Engineering, Hanoi University
of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

²Polytechnic Research Institute, Belarusian National Technical University,
Minsk, Belarus

В работе описываются динамика рулевой системы автомобиля с учетом боковых уводов шин и алгоритм управления поворотом управляемых колес при движении беспилотного автомобиля по заданной траектории. Приводятся результаты моделирования процесса поворота управляемыми колесами на основе комбинированного алгоритма с элементами математического прогнозирования второго порядка и ПИД-регулированием. Проведено сопоставление полученных результатов с рекомендуемыми значениями отклонений стандарта SAE от заданных траекторий движения в беспилотном режиме.

The paper presents the dynamic of the vehicle steering system on accounting tire side slip and the steering wheel control algorithm at the unmanned vehicle moves by a given trajectory. The results of simulation the steered wheels turning process based on a combined algorithm with the mathematical elements of the second order prediction and PID regulation are given in activities. A comparison of the obtained results with

the SAE recommended deviations values from the given movement trajectories in unmanned mode are presented.

Ключевые слова: беспилотный автомобиль, управление движением автомобиля, динамика рулевой системы, алгоритмы управления управляемыми колесами.

Keywords: unnamed vehicle, vehicle motion control, steering system dynamic, algorithms of steering wheels control.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие технологий по управлению сложными техническими объектами обуславливает применение микропроцессорных мехатронных систем в автомобилях. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является беспилотное управление автотранспортным средством, предусматривающее не только автоматизацию силового агрегата автомобиля, но и оснащение рулевого управления исполнительными механизмами и программно-аппаратной платформой для взаимодействия мобильного JPS-терминала со спутниковой навигационной системой. При разработке автоматизированных мехатронных систем данного класса одну из важнейших задач представляет собой разработка алгоритмов управления рулевой системой. В работе представлена стратегия управления управляемыми колесами при движении беспилотного автомобиля по заданной траектории на основе комбинированного алгоритма с ПИД-регулированием и прогнозированием второго порядка, а также результаты моделирования данного процесса на основе предлагаемого алгоритма.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Ключевым элементом беспилотных автомобилей является система наблюдения и анализа окружающей обстановки. Полученная информация от внешних дорожных и бортовых датчиков, наряду с сигналами от орбитальной спутниковой системы, используются электронным блоком управления для формирования оптимальной траектории движения автомобиля. При заданной траектории исполнительные механизмы мехатронной системы воздействуют на элементы рулевого управления таким образом, чтобы обеспечить движение автомобиля по этой траектории с минимальными отклонениями. Причем для достижения рекомендуемых отклонений по траек-

тории [1] требуется разработка комплексного алгоритма управления поворотом колес, учитывающего динамику рулевой системы с учетом бокового увода шин. В данной работе использовалась двухколесная модель автомобиля (рисунок 1).

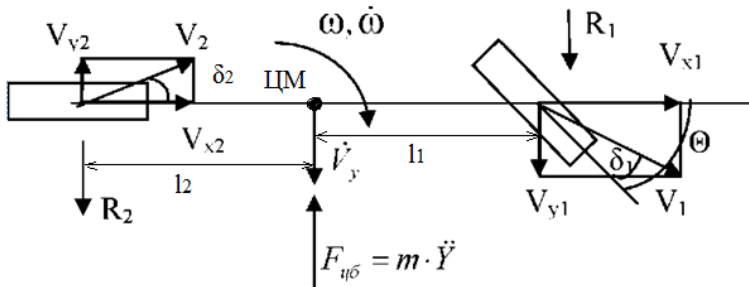


Рисунок 1. – Двухколесная модель автомобиля

δ_1, δ_2 - углы увода шин автомобиля, R_1, R_2 - боковые реакции шин, V_1, V_{x1}, V_{y1} - действительная, продольная и поперечная скорость управляемого колеса, V_2, V_{x2}, V_{y2} - действительная, продольная и поперечная скорость заднего колеса, ЦМ – центр масс автомобиля, l_1, l_2 – расстояния от центра масс до передней и задней оси, ω – угол поворота автомобиля вокруг центра масс

Математическое описание данной модели представлено следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{y} &= V_x \cdot \psi + V_y, \\ \dot{\psi} &= \omega, \\ \dot{V}_y + \frac{k_1 + k_2}{m \cdot V_x} V_y + \frac{m \cdot V_x^2 + k_1 \cdot l_1 - k_2 \cdot l_2}{m \cdot V_x} \cdot \omega &= \frac{k_1 \cdot \theta}{m}, \\ \dot{\omega} + \frac{k_1 \cdot l_1 - k_2 \cdot l_2}{J_z \cdot V_x} \cdot V_y + \frac{k_1 \cdot l_1^2 + k_2 \cdot l_2^2}{J_z \cdot V_x} \cdot \omega &= \frac{k_1 \cdot l_1 \cdot \theta}{J_z}. \end{aligned}$$

где k_1, k_2 – коэффициенты увода шин автомобиля, θ – угол поворота управляемых колес автомобиля, J_z – момент инерции автомобиля, m – масса автомобиля.

В настоящее время известны и широко применяются на практике при отработке алгоритмов управления поворотом управляемых ко-

лес так называемые «компенсационные модели слежения» [2] и «прогнозируемые модели» [3]. В данной работе при проведении исследований применялся алгоритм управления поворотом управляемых колес, основанный на комбинированной модели, включающей математические элементы прогнозирования второго порядка и аспекты ПИД-регулирования.

По компенсационной модели угол поворота управляемых колес автомобиля определяется по формуле:

$$\theta(t) = K_2 \cdot y_d(t) + K_d \cdot \dot{y}_d(t) + K_1 \cdot \int_0^t \dot{y}_d(\tau) \cdot d\tau + K \cdot (y_d(t + T_p - t_d) - T_p \cdot \dot{y}_d(t - t_d) - T_p^2 \cdot \ddot{y}_d(t - t_d) / 2),$$

где K_2 , K_d , K_1 – коэффициенты ПИД-регулирования, K – коэффициент усиления модели прогнозирования второго порядка, определяется экспериментальным путем для каждой модели автомобиля при определенном маневре, $T_p = 1$ с – время прогноза, $t_d = 0,05$ с – запаздывание системы, y_d – желаемая поперечная координата.

В качестве объекта исследования использовался легкий грузовой автомобиль VEAM-FOX-TP-1.5 T, основные параметры которого приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Основные параметры объекта исследования

Параметры	Значения
Полная масса, кг	3000
Базовая длина, м	2,6
Расстояние от центра масс до переднего моста, м	1,3
Расстояние от центра масс до заднего моста, м	1,3
Шины передние и задние	6.50–16/5.50–13
Коэффициент увода шин, Н/рад	30000
Момент инерции автомобиля относительно вертикальной оси, кг·м ²	2500

При проведении машинного эксперимента по отработке предлагаемого комбинированного алгоритма поворота управляемых колес в качестве заданной («желаемой») траектории было выбрано движение автомобиля по кругу. Результаты компьютерного моделирования исследуемого процесса представлены на рисунках 2 и 3.

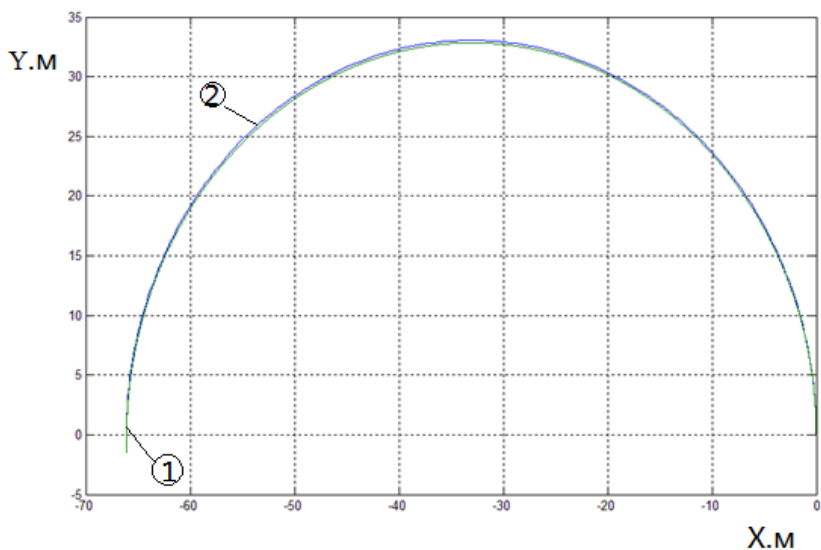


Рисунок 2 – Заданная (1) и реализованная (2) траектории

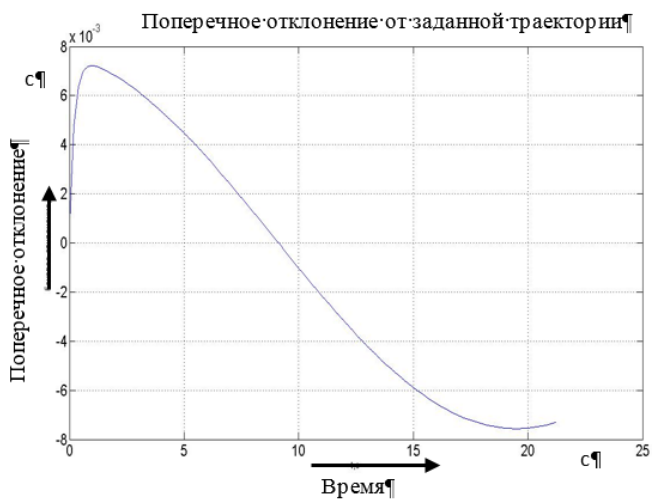


Рисунок 3 – Боковое отклонение от заданной траектории

Как видно из результатов моделирования, поперечное отклонение реализованной от заданной («желаемой») траектории при движении

автомобиля по кругу не превышает 8 мм (рекомендации SAE – 150 мм), что подтверждает работоспособность предлагаемого комбинированного алгоритма и возможность его использования для других видов траекторий движения при беспилотном управлении транспортным средством.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения машинного эксперимента подтверждена работоспособность предлагаемого алгоритма управления рулевой системой при движении автомобиля по заданной траектории в беспилотном режиме. Как показали результаты исследований использование комбинированного алгоритма с элементами математического прогнозирования второго порядка и ПИД-регулированием, наряду с учётом бокового увода шин в управляющей программе контроллера, обеспечивают при движении беспилотного автомобиля по кругу поперечное отклонение траектории от заданной в пределах 8 мм, что не превышает предельных значений, регламентированных рекомендациями SAE.

ЛИТЕРАТУРА

1. Autonomous Driving Based on Accurate Localization Using Multi-layer LiDAR and Dead Reckoning / Akai Naoki [etc.] / IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems At. – Yokohama, Japan. October 2017. – 7 p.
2. Guo, K. Modeling of driver/vehicle directional control system / K. Guo, H. Guan // Vehicle System Dynamics. – 1993. – № 22. – P. 141–184.
3. MacAdam, C. C. An Optimal Preview Control for Linear Systems / C. C. MacAdam // Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control. – 1980. – Vol. 22 – P. 188–191.

Представлено 20.05.2022

ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

УДК 621.436

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АППАРАТУРЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ

ANALYSIS OF THE EFFECT OF FUEL SUPPLY EQUIPMENT ON DIESEL PERFORMANCE

Гуринович Е. В., магистрант,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
Y. Hurynovich, Undergraduate,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Изучено влияние давления впрыска, угла опережения впрыска топлива и степени рециркуляции отработавших газов на выбросы вредных веществ и топливно-экономические показатели.

The influence of injection pressure, fuel injection advance angle and the degree of exhaust gas recirculation on emissions of harmful substances and fuel and economic indicators has been studied.

Ключевые слова: двигатель, выбросы вредных веществ, давление впрыска топлива, угол опережения впрыска топлива, рециркуляция отработавших газов.

Keywords: engine, emissions of harmful substances, fuel injection pressure, fuel injection advance angle, exhaust gas recirculation.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время к характеристикам дизелей предъявляются достаточно жесткие требования. Главными считаются топливная эффективность и токсичность отработавших газов.

Современные дизели имеют большой спектр содержания различных компонентов в отработавших газах. Для производителей двигателей внутреннего сгорания главной задачей на сегодняшний день является создание двигателей с выбросами вредных веществ удовлетворяющими существующие нормы и стандарты, а также разработка перспективных топливоподающих систем с нормами выброса более высоких экологических классов.

ПАРАМЕТРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВЫБРОСЫ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Проанализировав работы по совершенствованию рабочего процесса в совокупности с направлениями стратегии выбросов вредных веществ (ВВВ), можно отметить, что существуют неизменяющиеся конструктивные параметры. Регулируемые параметры являются варьируемыми в процессе работы двигателя. Переводя параметры в изменяемые во время работы двигателя повышает возможности снижения ВВВ, при этом снижается надежность и ресурс работы дизеля.

Можно выделить параметры, оказывающие определяющее воздействие на эффективность протекания рабочего процесса (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 – Параметры, оказывающие воздействие на ВВВ

Особое внимание следует уделить следующим параметрам: давление впрыска, угол опережения впрыска и степень рециркуляции отработавших газов ввиду большого влияния на ВВВ и топливно-экономические показатели.

ДАВЛЕНИЕ И УГОЛ ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКА ТОПЛИВА

Выбросы нормируемых токсичных компонентов отработавших газов сильно зависят от угла опережения впрыска топлива

(УОВТ). Это объясняется тем, что при уменьшении УОВТ происходит снижение максимальной температуры сгорания и уменьшается время, отводимое на процессы окисления продуктов сгорания. Поэтому с уменьшением УОВТ эмиссия NO_x снижается, а выбросы CO , CH_x , C , как правило, увеличиваются. Также стоит отметить, что при работе на номинальном режиме наибольшее влияние УОВТ оказывает на концентрации в отработавших газах оксидов азота и сажи. Существует тесная корреляционная связь между эмиссией NO_x с отработавшими газами и топливной экономичностью. Изменение в рабочем процессе дизеля с целью снижения эмиссии NO_x , как правило, приводит к ухудшению топливной экономичности.

Давление впрыска топлива также оказывает существенное влияние на процесс сгорания, что влияет на расход топлива и ВВВ.

При повышении давления улучшается мелкость распыливания и уменьшается продолжительность впрыска, но увеличивается температура и скорость сгорания. Увеличение температуры сгорания интенсифицирует окислительные процессы в камере сгорания, что приводит к увеличению выбросов NO_x [2].

С точки зрения протекания процесса, давление впрыска топлива влияет на характеристику топливоподачи и определяет динамичность протекания цикла. Резкий передний фронт впрыска влияет на тепловыделение начальной стадии сгорания, что увеличивает жесткость процесса, шум и выброс NO_x . Сглаживание переднего фронта за счет снижения давления впрыска приводит к росту дымности и ухудшению топливно-экономических показателей вследствие увеличения продолжительности топливоподачи [3].

РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Рециркуляция отработавших газов (РОГ) является эффективным способом снижения NO_x , основывающаяся на процессах сокращения концентрации кислорода в камере сгорания, и снижения температуры при более высокой теплоемкости инертных газов, H_2O и CO_2 , напрямую не участвующих в процессе сгорания [4]. Увеличение степени РОГ снижает коэффициент избытка воздуха, который уменьшает интенсивность образования NO [5].

Для снижения воздействия негативных факторов применения РОГ (увеличение износа деталей дизеля и снижение долговечно-

сти, рост расхода топлива, дисперсных частиц, углеводородов, оксидов углерода) нужен комплексный подход согласования степени РОГ с параметрами топливоподачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ указывает, что давление и угол опережения впрыска топлива, а также рециркуляция отработавших газов заслуживают более точного изучения и являются перспективным направлением в улучшение топливно-экономических параметров дизеля.

ЛИТЕРАТРА

1. Кухаренок, Г. М. Улучшение экологических показателей дизеля / Г. М. Кухаренок, В. И. Березун. – Минск: БНТУ, 2019. – 149 с.
2. Грехов, Л. В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков. – М. : Легион-Автодата, 2004. – 344 с.
3. Лышевский, А. С. Системы питания дизелей / А. С. Лышевский. – М. : Машиностроение, 1981. – 216 с.
4. Системы управления дизельными двигателями: Перевод с немецкого: редкол. : В. В. Аверкиев [и др.]. – М. : За рулем, 2004. – 480 с.
5. Klein, H., Geschwindigkeit der Stickoxidbildung im Dieselprozess mit direkter Einspritzung / H. Klein // MTZ. – 1977. – № 38. – P. 399–408.

Представлено 14.04.2022

УДК 621.43

**РАССЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО
НАДДУВА ДИЗЕЛЯ MMZ-4D**

**CALCULATED ANALYSIS OF DYNAMIC BOOST OF MMZ-4D
DIESEL ENGINE**

Кухаренок Г. М.¹, д-р техн. наук, проф.,

Предко А. В.², ст. научн. сотр.,

¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь,

²ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ
МОТОРНЫЙ ЗАВОД» г. Минск, Республика Беларусь
Н. Kukharonak¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,

A. Predko², Senior Researcher

¹Belarusian National Technical University, ²OJSC «Minsk Motor
Plant» Holding Mangement Company Minsk, Belarus

В работе рассмотрены подходы построения модели четырехцилиндрового дизеля. Выбраны граничные условия и проведено моделирование работы дизеля по внешней скоростной характеристике при различной длине впускной трубы. Определен закон изменения длины впускной трубы для обеспечения эффективной работы динамического наддува во всем диапазоне частот вращения дизеля.

The analysis considers approaches to building a model of a four-cylinder diesel engine. The boundary conditions are chosen and the simulation of the diesel engine operation according to the full-load curve for various inlet pipe lengths is carried out. The law of the intake pipe length change is determined to ensure the efficient operation of dynamic boost in the entire range of engine speeds.

Ключевые слова: дизель, динамический наддув, момент, длина впускной трубы.

Keywords: diesel engine, dynamic boost, torque, intake pipe length.

ВВЕДЕНИЕ

Современный транспортный дизель отвечающий высоким экологическим требованиям не мыслим без применения турбонаддува. Дизельные двигатели без наддува не способны обеспечивать высокие экологические, удельные мощностные и экономические показатели. Турбокомпрессоры, применяемые для наддува двигателей, являются дорогостоящими и сложными устройствами, а установка их на двигатель ведет к росту трудоемкости и стоимости обслуживания. В качестве некоторой альтернативы для повышения наполнения цилиндров двигателя свежим зарядом могут использоваться волновые явления, возникающие во впускной системе за счет периодического поступления воздуха в цилиндры. Длина впускного тракта подбирается так, чтобы волна давления подходила к впускному клапану к концу периода его открытия, обеспечивая поступление дополнительного воздуха в цилиндр. Такой метод называется «динамическим», «инерционным» или «акустическим» наддувом и позволяет получить максимальное увеличение коэффициента наполнения на 3–5% на одном скоростном режиме работы двигателя, для которого подбирается длина впускного тракта [1]. Для увеличения наполнения цилиндров за счет использования данного метода в широком диапазоне частот вращения возможно применение системы регулирования длины впускного тракта. С целью определения возможности использования динамического наддува проведены расчетные исследования по влиянию длины впускной трубы на показатели работы четырехцилиндрового, четырехтактного дизеля MMZ-4D.

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО НАДДУВА ДИЗЕЛЯ

Расчетные исследования проводились на квазимерной модели четырехцилиндрового дизеля учитывающей геометрию впускного и выпускного трактов, расходные характеристики впускных и выпускных клапанов, законы движения клапанов, условия теплообмена в цилиндре и проточных частях двигателя, механические потери на процесс газообмена и трения в кривошипно-шатунном механизме, процесс тепловыделения рассчитывался по уравнению профессора И. И. Вибе [2].

В модели проточная часть газоздушного тракта заменена на эквивалентную расчетную схему, каналы сложной геометриче-

ской формы заменяются набором простых элементов такой же длины и проходного сечения. На рисунке 1 показан подход, применяемый при построении расчетной схемы проточной части впускного коллектора.

Для расчета волновых процессов впускной тракт подвергся дискретизации с шагом 17 мм, выпускной с шагом 19 мм. Движение потока в каждом расчетном элементе описывалось системой уравнений Навье-Стокса, включающей в себя уравнение сохранения массы (сплошности), энергии и импульса [3].

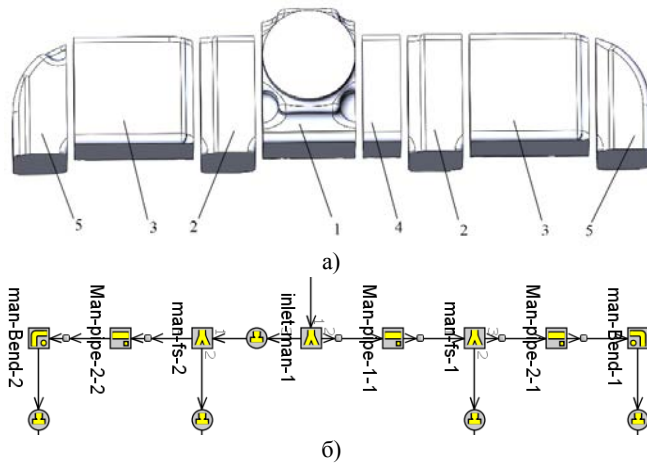


Рисунок 1 – Схематизация впускного коллектора дизеля MMZ-4D:
 а) схема разбиения проточной части; б) расчетная схема; 1 – вход в коллектор и разветвление потоков; 2 – разветвление на выход из коллектора; 3, 4 – каналы квадратного сечения; 5 – закругленный выход

Проведено моделирование работы дизеля MMZ-4D по внешней скоростной характеристике в диапазоне частот вращения коленчатого вала 1400–3000 мин⁻¹.

В качестве параметра, ограничивающего подачу топлива, принято постоянное значение коэффициента избытка α , т. е. цикловая подача топлива корректировалась в зависимости от расхода воздуха.

Изменение искомого параметра $L_{вп}$, длины впускного трубопровода, проводилось ступенчато 17, 51–1530 мм с шагом 51 мм. Шаг выбран с учетом длины дискретизации впускного

трубопровода. Расчеты проводились для впускного трубопровода диаметром 60 мм.

В качестве критерия оценки эффективности принято значение максимального крутящего момента по скоростной характеристике.

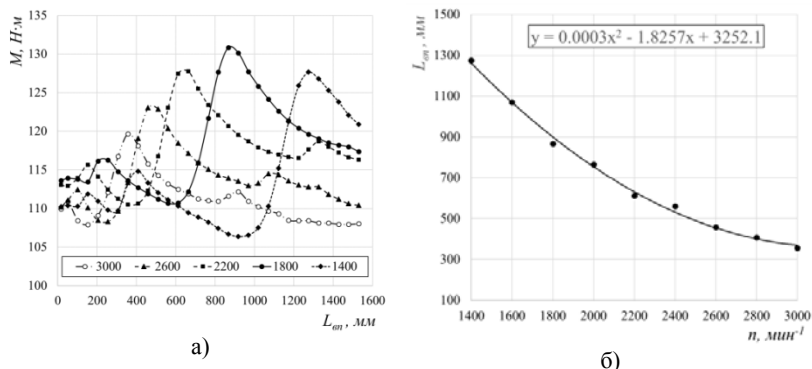


Рисунок 2 – Результаты моделирования

а) зависимость крутящего момента M дизеля ММЗ-4D от длины впускной трубы L_{en} при различных частотах вращения ($n = 1400 - 3000$ мин⁻¹); б) зависимость требуемой длины впускной трубы L_{en} от частоты вращения дизеля n

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из результатов моделирования (рисунок 2, а) видно, что увеличение L_{en} с 17 до 1530 мм ведет к смещению точки максимального крутящего момента в сторону меньшей частоты вращения. Максимальный момент 132 Н·м наблюдается при частоте вращения коленчатого вала 1800 мин⁻¹ и $L_{en} = 867$ мм.

Точки L_{en} обеспечивающие максимальный крутящий момент по различным частотам вращения (рисунок 2, б) хорошо ложатся на параболическую зависимость, что позволяет определить закон изменения $L_{en}(n)$:

$$L_{en} = 0,0003 \cdot n^2 - 1,8257 \cdot n + 3252,1.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришин, Ю. А. Анализ динамического наддува и повышение экономичности дизелей // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. / Ю. А. Гришин. – 2011. – № 10. – С. 46–51.

2. Кухарёнок, Г. М. Рабочий процесс высокооборотных дизелей. Методы и средства совершенствования / Г. М. Кухаренко – Минск: БГПА, 1999. – 180 с.

3. GT-SUITE Flow Theory Manual VERSION 2016 by Gamma Technologies. – Gamma Technologies, LLC, 2022. – 114 p.

Представлено 25.03.2022

УДК 621.436.068.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ФОРСИРОВАННОГО ДИЗЕЛЯ

STUDY OF THE WORKING PROCESS PARAMETERS OF A FORCED DIESEL

Кухарёнок Г. М.¹, д-р техн. наук, проф.,
Петрученко А. Н.² канд. техн. наук, доц.

¹ Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

² Открытое акционерное общество «Управляющая компания
холдинга «Минский моторный завод»,
г. Минск, Республика Беларусь

H. Kukharonak¹. Doctor of technical Sciences, Professor,
A. Petruchenko², Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

¹ Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

² OJSC «Minsk Motor Plant» Holding Mangement Company,
Minsk, Belarus

Объект исследования – дизель 8ЧН14×15 для внедорожной техники мощностью 575 кВт с электронной системой топливоподачи. Цель - выбор параметров рабочего процесса дизеля. Проведен анализ влияния продолжительности и скорости однофазного, ступенчатого и трехфазного процессов сгорания на топливно-экономические, динамические и экологические показатели рабочего процесса дизеля. Предложены регрессионные зависимости удельного расхода топлива, максимального давления и температуры рабочего процесса от начала подачи топлива, давления впрыска

топлива и коэффициента избытка воздуха. Даны рекомендации по выбору параметров рабочего процесса дизеля, обеспечивающих высокие показатели работы

The object of study is a diesel engine 8CHN14×15 for off-road vehicles with a power of 575 kW with an electronic fuel supply system. The goal is to select the parameters of the diesel working process. The analysis of the influence of the duration and speed of single-phase, staged and three-phase combustion processes on the fuel-economic, dynamic and environmental indicators of the diesel engine working process was carried out. Regression dependences of specific fuel consumption, maximum pressure and temperature of the working process on the start of fuel supply, fuel injection pressure and excess air coefficient are proposed. Recommendations are given on the choice of diesel working process parameters that provide high performance.

Ключевые слова: дизель, рабочий процесс, математическая модель, закон сгорания, подача топлива.

Keywords: diesel engine, working process, mathematical model, combustion law, fuel supply.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие двигателестроительного комплекса Республики Беларусь требует непрерывного обновления продукции на основе последних достижений научно технического прогресса, технического перевооружения производства, повышения технического уровня и надежности выпускаемой продукции, как следствие, проведения НИОКР, направленных на решение этих задач.

Базой для обеспечения требуемых мощностно-экономических показателей выпускаемых двигателей является поиск путей совершенствования рабочих процессов, основное влияние на протекание которых оказывает процесс сгорания.

Исследования направленные на ускорение создания дизелей с высокими удельными показателями на основе совершенствования рабочих процессов с использованием математических моделей являются актуальными.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В расчетных исследованиях использована математическая модель, основанная на первом начале термодинамики [1, 4].

При расчете закона и скорости сгорания использовались уравнения И. И. Вибе и Е. А. Лазарева [2, 3].

Объект исследования – дизель 8ЧН14×15 для внедорожной техники мощностью 575 кВт с электронной системой топливоподачи.

На первом этапе рассматривался рабочий процесс при однофазном, ступенчатом и трехфазном сгорании топлива.

При проведении расчетных исследований изменялись продолжительность, скорость и начало фаз сгорания. Общая продолжительность сгорания составляла 60...100 град ПКВ.

Были определены параметры рабочего процесса двигателя 8ЧН14×15: удельный индикаторный расход топлива, максимальные температуры и давления процесса сгорания, содержание оксидов азота.

Как следует из полученных результатов, наиболее экономичный режим работы дизеля, обеспечивается при однофазном процессе сгорания. Несколько хуже показатели работы дизеля при ступенчатом сгорании, однако при таком протекании рабочего процесса может быть достигнуто снижение содержания оксидов азота в отработавших газах.

В случае трехфазного сгорания обеспечивается улучшение экологических показателей при увеличении расхода топлива.

Кроме параметров, задающих закон сгорания, требуется правильный выбор моментов начала сгорания и количества теплоты, подводимой к рабочему телу в каждом периоде.

При продолжительности однофазного процесса сгорания 60–70 град ПКВ и начале сгорания 355–358 град ПКВ на номинальном режиме обеспечивается минимальный расход топлива 178–182 г/(кВт·ч).

На втором этапе исследований с использованием насыщенного близкого к D-оптимальному трехфакторного плана проведены расчетные исследования рабочего процесса дизеля при однофазном процессе сгорания. Определены регрессионные зависимости удельного расхода топлива, максимального давления и температуры процесса сгорания от угла начала впрыска топлива, давления впрыска топлива и коэффициента избытка воздуха.

Анализ полученных зависимостей показал, что:

– с ростом давления впрыска топлива от 80 до 140 МПа и коэффициента избытка воздуха от 1,9 до 2,2 продолжительность сгорания сокращается с $\varphi_z=122$ град. ПКВ до $\varphi_z=63$ град. ПКВ.

– снижение удельного расхода топлива при сохранении мощности связано с ростом давления впрыска топлива и коэффициента избытка воздуха. Номинальный удельный расход равный $g_e=202$ г/(кВт·ч) получается при $g_u=275$ мм³/цикл, $p_{впр}=110$ МПа и $\alpha=2,05$. ($\varphi_z=86$ град. ПКВ).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Получены результаты моделирования рабочего процесса дизеля при различных законах сгорания, позволяющие определить направления улучшения технико-экономических и экологических показателей. Минимальный расход топлива на номинальном режиме обеспечивается при продолжительности однофазного процесса сгорания 60–70 град ПКВ и начале сгорания 355–358 град ПКВ

2. Предложены зависимости показателей рабочего процесса дизеля от угла начала впрыска топлива, давления впрыска и коэффициента избытка воздуха и проведен их анализ, позволяющие уменьшить объем экспериментальных исследований по его совершенствованию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кухарёнок, Г. М. Рабочий процесс высокооборотных дизелей. Методы и средства совершенствования / Г. М. Кухаренко. – Минск: БГПА, 1999. – 180 с.

2. Вибе, И. И. Новое о рабочем цикле двигателей / И. И. Вибе. – Свердловск: Машгиз, 1963. – 272 с.

3. Лазарев, Е. А. Основные принципы и эффективность средств совершенствования процесса сгорания топлива для повышения технического уровня тракторных двигателей / Е. А. Лазарев. – Челябинск: ЧГТУ, 1995. – 360 с.

4. Кухаренко, Г. М. Снижение выбросов вредных веществ дизельных двигателей / Г. М. Кухаренко, А. Н. Петрученко, В. И. Березун– Минск, 2013. – 248 с.

Представлено 20.04.2022

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ ГАЗОВ
НА ТРАНСПОРТЕ**

**INVESTIGATION OF METHODS OF STORAGE OF GASES
IN TRANSPORT**

Быстренков О. С., ст. преп.,

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

O. Bystrenkov, Senior Lecturer,

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

В статье рассматриваются способы хранения газовых топлив в составе транспортного средства. Проанализированы трудности, возникающие при хранении данного вида топлив, и пути их решения.

The article discusses ways of storing gas fuels in a vehicle. The difficulties encountered in the storage of this type of fuel and their solutions are analyzed.

Ключевые слова: газ, метан, пропан, бутан, баллон, сжиженные газ, газовое топливо, композитный баллон, термос, теплоизолированный сосуд, лайнер.

Keywords: gas, methane, propane, butane, cylinder, liquefied gas, gas fuel, composite cylinder, thermos, insulated vessel, liner.

ВВЕДЕНИЕ

Применение газовых топлив на автомобильном транспорте связано с рядом трудностей такими, как их взрыво- и пожароопасность.

Также при хранении метана возникает сложность его удержания в сжиженном состоянии в течении длительного времени и, как следствие, снижении пробега такого автомобиля.

Для решения данных вопросов на баллонах может применяться защитная арматура высокого давления, вакуумное охлаждение баллонов и соответствующая теплоизоляция. Также в составе транспортного средства может находиться комплексная холодильная установка, буферные емкости и промежуточный хладагент.

В данной статье проводится анализ существующих типов баллонов для хранения различных газовых топлив.

БАЛЛОНЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ГАЗОВ

Сжиженные газы – газы, которые превращаются в жидкость при сравнительно невысоком давлении и нормальных температурных условиях или при атмосферном давлении и относительно небольшом снижении температуры или превращенные в жидкость глубоким охлаждением и сохраняются в жидком виде в теплоизолированных сосудах (термосах).

Метан, в отличие от пропана и бутана, может храниться в баллонах как в сжатом (газообразном), так и в сжиженном состоянии [1]. Его основное свойство заключается в том, что при высоком давлении он остается в газообразном состоянии, а в сжиженное состояние переходит при помощи глубокого охлаждения. Для хранения данного газа в сжатом состоянии используются баллоны с высоким давлением (известны баллоны с давлением до 800 бар). Чаще всего для этих целей используют композитные баллоны, стальные цельнометаллические баллоны, облегченные баллоны с лайнером.

Стальные, цельнометаллические баллоны имеют самую толстую стенку и соответственно самый высокий вес. Из-за большого веса такие баллоны практически не применяются при переоборудовании легкового транспорта для работы на метане. Обычно цельнометаллические баллоны устанавливают на грузовой транспорт и микроавтобусы.

Баллоны такого типа отливаются в специальных формах, не имеют сварочных швов, что придает им большую прочность и плотность. В процессе изготовления все баллоны подвергаются строгому контролю, каждый баллон проходит ультразвуковую проверку на предмет скрытых дефектов, а также проверяется избыточным давлением 30 МПа (300 кг/см²).

Облегченные баллоны с лайнером широко используемый при переоборудовании легковых автомобилей из-за своего веса, доступных типоразмеров, качества и цены.

Лейнер, изготовленный из легированной конструкционной стали прочностью 120 кгс/мм². и вязкостью 100 кгс/мм², основная часть которого покрыта прочной армирующей оболочкой,

отличается тем, что применяемая сталь сохраняет свои механические характеристики при эксплуатации баллонов в условиях низких температур окружающего воздуха.

Следующий тип баллонов отличается алюминиевым лейнером, усиленным специальной оплеткой из карбо волокна, разрывное усилие которой составляет не менее 140 кгс/мм², нить оплетка пропитывается связующим составом на основе эпоксидной смолы. Наружные и внутренние поверхности баллона надежно защищены специальным покрытием стойким к коррозии в течение расчетного срока эксплуатации баллона.

Композитные баллоны — это баллоны, при изготовлении которых используются композитные материалы. Их главное отличие – сравнительно небольшой вес: 0,8 кг на 1 литр баллона.

В сжиженном состоянии метан необходимо хранить в теплоизолированных сосудах (термосах) (рис.1).



Рисунок 1 – Баллон для хранения сжиженного газа

Благодаря передовым вакуумным технологиям, температура в таких термосах поддерживается на низком уровне, что позволяет хранить газ в них в течение 12 дней [2]. После 12 дней баллон необходимо заправлять заново, так как теплоизоляция не идеальна, газ, постепенно нагреваясь, начинает испаряться, что может привести к повышению давления в баллоне, на которое он не рассчитан, и возможным утечкам газа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показывает, что разнообразие существующих конструкций баллонов и материалов для их изготовления находится на высоком уровне, что позволит изготавливать емкости необходимых габаритов, вместительности и прочности.

Однако применение компримированного метана требует расположения на автомобиле большого числа емкостей (в силу низкой его плотности), что увеличит пробег от заправки до заправки,

но существенно увеличит массу автомобиля. Для решения данного вопроса следует провести анализ конструкций и возможность применения комплексных холодильных установок, буферных емкостей и промежуточного хладагента в составе транспортного средства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коллеров, Л. К. Газовые двигатели поршневого типа / Л. К. Коллеров. – Ленинград: Машиностроение, 1968. – 248 с.

2. Shang rong [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rhcylinder.ru/product-3-Ing-cylinder-for-vehicle/159923/>. – Дата доступа: 11.03.2019.

Представлено 07.05.2022

УДК 621.43:629.113

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСТАРТЕРНОГО ПУСКА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

ELECTRIC STARTER START SYSTEM FOR HEAVY-DUTY DIESEL ENGINE

Волков Е. В., канд. техн. наук, доц.,
Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск,
Россия

E. Volkov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Pacific National University, Khabarovsk, Russia

Предложена конструкция электроинерционного стартера, кинетическая энергия маховика которого передается на коленчатый вал двигателя безударным методом посредством дифференциального механизма и муфты предельного момента. Данная конструкция может быть принята за основу при разработке систем электростартерного пуска мощных дизельных двигателей новой автотракторной техники.

The design of an electric inertia starter is proposed, the kinetic energy of the flywheel of which is transmitted to the crankshaft

of the engine by a shockless method by means of a differential mechanism and a limiting torque clutch. This design can be used as a basis for the development of electric starter start systems for powerful diesel engines of new automotive equipment.

Ключевые слова: стартер, привод, резервная инерционная масса, муфта предельного момента, дифференциал.

Keywords: starter, drive, backup inertial mass, torque limit clutch, differential.

ВВЕДЕНИЕ

Основным пусковым устройством современных автомобильных и тракторных ДВС является «классический» электростартер, который при пуске должен прокрутить коленчатый вал двигателя с определённой частотой и на определённый угол, способствующих выходу двигателя на устойчивый режим самостоятельной работы.

Основным фактором, отрицательно влияющим на пусковые качества и характеристики двигателя и параметры электропусковой системы, а, следовательно, и на надёжность пуска, является температура. При понижении температуры окружающего воздуха создание условий, необходимых для надёжного пуска двигателя, затрудняется, а возможности улучшения пусковых качеств тепловых двигателей за счёт использования других сортов моторного масла, топлива и других аккумуляторных батарей в настоящее время уже реализованы. Это особенно касается дизельных двигателей, имеющих большой момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала, более высокую минимальную пусковую частоту и более высокую температуру самовоспламенения дизельного топлива, по сравнению с бензиновыми двигателями. Единственная возможность уменьшения работы, совершаемой стартером при пуске, заключается в сокращении числа подготовительных рабочих ходов при значительно более высокой частоте прокручивания коленчатого вала. Прокручивая КВД с частотой втрое-четверо выше минимальной пусковой, можно практически на втором рабочем ходе создать в цилиндре условия, благоприятные для вспышки. Система электростартерного пуска (СЭСП) с «классическим» стартером для этого непригодна, так как при огромном токе стартер и аккумуляторная батарея будут громоздкими и очень дорогими,

а единственным альтернативным решением является применение электроинерционного стартера.

КОНСТРУКЦИЯ И РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ИНЕРЦИОННОГО СТАРТЕРА

Стартер при пуске вращает коленчатый вал двигателя за счет кинетической энергии маховика, который предварительно раскручивают электродвигателем (стартером) или ручным способом. По частоте вращения якоря стартера, а, следовательно, и инерционной массы, электроинерционные стартеры бывают быстроходные (до 25000 мин^{-1}) с самостоятельной – резервной инерционной массой (РИМ), понижающим редуктором и храповым механизмом привода и тихоходные (до 1500 мин^{-1}) с инерционной массой, являющейся одновременно маховиком двигателя или его частью. Основными недостатками таких конструкций инерционных стартеров являются ударный процесс передачи кинетической энергии от РИМ к маховику двигателя через храповый механизм и фрикционную муфту и низкий КПД, который не превышает 25 % [1].

Автором предложена своя концепция решения данной проблемы, которая заключается в ином методе передачи кинетической энергии РИМ – не через храповый механизм и фрикционную муфту, а через дифференциальный механизм и муфту предельного момента. На рис. 1 изображена структурная схема СЭСП такой конструкции. Привод стартера включает редуктор (РП), понижающий частоту вращения РИМ при передаче накопленной кинетической энергии маховику ДВС, дифференциал (Д), распределяющий поток кинетической энергии (мощности) при пуске, муфту предельного момента (МПМ) и роликовую муфту свободного хода (МСХ₂) с ведущей шестерней редуктора системы привод-двигатель (РД).

Муфта предельного момента служит для обеспечения необходимого темпа передачи кинетической энергии (мощности) от РИМ через дифференциал маховику двигателя и работает по принципу механического сцепления или тормозного механизма. В ней искусственное сопротивление создается за счёт регулируемого трения вращения вращающихся (роторных) и невращающихся (статорных) частей.

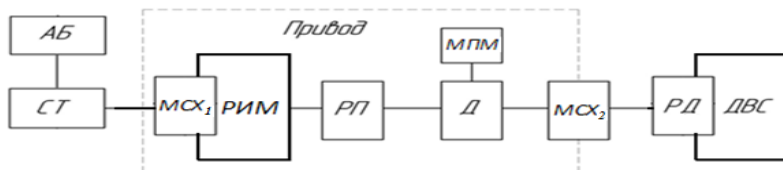


Рисунок 1 – Структурная схема СЭСП с РИМ

АБ – аккумуляторная батарея; СТ – стартер; РИМ – резервная инерционная масса; РП – редуктор понижающий; МСХ1 – роликовая муфта свободного хода системы СТ-РИМ; Д – дифференциал; РД – редуктор системы привод-двигатель; МПМ – муфта предельного момента; МСХ2 – роликовая муфта свободного хода системы привод-двигатель

1. При включении электродвигателя стартера 1 (рисунок 2) через роликовую муфту свободного хода 2 (МСХ₁ на рисунок 1) происходит вращение маховика 3 (РИМ), с которым жестко связана ведущая шестерня понижающего редуктора привода 4, от которой вращение передается на другую шестерню и корпус 13 дифференциала 5. На выходных валах дифференциала с одной стороны находится муфта предельного момента 14, управляемая рычагом 15 и шлицевой муфты 16, в которой свободно вращается один из валов дифференциала с дисками роторной части МПМ при раскручивании маховика двигателя. Другой вал через МСХ₂ 10 жестко связан с шестерней привода 9 основного редуктора системы СТ-РИМ-ДВС (РД), у которого шестерня 6 является зубчатым венцом маховика 8 двигателя 7. Шестерня 9 и МСХ₂ 10 конструктивно объединены и предназначены для уменьшения динамических нагрузок в дифференциале и понижающем редукторе при пуске двигателя.

2. Процесс пуска двигателя электроинерционным стартером такой конструкции происходит в следующей последовательности:

1) с помощью электромагнитного тягового реле, рычага 12 и шлицевой муфты 11 шестерня привода стартера 9 совместно с МСХ₂ 10 вводится в зацепление с зубчатым венцом маховика двигателя 6.

2) включается электродвигатель стартера 1 и происходит раскручивание РИМ до заданных оборотов. При этом вместе с РИМ вращаются: шестерни понижающего редуктора, корпус, два са-

теллита, одна ведомая шестерня и ведомый вал дифференциала с роторными частями МПМ.

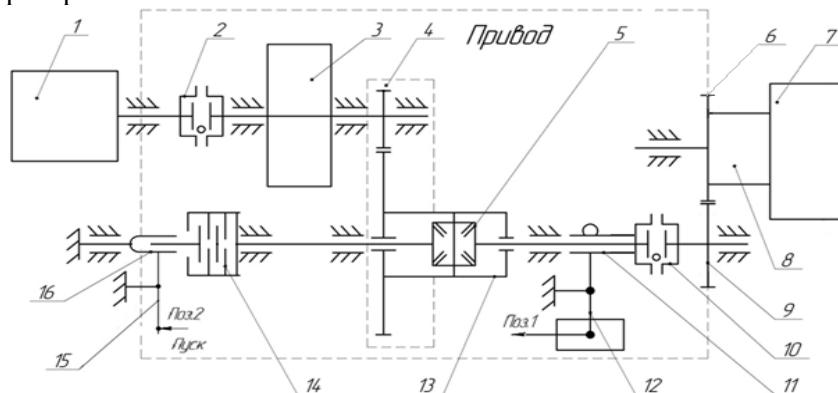


Рисунок 2 – Кинематическая схема СЭСП с резервной инерционной массой

3) автоматически или ручным способом с помощью рычага 15 посредством шлицевой муфты 16 происходит включение управляемой муфты предельного момента 14 (поз. 2 режима «пуск»), соединяющей свободно вращающийся до этого момента второй вал дифференциала с роторными частями МПМ со статорными, то есть с корпусом привода. Дифференциал в этом случае перераспределяет накопленную в РИМ кинетическую энергию и направляет её по двум потокам: первый поток посредством буксования МПМ замыкается на корпус привода, а второй – через редуктор привода стартера плавно передаётся маховику двигателя, в результате чего начинает прокручиваться коленчатый вал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным достоинством инерционных стартеров такой конструкции является значительное снижение динамических нагрузок привода и меньшая мощность электродвигателя, по сравнению со стартерами традиционной конструкции, что даёт возможность применения аккумуляторных батарей меньшей ёмкости. Это позволит производить электростартерный пуск двигателей при более низких температурах и значительно уменьшить расход меди и свинца для производства СЭСП дизельных двигателей большегрузных автомобилей, тракторов и специальной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пусковые качества и системы пуска автотракторных двигателей / С. М. Квайт, Я. А. Менделевич, Ю. П. Чижков. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.

Представлено 14.04.2022

УДК 621.43

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСЧЕТА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ТУРБОКОМПРЕССОРА

AUTOMATION OF PROCESS OF ACCOUNT OF A WORKING PROCESS OF A TURBOCOMPRESSOR

Хакимов Ж. О., канд. техн. наук, доц., **Рузметов А. А.**, магистрант,

Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Узбекистан

J. Khakimov, PhD, Associate Professor, A. Ruzmetov, Master Student, Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

В статье описывается методика расчета и исследования показателей турбины и компрессора, что позволяет оптимизировать эти параметры, улучшить мощностные и экономические показатели двигателя.

The article describes the methodology for calculating and studying the performance of the turbine and compressor, which allows you to optimize these parameters, improve the power and economic performance of the engine.

Ключевые слова: узел, двигатель, характеристика, эксперимент, показатель, турбокомпрессор, турбина, интерфейс.

Keywords: unit, engine, characteristic, experiment, indicator, turbocharger, turbine, interface.

ВВЕДЕНИЕ

На кафедре «Энергомашиностроение и профессиональное образование» Ташкентского Государственного технического универси-

тета проводятся ряд научно-исследовательских работ по разработке САПР поршневых ДВС.

Одним из наиболее перспективных способов повышения качества сокращение сроков разработки, доводки и подготовки серийного выпуска двигателей внутреннего сгорания автоматизация процесса проектирования, отдельных узлов и всего двигателя в целом с помощью системы автоматизированного проектирования двигателя внутреннего сгорания – САПР ДВС на основе широкого внедрения вычислительной техники и использования проблемно-ориентированного программных комплексов. Таким образом, уже на стадии начальных конструкторских проработок оценивается качество, работоспособность и характеристика работы, как элементов, так и всей конструкции. При этом приходится иметь дело не с реальным, а с условным двигателем, выпуск которой менее трудоемкий и дешевле, чем изготовление экспериментального двигателя.

РАСЧЕТ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ТУРБОКОМПРЕССОРА

Нами описаны физические и математические модели, составлены алгоритмы и программа автоматизированного расчета турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания так как форсирование современных двигателей внутреннего сгорания, необходимость улучшения их экономических и мощностных показателей предполагает применение наддува для автомобильных и тракторных двигателей наиболее энергосберегающая конструкция агрегата наддува является турбокомпрессор, поэтому разработанная нами методика включает в себя расчет и исследование показателей турбины и компрессора, что позволило в итоге оптимизировать эти параметры, улучшить мощностные и экономические показатели двигателя.

Расчеты рабочего процесса турбокомпрессора сложны и громоздки, поэтому их выполнение может быть выполнено наиболее эффективно только с применением современных компьютеров. Разработанная нами методика позволяет не только эффективно получать результаты, но и улучшать показатели двигателя по ходу выполнения расчетов, так как программы составлены модульно, а вся работа с ними организована в режиме активного диалога. Кроме того, программа позволяет исследовать влияние различных вводимых данных на протекание рабочего процесса в цилиндрах

двигателя, помогая пользователю выбирать наиболее рациональные значения при решении данной конкретной задачи.

Процесс установки и настройки программы предельно прост. Программа не требует выполнения никаких настроек и работает сразу после загрузки программы. Программа предоставляет широкий спектр возможностей и отличается дружественным интерфейсом пользователя. Используя данную программу, можно быстро загружать в персональный компьютер информацию рассчитываемого двигателя с турбокомпрессором для дальнейшего редактирования и хранения. При загрузке программы пользователю только необходимо ввести основные данные и следить за текущим расчетом и выводом графиков. Если пользователя не устраивают какие-либо промежуточные результаты расчета, он может отменить текущий этап расчета и вернуться к предыдущим этапам вплоть до начала расчета с корректировкой введенных данных и продолжить расчет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная нами методика позволяет не только эффективно получать результаты, но и улучшать показатели двигателя по ходу выполнения расчетов, т.к. программы составлены модульно, а вся работа с ними организована в режиме активного диалога. После завершения каждого этапа расчета у конструктора есть возможность оптимизировать значения вводимых в данный этап расчета исходных данных и тем самым получать оптимальные решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Двигатели внутреннего сгорания. Компьютерный практикум. Моделирование процессов в ДВС / под ред. В. Н. Луканина. М.: Высшая школа, 2007. – 414 с.
2. Тулаев, Б. Математическое моделирование процессов теплообмена в ДВС. Монография / Б. Тулаев. – Ташкент: Adabiyot uchquni, 2018. – 176 с.
3. Mathematical modeling of transfer of the moment from the engine to the executive mechanism / F. M. Matmurodov [et. al] // «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. – Austria. – № 3. – 2017. – P. 75–77.

Представлено 14.04.2022

УДК 621.43; 681.3

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИВЕДЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ИСПЫТУЕМОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРА-
НИЯ К СТАНДАРТНЫМ АТМОСФЕРНЫМ УСЛОВИЯМ**

**AUTOMATION OF REDUCING THE INDICATORS
OF THE TESTED INTERNAL COMBUSTION ENGINE
TO STANDARD ATMOSPHERIC CONDITIONS**

Хакимов Ж. О., канд. техн. наук, доц.,

Курбанов А. М., магистрант,

Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Узбекистан

J. Khakimov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

A. Kurbanov, Master Student,

Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

Работа ставит своей целью автоматизацию приведения показателей испытуемого двигателя внутреннего сгорания к стандартным атмосферным условиям. Автоматизация этого процесса с использованием персонального компьютера существенно облегчает выполнение расчетов, делает его более достоверным и наглядным, заметно сокращает время получения искомых результатов. Работа является частью работ, выполняемых на кафедре «Энергомашиностроение и профессиональное образование» Ташкентского государственного технического университета по разработке патентов прикладных программ по САПР ДВС.

The work aims to automate the reduction of the parameters of the tested internal combustion engine to standard atmospheric conditions. Automation of this process using a personal computer significantly facilitates the execution of calculations, makes it more reliable and visual, significantly reduces the time to obtain the desired results. The work is part of the work carried out at the department "Power Engineering and Vocational Education" of the Tashkent State Technical University for the development of patents of applied programs for CAD internal combustion engines.

Ключевые слова: автоматизация, двигатель, показатели, атмосферные условия, программа.

Keywords: automation, engine, indicators, atmospheric conditions, program.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно ГОСТ 14846-81 и ГОСТ 18509-80 мощность, крутящий момент, среднее эффективное давление двигателя внутреннего сгорания, а для дизелей – и расход топлива на определенных режимах испытания – должны приводиться к стандартным атмосферным условиям.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При приведении показателей испытуемого двигателя к стандартным атмосферным условиям без использования ЭВМ часть вводных параметров определяется по номограмме, что отрицательно влияет на точность получаемого результата, а также не позволяет автоматизировать процесс расчета. Поэтому мы в программе использовали аналитические выражения, на основе которых получены номограммы.

Например, для тракторных, комбайновых и автомобильных дизелей, приведенные мощность N_{eo} , кВт, крутящий момент M_{ko} , Н·м, среднее эффективное давление p_{eo} , МПа, часовой расход топлива $G_{то}$, кг/ч, удельный эффективный расход топлива g_{eo} , г/кВт·ч определяются следующими выражениями:

$$\begin{aligned} N_{eo} &= K_N \cdot N_e; & M_{ko} &= K_N \cdot M_k; & p_{eo} &= K_N \cdot p_e; \\ M_{ko} &= K_N \cdot M_k; & G_{mo} &= K_{Gm} \cdot G_m; & g_{eo} &= K_{ge} \cdot g_e. \end{aligned}$$

Коэффициенты приведения определяли по следующим аналитическим зависимостям:

$$K_N = \frac{0,823 \cdot (0,83)}{\rho_{T25} \cdot (1 - K_B \cdot B_{okp}) \cdot (1 - K_{tB} \cdot t_{okp}) \cdot (1 - K_{tT} \cdot t_T)};$$

$$K_{GT} = \frac{0,823 \cdot (0,83)}{\rho_{T25} \cdot (1 - K_{tT} \cdot t_T)};$$

$$K_N = (1 - K_B \cdot B_{okp}) \cdot (1 - K_{tB} \cdot t_{okp}).$$

За стандартные атмосферные условия принимают: барометрическое давление 100 кПа; температуру воздуха +25 °С, относительную влажность – 50 %.

Для тракторных и комбайновых двигателей величина определяется по выражению:

$$\Delta B_{okp} = 100 - B_{okp} + \alpha \cdot \varphi \cdot (0,01 \cdot p_s - 1,6).$$

Для автомобильных дизелей:

$$\Delta B_{okp} = 100 - (B_{okp} - p_s).$$

После разработки математической модели приведения составим алгоритмы решения поставленной задачи на основе которых разработали пакет прикладных программ PrivStandart.

При разработке программного обеспечения PrivStandart старались удачно сочетать новейшие информационные технологии с реализацией полноценного интерфейса.

PrivStandart обеспечивает более точный результат приведения параметров двигателя к стандартным атмосферным условиям в сочетании с удобным выводом результатов расчета и промежуточных значений вплоть до вывода графиков поправочных коэффициентов и получения в конце расчета скоростных характеристик двигателя с возможностью масштабирования на персональном компьютере под управлением ОС Windows. Процесс установки и настройки PrivStandart предельно прост. PrivStandart не требует выполнения никаких настроек и работает сразу после загрузки программы. Программное обеспечение PrivStandart предоставляет широкий спектр возможностей и отличается дружелюбным интерфейсом пользователя. Используя PrivStandart, можно быстро загружать в ПК

информацию исследуемого двигателя для дальнейшего редактирования, хранения и приведения введенных параметров к стандартным атмосферным условиям. При загрузке программы пользователю только необходимо ввести основные данные двигателя (число цилиндров двигателя, тактность, рабочий объем цилиндра и т. д.) и параметры приведения (мощность, крутящий момент и т. д.) и следить за текущим расчетом, выводом графиков и найденных по ним поправочных коэффициентов. Если пользователя не устраивают какие-либо промежуточные результаты расчета, он может отменить текущий этап расчета и вернуться к предыдущим этапам вплоть до начала расчета с корректировкой введенных данных и продолжить просчет приведения параметров двигателя к стандартным атмосферным условиям. В конце расчета, результаты программы выводятся как в таблице окна промежуточных результатов, так и в окне параметров приведения для возможности сравнения и анализа с введенными значениями параметров двигателя. После расчета параметров приведения двигателя к стандартным атмосферным условиям, у пользователя есть возможность ввести при помощи таблицы значений параметров двигателя при различных режимах работы на основе которых будет построены скоростные характеристики двигателя. Скоростные характеристики двигателя для полного удобства выведены в отдельном окне и позволяют пользователя проанализировать тот или иной участок кривых в произвольном увеличенном масштабе. PrivStandart оснащена сохранением данных проекта, что предотвращает потерю данных и набивку идентичных значений основных параметров двигателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная нами пакет прикладных программ PrivStandart обеспечивает более точный результат приведения параметров двигателя к стандартным атмосферным условиям в сочетании с удобным выводом результатов расчета и промежуточных значений вплоть до вывода графиков поправочных коэффициентов и получения в конце расчета скоростных характеристик двигателя с возможностью масштабирования на персональном компьютере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mathematical modeling of transfer of the moment from the engine to the executive mechanism // «East West» / F. M. Matmurodov [ect.]. – № 3–4.2017 (March–April). – P. 75–77.

2. Тулаев, Б. Р. Основы автоматизированного проектирования: Материальное и программное обеспечение САПР / Б. Р. Тулаев, Е. А. Елин, Ж. О. Хакимов. – Т.: ТашГТУ, 2004.

3. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС: Алгоритмы прикладных программ: учеб. пособие для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Р. М. Петриченко [и др.]; под общ. ред. Р. М. Петриченко. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отделение, 1990.

Представлено 14.04.2022

УДК 656.1

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДАЧИ ВОДОРОДА И ОЗОНА В ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

RESULTS OF SUPPLYING HYDROGEN AND OZONE TO THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Насиров И. З., канд. техн. наук, доц.,
Тешабоев У. М., стажер-исследователь
Андижанский машиностроительный институт,
г. Андижан, Республика Узбекистан
I. Nasirov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
U. Teshaboev, Trainee Researcher,
Andijan Machine-Building Institute, Andijan, Republic
of Uzbekistan

В разработанном электролизере с помощью электрической силы тока 35 А и напряжения 12 В расщепляется вода на водород и кислород. Водород направляется напрямую в двигатель, а кислород – в озонатор а затем в двигатель. Это обеспечивает увеличение мощности двигателя на 15–20 %, снижение расхода

топлива на 20–30 % и снижение выхода окиси углерода в проработавших газах на 50–60 %.

In the developed electrolyzer, with the help of an electric current of 35 A and a voltage of 12 V, water is split into hydrogen and oxygen. Hydrogen is sent directly to the engine, and oxygen is sent to the ozonizer and then to the engine. This provides an increase in engine power by 15–20 %, a reduction in fuel consumption by 20–30 % and a decrease in the release of carbon monoxide in exhaust gases by 50–60 %.

Ключевые слова: двигатель, топливо, газ Брауна, водород, кислород, электролизер, сила тока, напряжение, озонатор, сгорание топлива, мощность двигателя, расход топлива.

Keywords: engine, fuel, brown's gas, hydrogen, oxygen, electrolyzer, current strength, voltage, ozonizer, fuel combustion, engine power, fuel consumption.

ВВЕДЕНИЕ

Для полного сгорания топлива в двигателе внутреннего сгорания (далее двигатель) необходимо полное наполнение цилиндра воздухом и образование стехиометрической смеси. При сгорании смеси стехиометрического состава должны образоваться безвредные двуокись углерода CO_2 и водяной пар, а при нехватке воздуха вследствие того, что часть топлива сгорает неполностью- дополнительно токсичные окись углерода CO , несгоревшие углеводороды CН_x и азотные оксиды [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В связи с этим, появляется необходимость находить альтернативные, более экономичные методы использования углеводородных топлив, которые могли бы приносить людям доход в условиях происходящих климатических изменений и восстанавливать нормальное состояние и функции экосистем. Такой альтернативой в существующей системе использования топлив может быть использование газа Брауна, состоящего из водорода и кислорода.

В разработанном электролизере с помощью электрической силы тока 35 А и напряжения 12 В расщепляется вода на водород и кислород (рисунок 1).

Как показали опыты, нет необходимости в полной замене традиционного топлива, достаточно ввести в него 1–6 % газа Брауна (по массе), и процессы сгорания топлива существенно улучшаются, а именно, увеличивается эффективность двигателя, улучшаются его экологические характеристики [2].



Рисунок 1 – Устройство для подачи водорода и озона в двигатель внутреннего сгорания

Водород через первую трубку установленной в верхней части направляется в воздушный шланг и далее в впускной коллектор двигателя, а кислород через вторую трубку направляется в озонатор. В озонаторе кислород превращается в озон за счет высокого напряжения (30–40 кВ), полученного посредством специального электронного блока, который преобразует штатное напряжение 12 В [3, 4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Водород в цилиндрах двигателя хорошо горит, а озон O_3 смешивается с поступающим воздухом и подается в цилиндры двигателя. Такая горючая смесь обеспечивает полное наполнение цилиндров и полное сгорание топлива и тем самым увеличивает мощность двигателя на 15–20 %, снижает расход топлива на 20–30 % и выход окиси углерода в отработавших газах на 50–

60 %. Наблюдается исчезновение сажи в цилиндрах и увеличение срока службы моторного масла до 20 % [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Высокоэффективный реактор с электролизером для двигателя внутреннего сгорания / И. З. Насиров [и др.] // Просвещение и познание. – 2022. – № 1 (8).

2. Алексеев, В. А. Предотвращение экологической опасности объектов автотранспортной инфраструктуры. /В. А. Алексеев. – Интерактивная наука, 2016.

3. Озонная смесь для двигателя внутреннего сгорания / И. З. Носиров [и др.] // Вестник АСТА Туринского политехнического университета в городе Ташкенте. – 2014. – Т. 4. – с. 55–59.

4. Двигателга озон аралашмасини узатишнинг самарадорлиги / И. З. Носиров [и др.] // Мукобил энергия манбаларидан фойдаланишнинг долзарб муаммолари мавзусидаги республика илмий-техник анжумани материаллари. – 2014. –с. 28–29.

5. Использование синтеза газа на борту автомобиля / И. З. Насиров [и др.] // Международная научно-практическая конференция «Инновационные подходы в современной науке», Т. 3. – С. 78–80.

Представлено 14.04.2022

УДК 004.021

РАСЧЕТ ВНЕШНЕЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ В ПРОГРАММЕ MATLAB

CALCULATION OF ENGINE EXTERNAL SPEED DESCRIPTION IN MATLAB PROGRAM

Билолдинов Х. З., асс., Абдусаматов Ф. Г., асс.,

Андижанский машиностроительный институт,

г. Андижан, Республика Узбекистан

H. Biloldinov, Assistant, Abdusamatov F., Assistant,

Andijan machine-building institute, Andijan, Republic of Uzbekistan,

В данной работе внешние скоростные характеристики двигателя рассчитаны с помощью компьютерных программ и представлены графически.

In this paper, the external speed characteristics of the engine are calculated using computer programs and expressed graphically.

Ключевые слова: транспортное средство, применение, угловая скорость, мощность двигателя, коэффициенты полинома, оси координат.

Keywords: car, program, angular velocity, engine power, polynomial coefficients, coordinate axes.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развитие автомобильной промышленности находится на высоком уровне. Причина в том, что спрос населения на автомобили растет. В развитых странах большая конкуренция в автомобильной промышленности, выпускающей комфортные и современные автомобили во всех отношениях. Основным источником энергии автомобиля является двигатель, и для его разработки ведется много исследований.

С помощью компьютерной программы мы рассчитали внешний рейтинг двигателя (на примере Nexia 3).

МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ

Внешняя скоростная характеристика определяется по изменению углового ускорения вала двигателя, или тяга

на ведущих колесах рассчитывается по изменению скорости автомобиля на каждой передаче.

Расчет внешней скоростной характеристики двигателя:

$$\omega_N = \pi \cdot \frac{n_N}{30}; \quad \omega_M = \pi \cdot \frac{n_M}{30};$$

где ω_M –угловая скорость в режиме максимального момента M_{max} , N_{max} , ω_N – максимальная мощность двигателя и соответствующая ей угловая скорость.

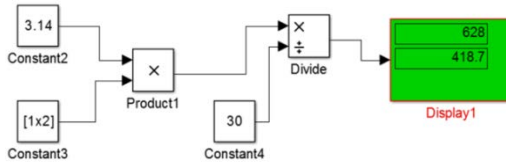


Рисунок 1 – Рассчитывается в МАТЛАБ [3]

$$\omega_{emin} = (0,15...0,2) \cdot \omega_N; \quad \omega_{emax} = (1,15...1,15) \cdot \omega_N$$

$$M_N = \frac{N_{max} \cdot 1000}{\omega_N}; \quad K_M = \frac{M_{max} \cdot 1000}{M_N},$$

где: K_M – коэффициент гибкости двигателя по крутящему моменту:

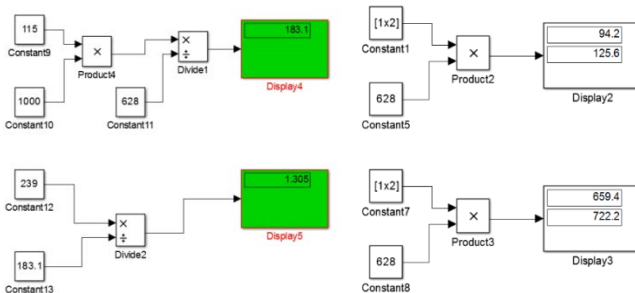


Рисунок 2 – Рассчитывается в МАТЛАБ

$$\delta = (\omega_{emax} - \omega_{emin}) / v.$$

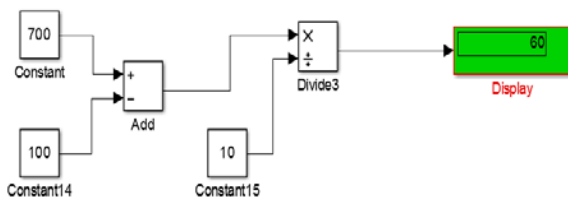


Рисунок 3 – Рассчитывается в МАТЛАБ

Принято $v=8\dots15$, $\omega_{e(n+1)} = \omega_{emin} + n \cdot \delta$,

где n задается значениями от 0 до 10;

ω_e , M_e , N_e – угловая скорость, крутящий момент и мощность на валу двигателя соответственно.

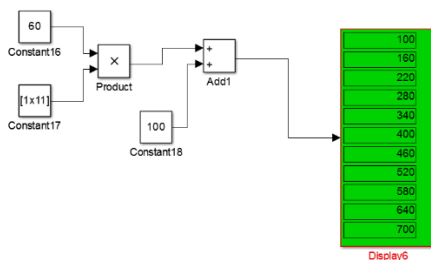


Рисунок 4 – Рассчитывается в МАТЛАБ

Полиномиальные коэффициенты внешней скоростной характеристики двигателя автомобиля находятся следующим образом:

$$a = K_M - \omega_M^2 \cdot \frac{K_M - 1}{(\omega_N - \omega_M)^2}; \quad b = 2 \cdot \omega_M \cdot \frac{1 - a}{2 \cdot \omega_M - \omega_N};$$

$$c = (-b \cdot \omega_N) / (2 \cdot \omega_M)$$

где a , b , c – коэффициенты полинома внешней скоростной характеристики двигателя;

Крутящий момент двигателя автомобиля находится следующим образом:

$$M_{e.n} = M_N \cdot (a + b \cdot (\omega_{e.n} / \omega_N) + c \cdot (\omega_{e.n} / \omega_N)^2), \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Эффективная мощность автомобильного двигателя находится по формуле:

$$N_{e.n} = M_{e.n} \cdot \omega_{e.n} / 1000, \text{ кВт}$$

Примечание: Крутящий момент и эффективная мощность двигателя автомобиля рассчитываются 11 раз. Это связано с тем, что $\omega_{e.n}$ – это значение угловой скорости на валу двигателя, которое имеет 11 значений.

Для построения графика внешней скоростной характеристики двигателя по оси ординат откладывают значения N_e и M_e , а по оси абсцисс – значение ω_e , и полученные точки соединяют соответствующим образом (рисунок 5). Находится частота оборотов в точках M_{emax} и N_{emax} .

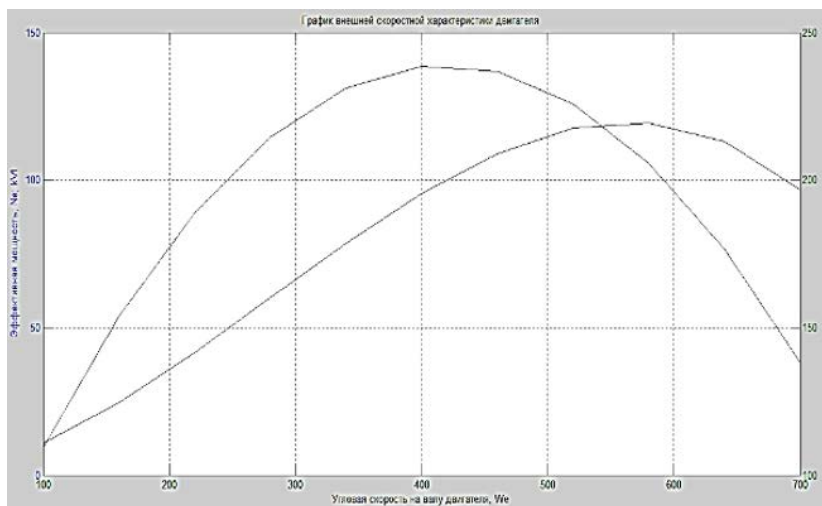


Рисунок 5 – График внешней скоростной характеристики двигателя

Находим значение M_N на графике и сравнивают с расчетным значением (разница не должна превышать 4 %) для обеспечения точности (график 1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программа расчета разработана путем копирования всех формул, используемых MATLAB. Другие автомобильные двигатели можно рассчитать с помощью этой программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роговцев, В. Л. Устройство и эксплуатация автотранспортных средств / В. Л. Роговцев, А. Г. Пузанков, В. Д. Олдфильд. – М. : Транспорт, 1991. – 432 с.
2. Кирше, Х. Я. Легковой автомобиль от А до Я / Х. И. Кирше. – М. : Транспорт, 1988. – 176 с.
3. Griffiths, D. F. An Introduction to Matlab Version 2.3 / D. F. Griffiths. – The University Dundee DD1 4HN, 2005.

Представлено 14.04.2022

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВВОДА ПРИСАДКИ В ТОПЛИВО
ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИЗЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

**EQUIPMENT FOR INTRODUCING FUEL ADDITIVES
FOR OPERATION OF DIESEL EQUIPMENT
AT LOW TEMPERATURES**

Иовлева Е. Л.¹, канд. техн. наук, доц.,

Филиппова Н. А.², д-р. техн. наук, доц.,

¹Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

²Московский автомобильно-дорожный институт (МАДИ),
г. Москва, Россия

E. Iovleva¹, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

N. Filippova², Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

¹North-Eastern Federal University. M.K. Ammosova, Yakutsk, Russia

²Moscow Automobile and Road Institute (MADI), Moscow, Russia

В Республике Саха (Якутия) функционируют множество автомашин для перевозки продовольствия и товаров первой необходимости. Как правило, по таким дорогам, ездят автомобили, работающие на дизельном двигателе. Несмотря на трудности в эксплуатации дизельной техники в экстремально низких температурах, дизельная техника, намного мощнее и экономичнее бензиновых. Проблемы с запуском и работой дизельного двигателя, связаны с низкотемпературными свойствами дизельного топлива. В статье мы рассмотрели возможность разработки переносного оборудования для ввода и смешивания депрессорной присадки с топливом в реальных условиях Крайнего Севера.

In the Republic of Sakha (Yakutia) there are many winter roads for the transportation of food and essential goods. As a rule, cars running on a diesel engine drive on such roads. Despite the difficulties in operating diesel vehicles in extremely low temperatures, diesel vehicles are much more powerful and economical than gasoline ones. Problems with the start and operation of a diesel engine are associated with the

low-temperature properties of diesel fuel. In the article, we considered the possibility of developing portable equipment for introducing and mixing a pour point depressant with fuel in the real conditions of the Far North.

Ключевые слова: дизельная техника, депрессорно-диспергирующая присадка, оборудование для смешивания присадки, районы Крайнего Севера и Арктической зоны.

Key words: diesel equipment, depressant-dispersant additive, additive mixing equipment, regions of the Far North and the Arctic zone.

ВВЕДЕНИЕ

Большие промышленные компании такие как АО «Алмазы Анабара», так и небольшие компании как ООО «Эльгауголь» расположенные в Северных районах Республики Саха (Якутия) имеют в своем материально-технической базе большое количество грузовой, строительной и дорожной техники импортного производства. Очень часто такие промышленные предприятия сталкиваются с дефицитом качественного топлива [1]. Применение некачественного топлива приводит к повышенному расходу дизельного топлива, выводит из строя дорогие детали ТНВД, а также уменьшает его ресурс. В таких условиях встает задача самостоятельного доведения эксплуатационных свойств дизельного топлива до нужных параметров, особенно в зимний период. Многими исследователями доказано, что правильно выбранная концентрация депрессорно-диспергирующих присадок максимально снижает температуры застывания и предельную температуру фильтрации дизельного топлива [2, 3].

Цель этой статьи перспективность разработки оборудования для ввода присадки в дизельное топливо. Такой способ удобен, если отсутствует возможность ввода депрессорно-диспергирующей присадки на этапе производства дизельного топлива на НПЗ.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВВОДА ПРИСАДКИ В ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

Такое оборудование позволяет получить из летнего сорта дизельного топлива в зимний и даже арктический, за счет дозированного ввода и смешивания депрессорно-диспергирующей присадки [4].



Рисунок 1 – Схема установки для смешивания депрессорной присадки в полевых условиях

На рисунке 1 мы видим, что разрабатываемая установка, должна иметь 2 резервуара и оборудование для ввода и смешивания депрессорной присадки. В первой емкости должна храниться исходное топлива, по своим размерам она должна быть больше второй емкости в 2 раза, чтобы работа проходила без остановки. Во второй емкости хранится готовое топливо с присадкой, особое внимание нужно уделить седиментационной устойчивости дизельного топлива во избежание донных отложений. У самого оборудования для ввода и смешивания присадки есть несколько отдельных блоков, более подробно показана на рисунке 2.



Рисунок 2 – Блок-схема оборудования для ввода и смешивания

В проектируемом оборудовании для ввода и смешивания депрессорной присадки должна быть запорная арматура и насос-дозатор. Для достижения максимальной депрессии необходим

подогрев топлива при перекачке из емкости 1 в емкость 2, а также необходим подогрев самой присадки, таким образом, должна быть система подогрева топлива, эта система желательна должна состоять из различных источников тепла, таких как котел, горелка и т. д. Система фильтрации зависит от условий хранения и транспортировки топлива, для этих целей, возможно, использование простого сетчатого фильтра грубой очистки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования в этом направлении будут продолжены. Это не только схематичное разработка оборудования, но и создание экспериментальной установки для эффективного функционирования дизельной техники в районах Крайнего Севера и Арктической зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности эксплуатации дизельных двигателей в зимний период / О. М. Костиков [и др.] // Актуальные направления научных исследований для эффективного развития АПК. – 2020. – С. 223–226.

2. Иовлева, Е. Л. Получение низкозастывающих дизельных топлив на примере талаканской нефти / Е. Л. Иовлева, М. П. Лебедев. – Якутск, 2016.

3. Воздействие депрессорно-диспергирующей присадки Dewaxol 7801 на летнее дизельное топливо / Е. Л. Иовлева // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – Т. 83, №. 2. – С. 180–183.

4. Депрессорная присадка к нефтепродуктам / Т. Ф. Ганиева [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2007. – №. 4. – С. 30–32.

Представлено 18.04.2022

УДК 621.431

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВОПОДАЧЕЙ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

FUEL SUPPLY CONTROL SYSTEMS FOR GASOLINE
ENGINES

Исмаев Ж. Ф., доц., **Рахмонов Х. Б.**, магистрант,
Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Узбекистан
Zh. Ismatov, Associate Professor, H. Rakhmonov B., Master's
student,
Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

В данной работе анализировались системы управления топливоподачей бензиновых двигателей.

In this paper, the fuel supply control systems of gasoline engines were analyzed.

Ключевые слова: расход топлива, токсичность, экология, подача топлива, двигатель, бензин, экономика.

Keywords: fuel consumption, toxicity, ecology, fuel supply, engine, gasoline, economy.

ВВЕДЕНИЕ

В Постановлении Президента Республики Узбекистан от 10 июля 2020 года № ПП-4779 «О дополнительных мерах по повышению энергоэффективности экономики и снижению зависимости отраслей экономики от топлива – энергетической продукции за счет привлечения имеющихся ресурсов» утверждена дорожная карта по повышению энергоэффективности и экономии топливно-энергетических ресурсов на крупных энергоемких предприятиях отраслей экономики [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основными направлениями совершенствования бензиновых двигателей являются [2, 3]:

- а) снижение расхода топлива;

- б) снижение токсичности отработавших газов;
- в) повышение мощности двигателя.

Для реализации этих требований на современных бензиновых двигателях применяются следующие системы:

а) система непосредственного впрыска топлива обеспечивает впрыск топлива непосредственно в камеру сгорания;

б) впускная система характеризуется дроссельной заслонкой с электрическим приводом и впускными заслонками на каждый цилиндр;

в) турбонаддув является достаточно эффективной системой повышения мощности бензинового двигателя, основывающейся на сжатии всасываемого воздуха с помощью энергии отработавших газов;

г) система изменения фаз газораспределения обеспечивает эффективную работу газораспределительного механизма в разных режимах работы двигателя (холостой ход, низкие обороты, высокие обороты);

д) электронная система зажигания является наиболее совершенной системой воспламенения топливно-воздушной смеси бензинового двигателя, в которой создания и распределение тока высокого напряжения по цилиндрам двигателя осуществляется посредством электронных компонентов - датчиков и блока управления;

е) выпускная система помимо выпуска отработавших газов в значительной степени снижает и их токсичность;

ж) система рециркуляции отработавших газов способствует снижению токсичности отработавших газов. Система уменьшает содержание в отработавших газах оксида азота путем возврата их части во впускной коллектор;

з) электронных систем автоматического управления топливоподачей бензиновых двигателей применяется для снижения токсичности отработавших газов и повышения топливной экономичности двигателей внутреннего сгорания.

Электронных систем автоматического управления позволяют оптимизировать процесс смесеобразования и делают возможным применение трехкомпонентных нейтрализаторов, эффективно работающих при постоянном коэффициенте избытка воздуха, а близком к $\alpha = 1$ [4, 5].

Электронных систем автоматического управления двигателем, позволяют повысить приемистость автомобиля, надежность холодного пуска, ускорить прогрев и увеличить мощность двигателя.

Электронных систем автоматического управления топливоподачей бензиновых двигателей разделяют на системы впрыска (во впускной трубопровод или непосредственно в камеру сгорания) и карбюраторные системы с электронным управлением.

Большее распространение получили системы впрыска во впускной трубопровод. Они разделяются на системы с впрыском в зону впускных клапанов и с центральным впрыском (рисунок 1, где: а – центральный впрыск; б – распределенный впрыск в зону впускных клапанов; в – непосредственный впрыск в цилиндры двигателя; 1 – подача топлива; 2 – подача воздуха; 3 – дроссельная заслонка; 4 – впускной трубопровод; 5 – форсунки; 6 – двигатель).

Система с впрыском в зону впускных клапанов (другое название распределенный или многоточечный впрыск) включает в себя количество форсунок равное числу цилиндров, система с центральным впрыском – одну или две форсунки на весь двигатель.

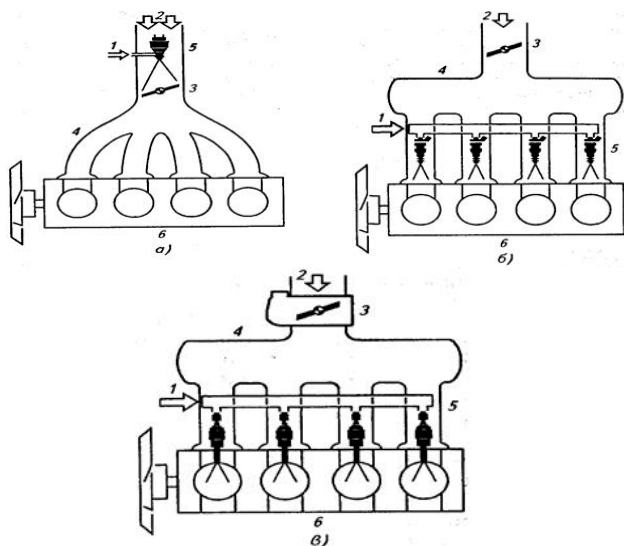


Рисунок 1 – Системы подачи топлива

Форсунки в системах с центральным впрыском устанавливаются в специальной смесительной камере, откуда полученная смесь рас-

пределяется по цилиндрам. Подача топлива форсунками в системе распределенного впрыска может быть согласована с процессом впуска в каждый цилиндр (фазированный впрыск) и несогласованная – форсунки работают одновременно или группой (не фазированный впрыск).

Системы с непосредственным впрыском из-за сложности конструкции долгое время не применялись на бензиновых двигателях. Однако ужесточение экологических требований к двигателям делает необходимым развитие этих систем.

Современные электронные системы автоматического управления двигателем объединяют в себе функции управления впрыском топлива и работой системы зажигания, поскольку принцип управления и входные сигналы (частота вращения, нагрузка, температура двигателя) для этих систем являются общими.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование электронных систем автоматического управления повышает надежность работы двигателя за счет обеспечения возможности его работы в «усеченном» режиме. В случае возникновения неисправности в одном или нескольких датчиках, блок управления определяет, что их показания не соответствуют действительности и отключает эти датчики. В «усеченном» режиме работы информация от неисправных датчиков замещается эталонным значением или косвенно рассчитывается по данным от других датчиков. Например, при неисправности датчика положения дроссельной заслонки его показания можно имитировать расчетом по частоте вращения коленчатого вала и расходу воздуха. При выходе из строя одного из исполнительных механизмов используется индивидуальный алгоритм обхода неисправности. При дефекте в цепи зажигания, например, отключается впрыск в соответствующий цилиндр, с целью предотвращения повреждения каталитического нейтрализатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Президента Республики Узбекистан от 10 июля 2020 года № ПП-4779 «О дополнительных мерах по повышению энергоэффективности экономики и снижению зависимости отраслей экономики от топлива – энергетической продукции за счет привлечения имеющихся ресурсов».

2. Neyachenko, I. Method of A/F Control during SI Engine Cold Start / I. Neyachenko. – SAE Pap. № 982521.

3. Метод оценки смесеобразования в бензиновых двигателях внутреннего сгорания / И. И. Неяченко // Авіаційно-космічна техніка і технологія: Зб. наук. праць. – Харків: ХАІ, 2003. – Вип.41/6. – С. 16–21.

4. Применение компьютерного моделирования в технологии калибровочных работ по холодному пуску двигателей ВАЗ / И. И. Неяченко [и др.] // Двигатели внутреннего сгорания. Всеукраинский научно-технический журнал. – Харьков, 2004. – С. 16–21.

5. The Effects of Targeting and Fuel Volatility on Fuel Dynamics in a PFI Engine During Warm-Up: Part 1 – Experimental Results / S. Russ [и др.]. – SAE Pap. № 982518.

Представлено 14.04.2022

УДК 621.431

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИЗМЕНЕНИЕ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ В ЖАРКО КЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА**

**ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING CHANGES IN THE
TECHNICAL CONDITION OF AVTOMOTIVE ENGINES IN THE
HOT CLIMATIC CONDITIONS OF UZBEKISTAN**

Каримходжаев Н. К., канд. техн. наук, доц.
Андижанский машиностроительный институт,
г. Андижан, республика Узбекистан
N. Karimkhodzhaev, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Andijan Machine-Building Institute, Andijan, Republic of
Uzbekistan

Представлены результаты работ по анализу факторов, влияющих на изменение технического состояния автомобильных двигателей в жарко климатических условиях их эксплуатации Узбекистана.

The results of work on the analysis of factors affecting the change in the technical condition of automobile engines in the hot climatic conditions of their operation in Uzbekistan are presented.

Ключевые слова: автомобиль, двигатель, техническое состояние, жарко-климатические условия, Узбекистан.

Keywords: car, engine, technical condition, hot climatic conditions, Uzbekistan.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобили и их двигатели при проектировании, как правило рассчитываются на работу в условиях умеренного климата, хотя и природно-климатические условия, особенно экстремальные случаи оказывают существенное влияние на надежность и износостойкость двигателей [1, 2, 3, 4]. Ниже представлены результаты работ, проведенных в Андижанском машиностроительном институте по изучению влияния природно климатических условий эксплуатации на изменение технического состояния автомобилей в жарко климатических условиях республики Узбекистан. Условие эксплуатации автомобилей в республике считается экстремальным, с высоким содержанием пыли в воздухе [1, 2].

Известно, что на изменение технического состояния двигателя основное влияние оказывают его конструкция, качество материалов, из которых изготавливаются детали, технология производства, качество топливно-смазочных материалов, условия работы двигателя и его деталей в эксплуатации, а также качество ТО и ремонта. В данной работе рассматривается влияние условий эксплуатации на изменение параметров технического состояния двигателей в республике Узбекистан.

Исследования последних 10–15 лет показали, что одним из основных эксплуатационных факторов, влияющих на техническое состояние автотракторных двигателей, является атмосферная пыль, поступающая в двигатель вместе с потребляемым воздухом, топливом и маслом, а также через неплотности в местах соединения деталей. Пыль, попадая в двигатель, вызывает интенсивный абразивный износ его деталей. Недооценка этого фактора при проектировании, испытании и эксплуатации двигателя может привести к неоправданно высоким затратам вследствие быстрого ухудшения технического состояния и сокращения долговечности. Основное

количество пыли попадает в двигатель через воздухоочиститель и чем больше количество пыли попадает в двигатель, тем быстрее изнашиваются детали. С увеличением коэффициента пропуска пыли воздухоочистителем резко повышается интенсивность изнашивания цилиндров (рисунок 1).

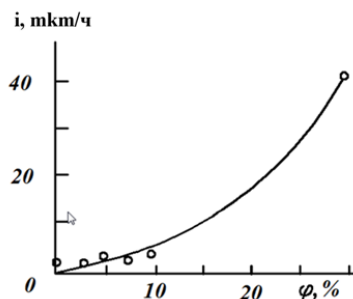


Рисунок 1 – Влияние коэффициента пропуска пыли (φ) воздухоочистителем на скорость изнашивания (i) цилиндров двигателя

Получено, что при работе двигателя на загрязнённом топливе существенно снижается его надёжность. Механические частицы, попадая с топливом в инжекционную систему питания и в карбюратор, вызывают отказ и изнашивание их деталей и агрегатов. Так, элементами, имевшими наибольшее число отказов, являлись инжектор и электрический бензонасос, средняя величина которых соответственно – 2,28 и 2,77 отказ/авт., а в карбюраторном двигателе до 47 % отказов элементов топливной аппаратуры, происходило из-за загрязнённости топлива. Это показывает, что техническое состояние двигателей тесно взаимосвязано с качеством топливо-смазочных материалов, дорожными, а также климатическими условиями эксплуатации. При высокой температуре и повышенной запыленности воздуха износ деталей двигателя, главным образом детали цилиндропоршневой группы интенсивно изнашиваются и в этих условиях преобладающее значение имеет абразивное изнашивание деталей [1, 2].

Какой бы совершенной не была конструкция двигателя, с увеличением продолжительности работы и истечением времени его техническое состояние претерпевает изменения, и это приобретает особую значимость для климатических условий республики Узбекистан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Условие эксплуатации автомобилей в республике считается экстремальным, с высоким содержанием пыли в воздухе.

2. Сильное влияние на интенсивность изменения технического состояния двигателей оказывает запылённость воздуха, загрязнённость топлива и масла. Пыль, попадая в двигатель, вызывает интенсивный абразивный износ его деталей. Недооценка этого фактора при проектировании, испытании и эксплуатации двигателя может привести к неоправданно высоким затратам вследствие быстрого ухудшения технического состояния и сокращения долговечности.

3. На интенсивность изнашивания двигателей решающее влияние оказывают природно – климатические и дорожные условия. При высокой температуре и повышенной запыленности воздуха износ деталей двигателя, главным образом детали цилиндропоршневой группы интенсивно изнашиваются и в этих условиях преобладающее значение имеет абразивное изнашивание деталей.

4. Какой бы совершенной не была конструкция двигателя, с увеличением продолжительности работы и истечением времени его техническое состояние претерпевает изменения, и это приобретает особую значимость для климатических условий эксплуатации автомобилей в республике Узбекистан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные причины, вызывающие износ деталей автотранспортных средств, эксплуатирующихся в различных природно-климатических условиях / Н. Каримходжаев [и др.] // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. – 2020. – № 5(74).

2. Каюмов, Б. А. Обеспечение надежности системы питания современных бензиновых двигателей в условиях жаркого климата / Б. А. Каюмов. – Андижан, Андижонашриёт – манбаа. – 2019. – 104с.

3. Конструктивные отличия и особенности Эксплуатация двигателей в экстремальных условиях / Шеховцев А. Ф. [и др.]. – Kovsh.com/library/ice/climatic conditions/ekspluadvigatелеkstremuslov, 2019.

4. Recommendations for Cleaning and Pretreatment of Heavy Fuel Oil Alfa Laval. – London, 2012. – 124 p.

Представлено 14.04.2022

УДК 621,436;631.372.004.17

**ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРНЫХ
ДИЗЕЛЕЙ В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИ-
ЯХ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

FEATURES OF THE OPERATION OF TRACTOR DIESEL EN-
GINES IN THE NATURAL AND CLIMATIC CONDITIONS
OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Мирзаев И. Г., канд. техн. наук, доц., **Зулунов З. Т.**, ст. преп.,
Яшаров М., магистрант **Халимов И.**, магистрант,
Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологии,
г. Куйганёр, Узбекистан

I. Mirzaev, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Z. Zulunov, Senior Lecturer,
M. Yasharov, Undergraduate, I. Khalimov, Undergraduate,
Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnology,
Kuiganer, Uzbekistan

В статье рассмотрены особенности эксплуатации тракторных двигателей в природно-климатических условиях Республики Узбекистан. Дан анализ температуры и запылённости окружающей среды, влияющей на работы тракторных двигателей. Изучен дисперсный состав пыли в различных областях и районах Средней Азии.

The article considers the features of the operation of tractor engines in the natural and climatic conditions of the Republic of Uzbekistan. An analysis of the temperature and dust content of the environment, which affects the operation of tractor engines, is given. The disperse composition of dust in various regions and districts of Central Asia has been studied.

Ключевые слова: трактор, эксплуатация, температура, природа, окружающая среда, запылённость, дизель, двигатель.

Keywords: tractor, operation, temperature, nature, environment, dustiness, diesel, engine.

ВВЕДЕНИЕ

Территория России обширна и характеризуется разнообразием природно-климатических условий эксплуатации машин. Поэтому одной из наиболее важнейших задач является приспособление машин и механизмов к этим условиям, что обеспечит высокую производительность, экономичность и качество выполняемых работ.

В «Системе машин» вся территория России разбита на 20 зон и 6 подзон. При этом учитываются и административное деление страны, и климатические особенности – среднее количество выпадающих осадков, продолжительность безморозного перепада, характеристика полей и условий работы машины – средняя длина гонов, размеры обрабатываемых участков, удельное сопротивление почвы, а также виды почв. Такое сложное совмещение различных характеристик привело к большому количеству зон, и все же при их составлении не были учтены такие важные для двигателей характеристики, как абсолютные годовые и суточные колебания температур и высота над уровнем моря.

В настоящее время системы районирования климатических зон пригодной для оценки влияния на уровень надежности работы тракторных двигателей еще не имеется. Для приближенной оценки этого показателя можно использовать систему районирования территории России по климатически-административным зонам, предложенную П. И. Кохом [6. 7].

ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Среднеазиатский регион относится к зоне сухого резкоконтинентального климата и занимает примерно 10 % по отношению к территории России (Южный Казахстан и все республики Средней Азии) [4, 11, 14].

Нами проводились исследования в хлопкосеящих хозяйствах Андижанской области республики Узбекистан. Узбекистан – один из крупнейших в мире производителей хлопка. По объему его производства в пересчете на волокно республика занимает второе место после США и дает стране столько хлопка, сколько производят его такие хлопкосеющие страны как Бразилия, Египет и Пакистан, вместе взятые [15]. Условия эксплуатации машин для хлопководства в этом климатическом регионе очень значительно отличаются

от условий работы в районах с умеренными климатическими условиями. Природно-климатические условия оказывают существенное влияние, прежде всего на работу двигателей внутреннего сгорания.

К особенностям природно-климатических условий эксплуатации тракторных дизелей в условиях Республики Узбекистан относятся:

- значительная концентрация запылённости воздуха;
- интенсивная солнечная радиация;
- высокая температура окружающего воздуха;
- пониженное атмосферное давление (особенно в горных зонах);
- низкая влажность воздуха (особенно в зонах пустынь).

Среднемесячные параметры воздуха в хлопкосеющих районах Узбекистана за последние годы приведены в работе С.М. Кадырова [4] (таблица 1). Природно-климатические условия района проведения исследований приведены в таблице 2, по результатам метеостанций «Андижан» [16]. Из таблицы 1 и 2 видно, что температура воздуха в хлопкосеющих районах среднеазиатского региона характеризуется высокими значениями. Летом в дневные часы температура воздуха достигает 40–50 °С. Лето продолжительное и жаркое, зима короткая, но холодная. Климат Средней Азии резко-континентальный [4]. Общее количество осадков за год не превышает 230 мм, причем летом выпадает 6 %, а зимой – до 50 % от общего количества [4, 15, 16]. Относительная влажность воздуха невысокая и летом не превышает 40–55 %, только в зимний и ранневесенний периоды она может достигать 70–90 %.

Для районов Средней Азии характерны песчаные, сероземные и серо-бурые почвы, причём основной частью этих почв являются частицы кварца [4, 16], содержание которых по данным работы [4] составляет для лессовых и песчаных почв 92–98 %, а для сероземов 65–75 %. Установлено, что основными составляющими пыли, кроме S_iO_2 (кварца), являются Al_2O_3 (глинозем), Fe_2O_3 и другие. В технике принято считать пылью все сухие твердые частицы, содержащиеся в воздухе, образование которых обусловлено атмосферными условиями, состояния почвы, метода ее обработки, типа двигателя машины и ряда других природно-климатических и эксплуатационных факторов [10, 11, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22]. Проникновение атмосферной пыли в двигатель является важнейшей причиной износа и, в частности, выхода из строя топливной аппаратуры.

Таблица 1 – Среднемесячные параметры воздуха в хлопкосеющих районах Республики Узбекистан

Показатели	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
Среднемесяч. темп-ра, °С	4,0	7,0	15,5	22,0	27,1	33,2
Средняя относительная влажность воздуха, %	75,0	75,0	65,0	61,0	45,0	44,0
Количество осадков, мм	14,0	18,0	20,0	13,0	3,6	0,9
Запыленность, г/м ³	–	–	–	1,9	1,5	1,5
Показатели	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Среднемесяч. темп-ра, °С	35,0	32,6	26,2	24,0	13,0	11,0
Средняя относительная влажность воздуха, %	43,0	47,0	50,0	52,0	67,0	65,0
Количество осадков, мм	0	0	2,4	8,4	9,2	27
Запыленность, г/м ³	1,5	1,5	3,0	3,0	3,2	0,75

Таблица 2 – Среднемесячные параметры воздуха в хлопкосеющих районах Андижанской области

Показатели	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
Среднемесяч. темп-ра, °С	9,5	10,7	17,5	28,9	33,8	36,9
Средняя относительная влажность воздуха, %	87,7	82,0	78,2	65,2	54,9	48,8
Количество осадков, мм	12,6	41,6	27,8	11,2	8,8	4,0
Показатели	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Среднемесяч. темп-ра, °С	27,6	25,2	19,6	12,7	7,3	-1,2
Средняя относительная влажность воздуха, %	50,9	59,6	61,6	66,8	74,6	85,1
Количество осадков, мм	21,0	49,0	54,0	35,8	35,8	81,0

Дисперсный состав пыли по результатам работы [6] приведен на рисунке 1.

По результатам исследования А. Геленова и др. [21] при выполнении пахоты тракторами Т-4А, в хлопкосеющих районах запыленность воздуха составила 0,05–1,10 г/м³, а химический и дисперсный состав представлен в таблицах 3–4.

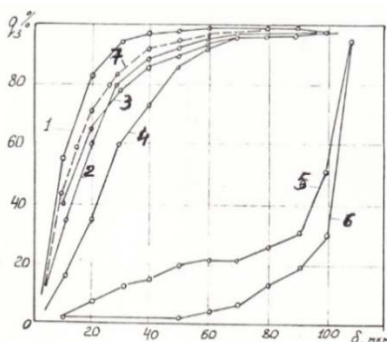


Рисунок 1 – Дисперсный состав пыли в различных областях и районах Средней Азии

1 – Ташкентская обл., Сырдарьинский район (серозем); 2 – Ташкентская обл., Сырдарьинский район (серозем); 3 – Андижанская обл., Андижанский район (луговая); 4 – Наманганская обл., Наманганский район (серозем); 5 – Ленинабадская обл., Наусский (луговая); 6 – Ташкентская обл., Беговатский район (песчаная); 7 – Ферганская обл., Алтыарыкский район (песчаная)

Таблица 3 – Химический состав пыли

Высота на уровне	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Прочие
топливного бака	65,10	12,24	9,82	1,09	3,10	8,65
воздухоочистителя	62,72	11,41	9,01	1,70	1,07	14,09

Таблица 4 – Дисперсный состав пыли, %

Высота на уровне:	Фракция, мкм					
	До 1	1...5	5...10	10...50	50...100	> 100
крыльев	12,26	8,04	12,06	26,80	32,74	8,10
воздухоочистителя	16,58	9,28	28,16	37,26	8,37	0,36

Запыленность воздуха в зона забора воздухоочистителя трактора ТТЗ-80.10 при возделывании и уборке хлопка-сырца в условиях Андижанской области по исследованиям Каримова У. К. и др. [23]

составляет при посеве 0,011–0,0315 г/м³, при культивации 0,018–0,213 г/м³ при машинной уборке 0,030–0,373 г/м³.

По данным работы [23] при пахоте, бороновании и посеве на богарных землях, а также при машинной уборке хлопка-сырца содержание пыли в воздухе достигает 3–5 г/м³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные упомянутых работ свидетельствуют о том, что для природно-климатических условий Среднеазиатского региона характерно повышенное содержание пыли в воздухе при выполнении механизированных работ в хлопководстве. Для обеспечения высокой производительности, надёжности и экономичности двигателей необходимо учитывать природное – климатические условия эксплуатации, т. к. влияние климата на работу различных систем двигателей разных моделей, типов и модификации различно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глыбин, А. И. Автотракторные фильтры. Справочник / А. И. Глыбин. – Л. : Машиностроение, 1980. – 181 с.
2. Влияние запыленности воздуха на износ деталей цилиндровой группы / П. В. Григорьев // Гражданская авиация – 1955. – №3. – 28–30 с..
3. Маев, В. Е. Воздухоочистители автомобильных и тракторных двигателей / В. Е. Маев, Н. Н. Пономарев. – М. : Машиностроение, 1971. – 175 с.
4. Кадыров, С. М. Долговечность автотракторных дизелей в условиях Средней Азии / С. М. Кадыров. – 1982.
5. Дьяков, Р. А. Воздухоочистка в дизелях / Р. А. Дьяков. – Л. : Машиностроение, 1975. – 152 с.
6. Мирзаев, И. Г. Обеспечение чистоты дизельного топлива в топливной системе двигателя Д-240 при эксплуатации тракторов МТЗ-80Х / И. Г. Мирзаев. – М., 1987.
7. Кох, П. И. Климат и надёжность машин / П. И. Кох. – М. : Машиностроение, 1981. – 175 с.
8. Расчет потерь от испарения горизонтально-цилиндрических резервуаров / И. Г. Мирзаев [и др.] // Научный аспект. – 2020. – № 17(2). – с. 2173–2179.

9. Зависимость количества конденсируемых легкоиспаряющихся жидкостей от параметров конденсатора / И. Г. Мирзаев [и др.] // Научный аспект. – 2020. – № 17(2). – С. 2168–2173.
10. Устройства для улавливания паров светлых сортов нефтепродуктов / З. Т. Зулунов // Интернаука. – 2021. – № (7). – С. 49–51.
11. О запыленности воздуха при работе хлопководческих машин / И. Г. Мирзаев [и др.] // Передовые научно-технические и социально-гуманитарные проекты в современной науке. – 2019. – С. 27–29.
12. Новая система кондиционирования воздуха в салоне легковых автомобилей / И. Г. Мирзаев [и др.] // Российская наука в современном мире. – М. : Актуальность РФ. – 2017. – С. 77–79.
13. Кондиционирования воздуха в кабины тракторов / З. Т. Зулунов // Наука в современном мире. – М. : Актуальность РФ. – 2017. – с. 80–81.
14. Исследование влияния температуры топлива и гидравлического сопротивления фильтрующих элементов тонкой очистки топлива на цикловую подачу / И. Г. Мирзаев [и др.] // Российский электронный научный журнал. – 2014. – № 7. – С. 33–38.
15. Народное хозяйство Узбекской ССР за 60 лет / ЦСУ при Совете Министров УзССР. – Ташкент : Узбекистан, 1977. – 341 с.
16. Чуб, В. Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсной потенциал Республики Узбекистан / В. Е. Чуб. – Т. : САНИГМИ, 2002. – 252 с.
17. Умаров, М. У. Почвы Узбекистана / М. У. Умаров. – Ташкент : Фан, 1975. – 221 с.
18. Маев, В. Е., Пономарев Н. Н. Воздухоочистители автомобильных и тракторных двигателей / В. Е. Маев, Н. Н. Пономарев. – М. : Машиностроение, 1971. – 175 с.
19. Фетт, В. Атмосферная пыль / В. Фетт. – М. : Изд. иностр. лит., 1961.
20. Дьяков, Р. А. Воздухоочистка в дизелях / Р. А. Дьяков. – Л. : Машиностроение, 1975. – 152 с.
21. Исследование основных характеристик пылевого облака и влияние их на состояние узлов двигателей / А. Геленов [и др.] // Механизация хлопководства, 1981. – № 1. – С. 19–20.

22. Исследование запыленности воздуха в зонах уплотнений узлов тракторов и сельхозмашин / А. П. Сломкин // Тракторы и сельхозмашины 1979. – № 10. – С. 28–29.

23. Исследование надежности трактора Т-28Х4 в условиях Андижанской области Узбекской ССР / У. К. Каримов [и др.] // Науч. отчет ГР № 78084416, 1978. – 58 с.

Представлено 20.04.2022

УДК 629.114.2

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ДВИГАТЕЛЯ

UTILIZATION OF ENGINE HEAT LOSSES

Гринько А. Н., Ивандиков, М. П., канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
A. Hrynko, M. Ivandikov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Утилизация тепловых потерь ДВС с помощью эффекта Зеебека, и двигателя Стирлинга.

Utilization of internal combustion engine heat losses using the Seebeck effect, and the Stirling engine.

Ключевые слова: двигатель, элемент Зеебека, тепловые потери, двигатель Стирлинга.

Keywords: engine, Seebeck element, heat losses, Stirling engine.

ВВЕДЕНИЕ

В двигателях внутреннего сгорания, которые широко применяются в наше время, около 30–40% вырабатываемой теплоты выходит с отработавшими газами. Для того чтобы значительно увеличить общий КПД использования топлива (до 85–90 %) и обеспечить эффективное сохранение тепловой

энергии, можно применять энергосберегающую технологию утилизации тепла выхлопных газов ДВС.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Тепловая энергия ДВС передается окружающей среде, поэтому утилизация тепла – весьма полезное с экологической точки зрения использование тепловой энергии, источниками которой в двигателе внутреннего сгорания являются горячие выхлопные газы. Энергию выхлопных газов используют в турбонаддуве для увеличения подачи свежего воздушного заряда в цилиндр двигателя. Теплоту, выработанную двигателем, можно использовать несколькими способами.

Первый способ основан на применении эффекта Зеебека. В начале 20-х годов 19 века немецкий физик Томас Иоганн Зеебек описал следующее термоэлектрическое явление. Когда в цепи замкнутого типа, состоящей из проводника с сурьмы, при условии создания разности температур, контактируют материалы, то появляется ЭДС. Преобразовать тепловую энергию в электрическую позволяет устройство под названием термопара (рисунок 1). Для эффективной работы термопаре нужны весьма редкие металлы – висмут, теллурий, платина, что делает термоэлектрические конвертеры очень дорогими и неэкономными устройствами. Недостатком является то, что устройство нужно охлаждать для получения нужной амплитуды температур. Чем выше амплитуда температур, тем более высокую ЭДС можно получить. На практике сотрудникам Института проектирования транспортных средств в Штутгарте удалось установить пучок термопар и получить энергию мощностью 200 ватт в час.



Рисунок 1 – Термопара

Еще один метод основан на установке двигателя Стирлинга в системе выпуска. Двигатель Стирлинга работает согласно первому закону термодинамики: «Произведение объема газа на дав-

ление пропорционально произведению газовой постоянной на температуру». При работе ДС происходит постоянное нагревание и охлаждение рабочего тела. Схема двигателя Стирлинга изображена на рисунке 2. Газообразными и жидкими рабочими телами, используемыми в ДС, могут выступать воздух, гелий, водород. Цикл двигателя – это 4 фазы, которые разделены двумя переходными фазами: сначала нагрев, затем расширение, переход к источнику холода, охлаждение, сжатие и переход к источнику теплоты, а далее цикл повторяется заново.

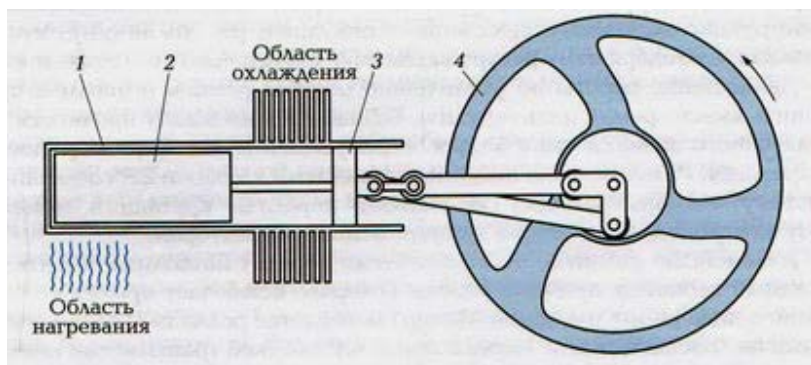


Рисунок 2 – Схема двигателя Стирлинга

1 – цилиндр, 2 – вытеснительный поршень, 3 – рабочий поршень, 4 – маховик

Для работы ДС лучше всего подходит водород, но его маленькие молекулы способны «напитывать» материал цилиндра. Снижается КПД двигателя на 5 % при использовании эффективного, но при этом очень дорогого, гелия. Кроме того, можно использовать азот, аммиак и даже осушенный воздух. Однако, мощность двигателя будет ниже оптимальной. Здесь приведена классическая схема ДС, также подходят к использованию альфа и гамма схемы двигателя. Установить можно в выпускной коллектор. Температура отработавших газов в нем составляет 700–1000 градусов по Цельсию, иногда она может достигать 2000 градусов. Для нормальной работы необходима амплитуда в 700 градусов. Такую систему можно использовать на речных и морских судах, а для охлаждения ДС брать воду из окружающих водоёмов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системы утилизации теплоты отработавших газов двигателей внутреннего сгорания дают возможность: а) снизить количество вредных веществ с отработавшими газами благодаря созданию малотоксичного рабочего процесса; б) экономить топливо за счет использования продуктов конверсии углеводородных топлив, в) использовать отработавшие газы для получения механической энергии в двигателе Стирлинга, г) получать электрическую энергию с помощью термопары.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выбор схемы утилизации тепла отработавших газов поршневых ДВС и оценка полезного теплоиспользования в составе когенерационной установки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-shemy-utilizatsii-tepla-otrabotavshih-gazov-porshne-vyh-dvs-i-otsenka-poleznogo-teploispolzovaniya-v-sostave-kogeneratsi-onnoy>.

2. Система утилизации теплоты отработавших газов двигателя внутреннего сгорания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://patenton.ru/patent/ru2046979c1>.

3. Термогенератор своими руками. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mozgochiny.ru/electronics-2/termogenerator-svoimi-rukami>.

4. Схема двигателя Стирлинга. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kmk-lib.ru/gladov_18.htm.

5. Термопара. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Термопара>.

Представлено 15.04.2022

УДК 621.436

**ПРИМЕНЕНИЕ СМЕСЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА,
ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ И БУТАНОЛА
В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ**

USE OF BLENDS OF DIESEL FUEL, FATTY ACID ESTERS
AND BUTANOL AS FUEL FOR DIESEL ENGINES

Гершань Д. Г., ст. преп.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь,
D. Hershman, Senior Lecturer,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Проведены исследования влияния смесей метилового эфира жирных кислот, бутанола и дизельного топлива на показатели рабочего процесса дизеля 4ЧН11/12,5. Определена их концентрация в смеси с дизельным топливом позволяющая применять ее в двигателе с сохранением конструктивных параметров.

Researches of influence of blends of methyl ester of fatty acids, butanol and diesel fuel on indicators of working process of 4ЧН11/12,5 diesel engine have been conducted. Their concentration in blend with diesel fuel, which it to be used in the engine with the preservation of design parameters has been determined.

Ключевые слова: дизельный двигатель, эфиры жирных кислот, бутанол, концентрация, исследование.

Key words: diesel engine, fatty acid esters, butanol, concentration, research.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение топливно-экономической и экологической эффективности работы дизельного двигателя может быть достигнуто путем применения смесей различных топлив. Это позволяет регулировать физико-химические свойства нового топлива, меняя концентрацию входящих компонентов. Анализ физико-химических свойств топлив, а также исследований в данной области показывает, что совместное применение эфиров жирных

кислот растительных масел, бутанола и дизельного топлива достаточно перспективно [1].

Для достижения требуемых показателей работы двигателя необходимо соответствующе организовывать его рабочий процесс, на который непосредственно влияет топливо, поэтому проблема выбора концентрации данных веществ в смеси является актуальной.

ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование процесса сгорания смесей дизельного топлива, метилового эфира жирных кислот рапсового масла и бутанола проведено на одноцилиндровой установке ИТ9-3М с использованием системы индицирования AVL IndiSmart 612. Объемное содержание бутанола в смесях составляло 10, 20, 30 %. Следует отметить устойчивый характер работы установки при работе на всех смесях для заданных степеней сжатия 16, 18 и 20.

Из проведенных исследований видно, что изменение концентрации метилового эфира жирных кислот и бутанола в смеси оказывает различное влияние на показатели рабочего процесса при различных режимах работы двигателя. Это во многом также определяется конструктивными и регулировочными параметрами двигателя. Данные изменения могут быть как значительны, так и незначительны.

Разработана методика для выбора концентрации эфиров жирных кислот и бутанола в смеси для двигателя 4ЧН11/12,5. Она дает возможность определять концентрацию данных веществ в смеси с учетом требуемых показателей рабочего процесса, оценивать возможность их изменения при различных конструктивных и регулировочных параметрах дизеля.

Получены зависимости удельного индикаторного расхода топлива, индикаторного КПД, среднего индикаторного давления, удельного выброса оксидов азота от концентрации метилового эфира жирных кислот и бутанола в смеси с дизельным топливом, угла опережения впрыска топлива, давления впрыска, расхода воздуха. Их анализ показывает возможность применения данных смесей с сохранением или изменением конструктивных и регулировочных параметров двигателя для обеспечения требуемых показателей его работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Концентрация метилового эфира жирных кислот до 10 %, а бутанола до 15 % по объему в смеси с дизельным топливом позволяет применять их в двигателе с сохранением его конструктивных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков, В. А. Сравнительная оценка альтернативных топлив для дизельных двигателей / В. А. Марков, Е. В. Бебенин, Е. Ф. Поздняков // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 5 (35). – С. 24–29.

2. Марков, В. А. Многокомпонентные смесевые биотоплива для дизельных двигателей / В. А. Марков, С. В. Гусаков, С. Н. Девянин // Вестник РУДН. – 2012. – № 1. – С. 46–57.

3. The Influence of Diesel Fuel-biodiesel-ethanol-butanol Blends on the Performance and Emission Characteristics of a Diesel Engine / A. Keskin [et al.] // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. – 2013. – Vol. 35, iss. 19. – P. 1873–1881.

4. Blending of Higher Alcohols with Vegetable Oil Based Fuels for Use in Compression Ignition Engine / N. Kumar [и др.] // SAE Technical Paper. – 2015.

5. Performance Characteristics of n-Butanol-Diesel Fuel Blend Fired in a Turbo-Charged Compression Ignition Engine. / L. Siwale [et al.] // Journal of Power and Energy Engineering. – 2013. – № 1. – P. 77–83.

6. Влияние состава топлива, содержащего бутанол, на показатели рабочего процесса дизеля / Д.Г. Гершань // Наука и техника. – 2017. – Т. 16, № 3. – С. 225–231.

7. Методика прогнозирования влияния состава и свойств топлив на показатели рабочего процесса дизеля / Г. М. Кухаренок [и др.] // Изобретатель. – 2017. – № 4. – С. 42–45.

Представлено 15.05.2022

ТРАКТОРЫ, МОБИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ

УДК 62-14/-15

ПЕРСПЕКТИВА СТОПОХОДЯЩЕЙ МАШИНЫ ЧЕБЫШЕВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗА В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И ЗОНАХ АРКТИКИ

THE PERSPECTIVE OF A STOP-WALKING CHEBYSHEV MACHINE FOR CARGO TRANSPORTATION IN THE ARCTIC AND ARCTIC ZONES

Варламов А. А., студ., **Пестряков А. К.**, студ., **Черин И. В.**, студ.,
Иовлева Е. Л., канд. техн. наук, доц.,

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова,
г. Якутск, Россия

A. Varlamov, Student, A. Pestryakov. Student, I. Cherin, Student,
E. Iovleva, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
North-Eastern Federal University. M. K. Ammosova, Yakutsk, Russia

В Республике Саха (Якутия) функционируют множество автотимников для перевозки продовольствия и товаров первой необходимости. В суровых природно-климатических условиях современная колесная или гусеничная техника не всегда может проехать. Целью нашей статьи является целесообразность использования стопоходящей машины Чебышева, в качестве машины для перевозки грузов по заснеженным полям Арктики и болотистой местности Крайнего Севера. Чтобы определить это перед нами стоит задача изучения конструкции стопоходящей машины «Чебышева», для дальнейшей реализации проекта.

In the Republic of Sakha (Yakutia) there are many winter roads for the transportation of food and essential goods. In harsh natural and climatic conditions, modern wheeled or tracked vehicles cannot always pass. The purpose of our article is the expediency of using Chebyshev's standing machine as a vehicle for transporting goods through the snowy fields of the Arctic and the swampy terrain of the Far North. To determine this, we are faced with the task of studying the design of the Chebyshev planting machine for the further implementation of the project.

Ключевые слова: механизм Чебышева, перевозка грузов, Крайний Север, Арктика, стопоходящая машина Чебышева.

Keywords: Chebyshev mechanism, transportation of goods, Far North, Arctic, Chebyshev's plantigrade machine.

ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс требует совершенствования машин и механизмов. Со времен изобретения простейших механизмов созданы уникальные машины и механизмы. Но не смотря на весь научно-технических прогресс существующие ныне колесные машины не всегда могут пройти по заснеженным полям Арктики и болотистой местности Крайнего Севера. На рисунке 1 представлена как грузовые автомобили увязают в снегу. То же самое касается и гусеничного транспорта. А в осенне-весеннее время вместо снега автомобили части увязают в болоте. В следствие многократного увязания автомобилей значительно ухудшается общее состояние дорог.



Рисунок 1 – Грузовой автомобиль

Если мы взглянем на живую природу, то можно увидеть, как легко и непринужденно северные олени проходят через заснеженные поля и болотистые местности. Обращаясь к методу аналогий, можно вспомнить стопоходящую машину Чебышева, которая по своему строению похожа на ноги лошади. По законам физике известно, чем больше будет площадь соприкосновения, тем меньше будет давление на поверхность. По этому закону теоретически

можно предположить, что «стопы» машины Чебышева будут равномерно распределять давление перевозящего груза.

Цель этой статьи определить перспективу стопоходящей машины Чебышева, как средства для перевозки грузов по трудно проходимым местам района Крайнего Севера и зоны Арктики.

СТОПОХОДЯЩАЯ МАШИНА ЧЕБЫШЕВА

Со времён изобретения Джеймсом Уаттом паровой машины стояла задача построения шарнирного механизма, переводящего движение по окружности в прямолинейное движение. В 19-м веке русский математик и механик, профессор Санкт-Петербургского университета Панфутий Чебышев изобрел «механизм Чебышева» в рамках решения задач преобразования вращательного движения в прямолинейное, которые стали актуальными с момента создания паровой машины. Стопоходящая машина Чебышева была впервые продемонстрирована на Парижской выставке в 1878 году как первый в мире шагающий механизм. Стопохода Чебышева основывается на лямбда-механизм получивший название благодаря сходству с одиннадцатой буквой греческого алфавита «лямбда». Движение в механизме Чебышева просматривается сходство с траекторией движения копыта лошади. К лямбда-механизму приделывается «нога» (рисунок 2). Точно такой же узел соединяется в противоположной фазе к неподвижным осям. Дополнительные звенья для устойчивости согласовываются фазами вращения (рисунок 3.)



Рисунок 2 – Лямбда-механизм с «ногой»

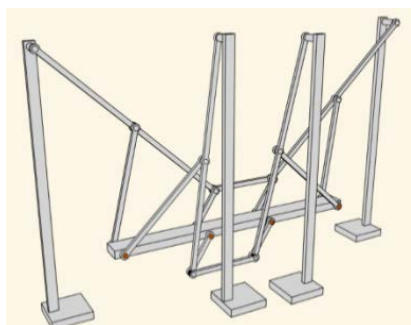


Рисунок 3 – Стопоходящая машина Чебышева

Для дальнейшего подтверждения нашей теории, необходимо определить размеры стопоходящей машины Чебышева и изучить его в полевых условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования в этом направлении нами будут продолжены. Это не только определение размеров лямбда-механизма, но и создание экспериментальной модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование механизмов Чебышева в элективном курсе / П. И. Совертков // Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона, 2015. – № 17. – С. 343–348.
2. Некоторые аспекты проектирования механизмов стопоходящих роботов / Л. А. Горovenko [и др.] // Материалы IV Всероссийской конференции с международным участием (25–26 апреля 2019 г.), 2019. – С. 107.
3. Цикловой механизм шагания с направляющей / А. В. Леонард // Известия высших учебных заведений. – М. :Машиностроение, 2011. – № 10. – С. 18–22.

Представлено 25.04.2022 г.

УДК 621.43

АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ANALYSIS OF KINEMATIC SCHEMES OF THE CARS AND TRACTORS ENGINES

Бойков В. П.¹ д-р техн. наук, проф., **Поздняков Н. А.**¹, ст. преп.,
Шаплыко П. В.², инж.,

¹Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

²НИО ГП «ОПТРОН» НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

V. Boykov¹, Doctor of technical Sciences, Professor,

N. Pozdnyakov¹, Senior Lecturer, P. Shaplyko², Engineer,

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

²НИО "OPTRON" of the National Academy of Sciences of the Republic
of Belarus, Minsk, Belarus

Проведены исследования и получены результаты анализа влияния кинематической схемы привода автотракторных двигателей внутреннего сгорания на технико-экономические показатели работы двигателя.

Studies have been carried out and results of analysis of the influence of the kinematic scheme of the drive of the cars and tractors engines internal combustion engines on the technical and economic performance of the engine have been obtained.

Ключевые слова: кинематическая схема привода, двигатель внутреннего сгорания, кривошипно-шатунный механизм, эффективность использования энергии, термодинамический процесс, схема сил, мощностные и экономические показатели двигателей.

Keywords: drive kinematic diagram, internal combustion engine, crank mechanism, energy efficiency, thermodynamic process, force diagram, power and economic indicators of engines.

ВВЕДЕНИЕ

Преобразование энергии термодинамического цикла в механическую энергию на выходном валу в современных двигателях внутреннего сгорания (ДВС) традиционно происходит с помощью клас-

сического кривошипно-шатунного механизма (КШМ). Его конструктивные особенности, влияющие на КПД двигателя, свойства и технология изготовления отработаны достаточно глубоко. Это позволяет получать значения удельной мощности, характерные и приемлемые для современных поршневых ДВС, используемых преимущественно в качестве энергетических установок тягово-транспортных средств.

Достиженные на современных двигателях автотракторного типа значения эффективного КПД – 0,35...0,45 показывают низкую степень использования теплоты, полученной при сгорании топлива, что в конечном итоге определяет низкую экономичность и экологичность ДВС. Оставшаяся часть теплоты уходит в систему охлаждения, с отработавшими газами и на преодоление трения в механизмах двигателя. Во многом такому распределению теплоты способствует принципиальная кинематическая схема традиционного КШМ. Поэтому со времен создания и широкого развития ДВС и до настоящего времени появлялись предложения альтернативных кинематических схем, позволяющих преобразовать поступательное движение поршня во вращательное движение выходного вала.

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Наиболее известным является т.н. бесшатунный ДВС С. Баландина. Преобразование возвратно-поступательного движения поршня во вращательное осуществляет механизм, основанный на кинематике «точного прямыла». Коленчатый вал 2 (рисунок 1) бесшатунного двигателя вращается на подшипниках 3, смонтированных в кривошипах 4. Они через зубчатые венцы на их щеках передают крутящий момент на шестерни так называемого синхронизирующего вала 5, который может служить и для съема мощности.

Преимуществом такой кинематической схемы является отсутствие качающего движения шатуна, что определяет отсутствие боковой силы, прижимающей поршень к стенке цилиндра, вызывающей возникновение сравнительно больших сил трения в двигателе с традиционным КШМ. Таким образом бензиновый двигатель С. Баландина обладает повышенным механическим КПД и по данным [1] имеет эффективный КПД 35 %, что для уровня двигателестроения, достигнутого к 40–50 годам прошлого века, составляло

улучшение по экономичности на 20 % по сравнению с традиционными автотракторными ДВС.

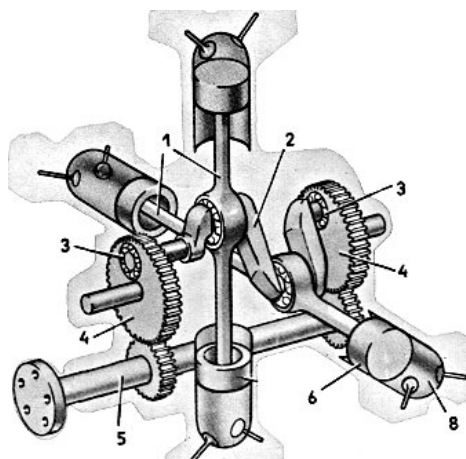


Рисунок 1 – Принципиальное устройство бесшатунного двигателя:
1 – поршневой шток; 2 – коленчатый вал; 3 – подшипник кривошипа; 4 – кривошип; 5 – вал отбора мощности; 6 – поршень; 7 – ползун штока; 8 – цилиндр

К недостаткам такой кинематической схемы относят повышенную сложность самого механизма преобразования, а также конструктивную сложность применения четырехтактного механизма газораспределения. Кроме того, наличие коленчатого вала не лишает двигатель С. Баландина главного его недостатка – нерационального использования энергии расширения газов в начале рабочего хода поршня, когда давление в цилиндре имеет максимальное и близкие к нему значения. Следовательно, резерв существенного улучшения экономичности и удельной мощности сильно ограничен.

Другая принципиальная кинематическая схема реализована в аксиально-поршневых ДВС (рисунок 2), в котором вместо обычного коленчатого вала используется шайбовый механизм.

Поршни поочередно передают движение на наклонную шайбу, принуждая ее вращаться вокруг своего центра. Шайба сцеплена с выходным валом, передаёт ему вращательный момент. Предложенный У. Макомбером аксиально-поршневой двигатель был интересен в первую очередь именно как силовая установка для лета-

тельных аппаратов. Он имел сравнительно малый вес и небольшие габариты при достаточно высокой мощности.

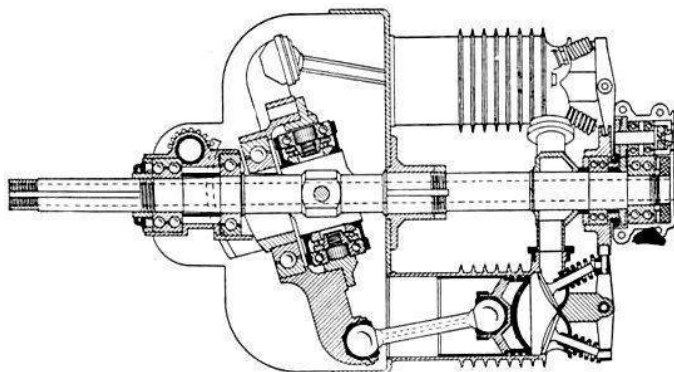


Рисунок 2 – Принципиальная схема аксиально-поршневого ДВС

К преимуществам такой схемы следует отнести отсутствие качающего движения шатуна, что обеспечивает повышенный механический КПД. Однако широкого развития двигатель не получил по причинам различного характера. Сейчас такие двигатели существуют, но устанавливаются в основном в торпедах, благодаря тому, как хорошо они вписываются в цилиндр.

Для повышения эффективности использования энергии термодинамического процесса нами предложена конструкция альтернативного механизма преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение выходного вала двигателя. Такая конструкция представлена на рисунке 3.

В предлагаемой конструкции поршень 1 каждого из цилиндров связан с соответствующим передаточным механизмом 2, причем смежные передаточные механизмы попарно связаны между собой таким образом, что поршни перемещаются в противофазе. Для каждого цилиндра (поршня 1) посредством передаточного механизма 2 осуществляется следующая последовательность движений (аналогичные процессы происходят параллельно в третьем из четырех цилиндров): поршень 1 под действие расширяющейся топливной смеси толкает вертикально вниз связанную с ним ось 4, на конце которой расположен передаточный элемент 5 (направляющая).

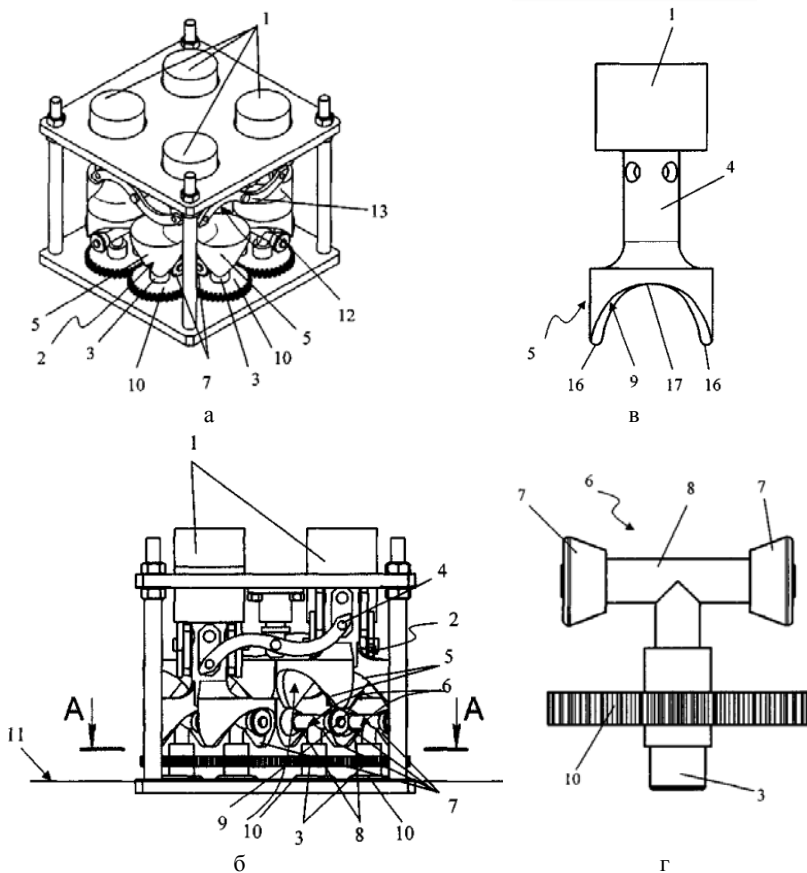


Рисунок 3 – Схема конструкции двигателя с тангенциальным механизмом:
 а – общий вид двигателя; б – общий вид тангенциального механизма; в – переда-
 точный элемент; г – ролик

Со стороны нижней торцевой поверхности передаточного эле-
 мента 5 сформировано, для рассматриваемой формы реализации,
 два непрерывных, волнообразных в вертикальном направлении
 направляющих пути в виде направляющей контактной полосы 9
 с симметрично расположенными двумя вершинами 16 и двумя впа-
 динами 17, в плане имеющей форму кольца; передаточный меха-
 низм 2, перемещаясь вертикально вниз, при контакте каждой из
 двух направляющих контактных полос 9 с соответствующим бегун-

ком 6 обеспечивает его перемещение по непрерывному, волнообразному в вертикальном направлении направляющему пути из положения ВМТ через центральное положение в положение НМТ, но так как бегунок 6 имеет неизменное вертикальное положение, его подшипники 7, установленные на горизонтальной оси 8, жёстко связанной с суммирующим механизмом 3 отбора мощности, в процессе движения просто «описывает» окружность в одной горизонтальной плоскости. Причем движение роликов 6 осуществляется в одной фазе, но в противоположных направлениях. Таким образом на осях 8 каждого из роликов 6 образуется крутящий момент, передаваемый на суммирующий механизм 3.

Схема сил, действующих в КШМ и описанном механизмах представлена на рисунке 4, а, б.

Поскольку тангенциальная сила T в предлагаемом механизме создается в плоскости вращения ролика, то такой механизм будем называть тангенциальным.

Следует отметить, что сила инерции вращающихся деталей тангенциального механизма действует вне плоскости возвратно-поступательного движения деталей и не оказывает воздействия на сопротивление движению поршня и передаточного механизма.

Полный рабочий четырехтактный цикл двигателя с тангенциальным механизмом совершается за один оборот ролика, т. е. за один оборот выходного вала, следовательно, для сохранения скорости движения поршня, характерного для осуществления рабочего процесса с параметрами эффективности как у двигателей с КШМ, следует снизить вдвое частоту вращения выходного вала двигателя с тангенциальным механизмом.

В настоящее время нами проведены предварительные исследования мощностных и экономических показателей поршневого двигателя, оснащенного тангенциальным механизмом на основе анализа его кинематических и динамических характеристик.

Учитывая идентичность характера протекания рабочих процессов двигателей с обоими схемами преобразования возвратно-поступательного движения поршня, выполнено сравнение мощностных показателей на основании различий в кинематических и динамических характеристиках исследуемых механизмов. Для такого сравнения приняты идентичные параметры, определяющие

рабочий процесс двигателя: диаметр цилиндра $D = 82,5$ мм; ход поршня $S = 84$ мм; число цилиндров $i = 4$; степень сжатия $\varepsilon = 10,5$.

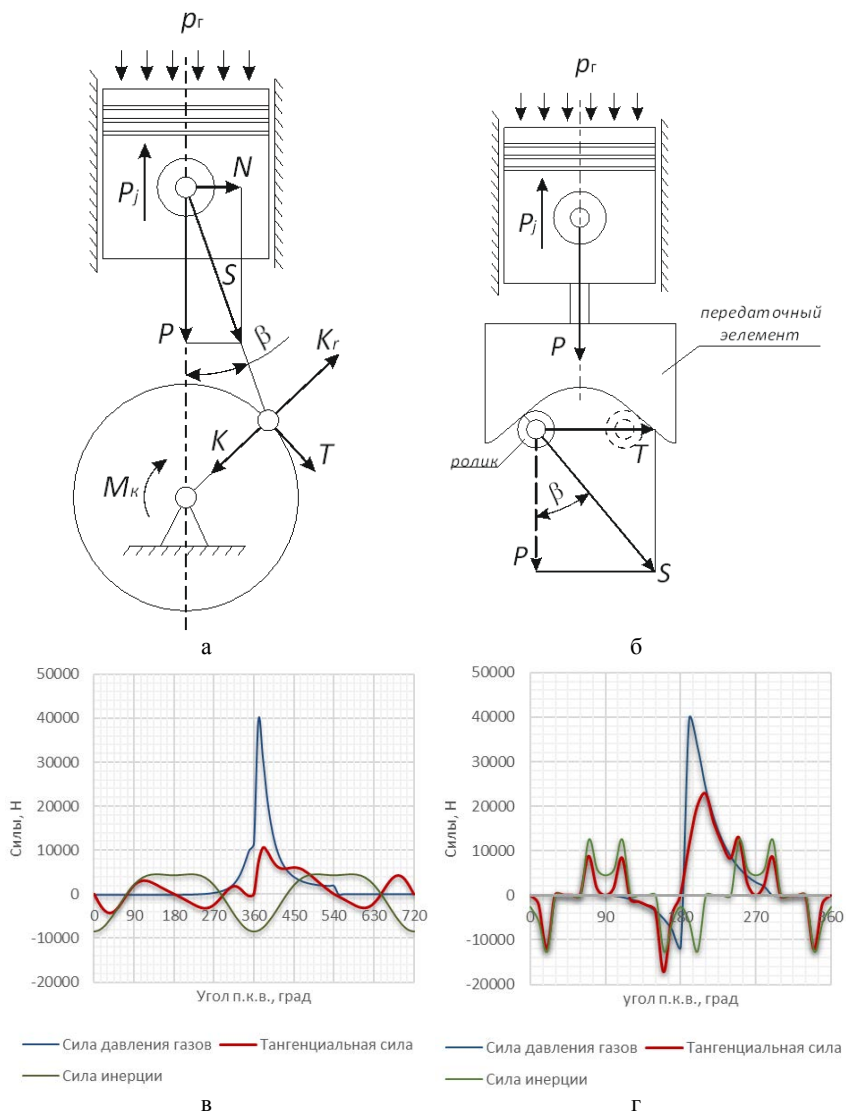


Рисунок 4 – Схемы сил, действующих в КШМ (а) и тангенциальном механизме (б) и графики сил, действующих в КШМ (в) и в тангенциальном механизме (г)

Путем теплового расчета определены показатели рабочего процесса. В соответствии с особенностями кинематики КШМ и тангенциального механизма получены силовые показатели, действующие в КШМ и в тангенциальном механизме (ТМ) (таблица 1).

Таблица 1 – Силовые показатели в механизмах двигателя

Показатели	КШМ	ТМ
Среднее значение тангенциальной силы одного цилиндра за рабочий цикл, Н	1066,5	2209,6
Суммарная тангенциальная сила четырех цилиндров, Н	4266,0	8838,2
Суммарный индикаторный крутящий момент, Н·м	179,2	564,5
Эффективный крутящий момент двигателя, Н·м	138,0	434,7

Индикаторный крутящий момент определялся как:

$$M_i = T_{\Sigma} \cdot r_k,$$

где T_{Σ} – суммарная тангенциальная сила всех цилиндров двигателя, Н;

r_k – радиус кривошипа, м.

Для двигателя с КШМ радиус кривошипа определяется как $r_k = S/2$, а для двигателя с тангенциальным механизмом в качестве радиуса кривошипа выступает средний радиус направляющей части 5 (рисунок 1), который в свою очередь зависит от хода поршня S и параметров кривизны направляющих участков 16 и 17. При радиусе выступа направляющей 12 мм, радиусе кривизны впадины – 52 мм и диаметре ролика – 36 мм, радиус направляющей части имеет значение 63,9 мм.

Эффективная мощность:

$$N_e = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot M_i \cdot n_n \cdot \eta_m \cdot 10^{-3},$$

где n_n – частота вращения коленчатого вала двигателя;

η_m – механический КПД двигателя.

Сравнительные результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета мощностных и экономических показателей двигателя с различными механизмами.

Наименование	Значения для:	
	двигателя с КШМ	двигателя с ТМ
Диаметр цилиндра D , мм	82,5	
Ход поршня S , мм	84	
Число цилиндров i	4	
Литраж, л	1,796	
Частота вращения выходного вала n , об/мин	5400	2700
Максимальное давление рабочего процесса p_z , МПа	7,5	
Максимальная температура рабочего процесса T_z , К	2890	
Среднее эффективное давление p_i , МПа	1,02	
Индикаторный КПД рабочего процесса η_i	0,297	
Механический КПД двигателя η_M	0,77	
Средняя суммарная тангенциальная сила T_Σ , Н	4266,0	8838,2
Радиус кривошипа r_k , мм	42,0	63,9
Индикаторный крутящий момент M_i , Н·м	179,2	564,5
Эффективная мощность N_e , кВт	78,0	122,9
Часовой расход топлива G_T , кг/ч	22,6	

Анализируя данные таблицы 2 можно сделать выводы относительно мощностных и экономических показателей двигателей оснащенных КШМ и тангенциальным механизмами: эффективная мощность у двигателя с тангенциальным механизмом больше в 1,6 раза при сохранении одинакового расхода топлива. При этом частота вращения выходного вала двигателя с тангенциальным механизмом ниже в 2 раза, что позволит упростить трансмиссию приводимой машины. Таким образом на расчетном уровне можно обозначит преимущества тангенциального механизма по отношению к КШМ по кинематическим параметрам, позволяющим эффективнее использовать энергию рабочего хода поршня в течение рабочего процесса. Кроме того, радиус, на котором действует тангенциальная сила у двигателя с тангенциальным механизмом больше, чем у двигателя с КШМ и не имеет однозначной «жесткой» связи с величиной хода S поршня, и может варьироваться в определенных пределах за счет подбора радиусов кривизны направляющей и диаметра

ролика. Таким образом, величина крутящего момента двигателя с тангенциальным механизмом получает дополнительное увеличение, значение которого зависит от конкретных конструктивных параметров привода двигателя, а для условий расчетного исследования, результаты которого приведены в табл. 2 увеличение крутящего момента произошло в 3,2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баландин, С. С. Бесшатунные поршневые двигатели внутреннего сгорания / С. С. Баландин. – М. : Машиностроение, 1968.

2. Рабочие процессы ДВС / Луканин, В. Н. [и др.]. – М. : Высшая школа, 1995.

3. Гергенов, С. М. Кривошипно-шатунные механизмы ДВС / С. М. Гергенов. – Улан-Удэ : Восточно-Сибирский ГТУ, 2001.

4. Двигатели внутреннего сгорания. Кн.2. Динамика и конструирование / В. Н. Луканин [и др.]; под ред. В. Н. Луканина, М. Г. Шатрова. – 2-е изд., переработ. и доп. – М.: Высш. шк., 2005.

Представлено 20.05.2022

ДИНАМИКА ТОРМОЖЕНИЯ ТРАМВАЯ С СИСТЕМОЙ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЯ

BRAKING DYNAMICS OF A TRAMS WITH COLLISION AVOIDANCE SYSTEM

Майстренко В. Д., магистрант,
Таяновский Г. А., канд. техн. наук, доц.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь
V. Mystrenko, Master's Student,
G. Tayanousky, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Выполнен анализ задач динамики беспилотного трамвая до остановки без столкновения с объектом, для спектра возможных ситуаций в коридоре движения подвижного состава, очерчены критерии выбора лучшего динамического сценария торможения трамвая с автоматической системой предотвращения столкновения при ее срабатывании.

The analysis of the problem of the dynamics of an unmanned tram to a stop without a deviation with a deviation is carried out, for the deviation of the deviation in the range of movement of the rolling stock, the values of choosing the best dynamic braking scenario for the tram with the prevention of deviation when it is excited are outlined.

Ключевые слова: трамвай, система предотвращения столкновения, торможение.

Keywords: tram, collision avoidance system, braking.

ВВЕДЕНИЕ

При создании беспилотных трамваев актуальной целью является надежное обеспечение безопасности его движения, в частности, исключение столкновения с объектами, оказавшимися на пути следования трамвая. Это может быть достигнуто путем разработки и оснащения подвижного состава автоматической системой распознавания таких объектов и гарантированного предотвращения столкновения с ними, за счет максимального использования тор-

мозных средств современного трамвая, при выборе оптимальной стратегии сближения и остановки [1, 2].

Важный аспект решения задачи, при поставленной цели, заключается в нахождении наиболее эффективного автоматического динамического управления тормозными возможностями трамвая в быстро изменяющейся обстановке на маршруте движения, с участием одного или нескольких посторонних объектов.

В статье выполнен анализ задач динамики беспилотного трамвая до остановки без столкновения с объектом, для спектра возможных ситуаций в коридоре движения подвижного состава, очерчены критерии выбора лучшего динамического сценария торможения.

СПЕКТР ДОРОЖНЫХ ОБСТАНОВОК ПРИ СРАБАТЫВАНИИ ТОРМОЗОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Принцип и условие безопасного движения беспилотного трамвая состоит в постоянном сканировании полосы движения с помощью комплекса высокочувствительных датчиков и своевременном реагировании на складывающуюся дорожную ситуацию [1]. Одна из задач работы состоит в выделении и описании множества вариантов дорожной обстановки для разработки базовых алгоритмов реализации ситуационного управления трамваем. Несмотря на неповторимость нюансов ситуаций с попаданием объектов в зону возможного столкновения с трамваем, задача обеспечения наименьшего времени реакции автоматической системы на такой объект, выбора алгоритма затормаживания и его начала представляется наиболее актуальной. Следующая задача, решаемая такой системой, состоит в отслеживании динамики сближения трамвая и объекта, по ходу такой идентификации, и изменение управляющих воздействий на использующиеся средства торможения. Ключевым элементом здесь является характеристика-описание мгновенной обстановки-ситуации и надежность прогнозирования динамики ее изменения. В связи с этим необходимы формализованные программные алгоритмы реакции системы автоматического предотвращения столкновения на сближение трамвая с объектом. При этом целесообразно выделение набора существенных признаков обстановок-ситуаций и разбиение их на группы, для каждой из которых сценарии вариантов затормаживания трамвая отличаются. В качестве таких признаков выбраны: размер, количество объектов, траектория,

скорость относительного сближения, состояние рельс, влажность, температура среды, уклон и закругление пути, пассажирозаполненность трамвая, освещенность пути и трамвая, текущие состояния быстродействующих тормозов: электро-динамического тормоза, аварийного электро-динамического тормоза при отсутствии напряжения в контактной сети, дисковых или барабанно-колодочных тормозов, рельсовых тормозов.

МОДЕЛИ ТРАМВАЯ, ДИАГРАММЫ СРАБАТЫВАНИЯ СРЕДСТВ ТОРМОЖЕНИЯ, ОБЩИЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ТОРМОЗНОЙ ПОТЕНЦИАЛ ТРАМВАЯ

В бортовой ЭВМ беспилотного трамвая реализованы математические модели процессов торможения в зависимости от его состояния и варианта ситуации-обстановки перед трамваем. Рассчитываются общий динамический тормозной потенциал трамвая, диаграммы торможения, запас пути и времени для гарантированного затормаживания трамвая, при ограничениях на ускорения и с учетом задержек времени срабатывания тормозов.

Из просчитанных прогнозов-сценариев выбирается лучший по критерию надежности гарантированного затормаживания без столкновения, и система автоматически приводит в действие средства торможения. Для работы система включает набор аппаратных средств и алгоритмов управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены отдельные аспекты динамики торможения беспилотного трамвая с автоматической системой предотвращения столкновения с объектами на пути следования подвижного состава. Эти результаты необходимы для повышения эффективности и быстродействия алгоритма отбора групп динамических состояний обстановок, которые необходимо анализировать при ситуационном управлении торможением, гарантирующем недопущение столкновения и безопасность пассажиров в трамвае.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майстренко, В. Д. Концепция, задачи, структура и алгоритмы системы предотвращения столкновения беспилотного трамвая /

В. Д. Майстренко, Г. А. Таяновский // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сборник научных трудов : в 2 томах / Белорусский национальный технический университет, Автотракторный факультет ; редкол.: Д. В. Капский (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – Т. 1. – С. 241–245.

Представлено 10.05.2022

УДК 629.113.003.121

АНАЛИЗ РЫНКА ТРАКТОРОВ БЕЛАРУСИ: I/2022

ANALYSIS OF THE TRACTOR MARKET IN BELARUS: I/2022

Феоктистова М. В., Шабeka В. Л., канд. экон. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

M. Feoktistova, U. Shabeka, Ph.D. in Economics, Associate Professor,
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Рассмотрен рынок тракторов Беларуси для целей оценочной деятельности. Выявлены основные тенденции, дана характеристика состояния по требованиям СТБ 52-й группы.

The tractor market of Belarus is considered for the purposes of valuation activities. The main tendencies are revealed, the one characteristics according of the National valuation standard are given.

Ключевые слова: первичный и вторичный рынки тракторов, тенденции на и состояния рынков, процедура оценки, оценка стоимости.

Keywords: primary and secondary market of tractors, market trends and one conditions, valuation procedure, property valuation.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент на Земле проживает более 7,9 млрд. людей. Поскольку население нашей планеты и спрос на сельскохозяйственную продукцию ежедневно растут, человечество нуждается в самых совершенных многоцелевых сельскохозяйственных машинах – тракторах. Беларусь не исключение и поэтому тракторы в национальной экономике страны – среди самых распространённых объектов юридиче-

ски значимых действий, хозяйственных операций и, соответственно, объектов Независимой оценки стоимости. Понимая роль, место, содержание и применение результатов «Анализа рынка» как раздела и этапа Процедуры Независимой оценки стоимости проведены практико-ориентированные исследования и обобщения.

ГЛОБАЛЬНЫЙ И РЕГИОНАЛЬНЫЙ РЫНОК ТРАКТОРОВ. КЕЙС БЕЛАРУСЬ

В мире существует множество производителей сельскохозяйственной техники, в том числе и тракторов. Можно выделить нескольких крупнейших, «топовых» из них, известных как во всем мире, так и в Республике Беларусь:

1) CLAAS Gruppe (<https://claas-group.com>, Германия) – один из крупнейших в мире производителей комбайнов и тракторов, которые характеризуются высокой тяговой мощностью, маневренностью, простотой управления и универсальностью;

2) Kubota Group (www.kubota.co.jp, Япония) – абсолютный лидер продаж тракторов в Азии. Главной «чертой» тракторов Kubota являются их супернадёжные и экономичные двигатели;

3) Deutz-Fahr (SAME DEUTZ-FAHR, <https://www.deutz-fahr.com>, Германия, Италия) – машиностроительная компания, продукция которой известна надёжностью, отличительным внешним дизайном и комфортом кабины, экономичностью двигателей при сохранении мощности и оснащением тракторов самыми современными высокоинтеллектуальными функциями;

4) Fendt (AGCO, <https://www.fendt.com/ru>, Германия) – машиностроительная компания, лозунгом которой является «опережая время», её машины наполнены всевозможными «умными» способностями, облегчающими их управление и эксплуатацию;

5) New Holland Agriculture (CNH Industrial, newholland.com, США) – производитель мощных, экономичных и эффективных машин, способных справляться с крупномасштабными работами. Именно у New Holland в свое время появился первый в мире водородный трактор под названием NH2;

6) John Deere (Deere & Company, www.deere.com, США) – машиностроительная компания, глобальный, крупнейший и старейший в мире производитель сельскохозяйственной техники.

Торговая марка Belarus (РУП «МТЗ», <http://www.belarus-tractor.com>, Беларусь) входит в десятку крупнейших производителей тракторной техники в мире, является экспорто-ориентированным предприятием. География поставок тракторов «Беларус» очень широка. С момента создания завода она насчитывает более 125 стран.

Однако сейчас на основных для производителя рынках стран СНГ тенденции негативные для экспорта. Там не решен вопрос государственного финансирования закупки тракторов, отсутствуют программы гос. поддержки по закупке сельскохозяйственной техники. Рецессия в странах ЕС, взаимные санкций привели к снижению объемов поставок белорусской техники. В связи с этим наблюдается тенденция уменьшения экспорта, а объемы их производства не становятся меньше, что делает внутренний рынок сельскохозяйственной техники Беларуси *профицитным* [1]. Ещё в первом квартале прошлого года Минский тракторный завод реализовал на первичном рынке по регионам страны 659 единиц техники на общую сумму свыше 75 млн. белорусских рублей [2].

При этом некоторые *крупные* сельскохозяйственные комплексы Республики Беларусь не редко отдают предпочтение таким маркам как Fendt, John Deere, объективно составляющим серьезную конкуренцию отечественному производителю. Сельскохозяйственные комплексы, датируемые государством, чаще приобретают такие тракторы как МТЗ-82 и МТЗ-1221, МТЗ-3022 и МТЗ-3522 (из более мощных). Самым распространенным трактором на территории страны является МТЗ-82. Он отличается своей многофункциональностью, маневренностью, экономичностью, доработанностью «классической» модели, конкурентной ценой, что и привлекает покупателей сельскохозяйственной техники.

Следует отметить, что существенной проблемой, объективно препятствующей развитию вторичного рынка сельскохозяйственной техники в Беларуси, является сравнительно не высокий обеспеченный платёжный спрос со стороны как средних и малых сельхозорганизаций, так и со стороны отдельных фермеров и домашних хозяйств. Лизинг – распространённый инструмент продвижения, что в некотором смысле, ограничивает применение Затратного и менее Сравнительного методов оценки стоимости.

В моменте даже крупные сельскохозяйственные организации практически не имеют свободных средств для обновления техники МТП и единственным источником для этого является «государственный» лизинг, осуществляемый за счет средств государственного бюджета Республики Беларусь.

Анализируя *вторичный рынок* тракторов Республики Беларусь, в статике на март 2022 г., можно отметить, что на нем представлено всего 584 котировок Цен предложений в ценовом диапазоне 810'394 BYN (1960 – 2022 гг.). Из них 335 ($\approx 45\%$) – это тракторы МТЗ в ценовом диапазоне 2'831 – 390'000 BYN (1960 – 2022 гг., новые) [3]. Сейчас большинство покупателей тракторов на вторичном рынке – домашние хозяйства в сельской местности (критерии: низкая стоимость, ненужность мощного функционала).

Наиболее ликвидная модель – МТЗ 82. Отметим предпочтения к модификациям «постарше», как более качественным и надежными (см. рисунок 1, метод тренда без «сглаживания тенденции» [3]).

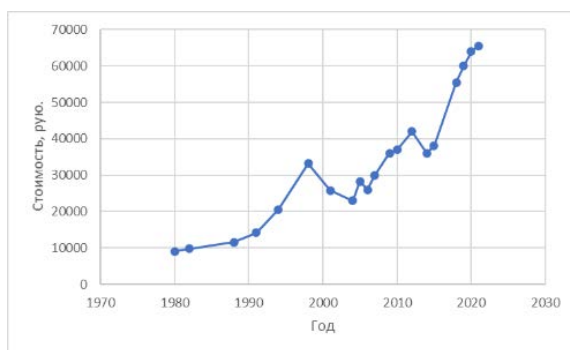


Рисунок 1 – Цены предложений тракторов МТЗ 82 [3]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На первичном и вторичном рынках тракторов Республики Беларусь конкурируют отечественная и зарубежная техника, оба рынка профицитные. Диапазоны вариации Ценовые предложения выше нормы, т. е. условия выполнения требований надежности Итогового результат оценки (\bar{v} , R^2) – сложные. Предложения, выбор на рынке по тех. характеристикам, функционалу объектов-аналогов – широки.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТБ 52.0.01-2017 Оценка стоимости объектов гражданских прав. Общие положения.
2. Анализ рынков сбыта РУП «МТЗ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studbooks.net/1814227/ekonomika/analiz_rynko_v_sbyta_strategiya_marketinga.
3. Av.by [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://av.by>.
Представлено 25.05.2022

УДК 629.114. 2

К УПРАВЛЕНИЮ ПОЛОЖЕНИЕМ ЦЕНТРА ДАВЛЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА

TO POSITION CONTROL OF THE CENTER OF PRESSURE OF THE TRACKED TRACTOR

Таяновский Г. А., канд. техн. наук, доц., **Филинович К. В.**,
Курило А. А., **Поцепня М. Г.**,

Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

G. Tayanousky, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
K. Filinovich, A. Kurylo, M. Pospelnyu,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Рассмотрен аспект управления центром давления гусеничного трактора при работе с крюковой нагрузкой.

The aspect of control of the center of pressure of a caterpillar tractor when working with a hook load is considered.

Ключевые слова: гусеничный трактор, центр давления

Keywords: crawler tractor, pressure center

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование гусеничного хода современных тракторов обеспечивает их более высокие тягово-сцепные свойства, проходимость, снижение давлений на почву. Конструктивно это достигается, среди прочего, применением резинотросовых гусеничных обво-

дов, регулированием их геометрии и положения гусеничных тележек относительно корпуса трактора.

Цель работы – выбор общей компоновки гусеничного хода трактора для обеспечения равномерной эпюры давления под опорными частями гусениц при изменении крюкового сопротивления.

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА И КООРДИНАТА ЦЕНТРА ДАВЛЕНИЯ

Как известно, центр давления – это точка приложения нормальной результирующей реакции почвы на опорную плоскость гусениц. При этом центр давления может не совпадать с проекцией центра масс трактора на опорную плоскость и не находиться в пределах ядра сечения опорных площадок гусениц, что не обеспечивает устойчивость.

Положение центра давления O_T показано на рисунке 1, который смещен от середины опорной площади гусениц в продольном направлении на расстояние a_0 . Центр масс трактора расположен в точке O . Определим величину смещения центра давления от середины опорной площадки контакта с грунтом. Запишем, уравнение моментов внешних сил и реакций, действующих на трактор относительно точки O_T .

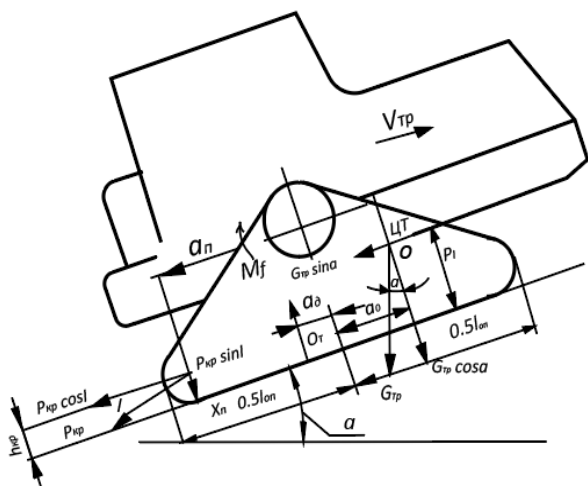


Рисунок 1 – Схема силовых факторов, действующих на трактор

$$G_{\text{тр}} \cdot \cos\alpha \cdot (a_{\text{д}} + a_0) = (P_j + G_{\text{тр}} \cdot \cos\alpha) \cdot h_{\text{ц}} + P_{\text{кр}} \cdot \cos\gamma \cdot h_{\text{кр}} + X_{\text{п}} \cdot h_x + P_{\text{кр}} \cdot \sin\gamma \cdot (a_{\text{ц}} - a_0 - a_{\text{д}}).$$

Выразим $a_{\text{д}}$ и получим:

$$\begin{aligned} a_{\text{д}} &= \frac{(G_{\text{тр}} \cdot \sin\alpha + P_j) \cdot h_{\text{ц}} + P_{\text{кр}} \cdot (h_{\text{кр}} + a_{\text{ц}} \cdot \sin\gamma) + M_f - a_0 (G_{\text{тр}} + P_{\text{кр}} \cdot \sin\gamma)}{G_{\text{тр}} \cdot \cos\alpha + P_{\text{кр}} \cdot \sin\gamma} = \\ &= \frac{(G_{\text{тр}} \cdot \sin\alpha + P_j) \cdot h_{\text{ц}} + P_{\text{кр}} \cdot (h_{\text{кр}} + a_{\text{ц}} \cdot \sin\gamma) + M_f}{G_{\text{тр}} \cdot \cos\alpha + P_{\text{кр}} \cdot \sin\gamma} - a_0. \end{aligned}$$

В полученном выражении $X_{\text{п}} \cdot h_x$ – это момент сопротивления от деформирования почвы гусеничным ходом – M_f , а P_j – сила инерции, если скорость $V_{\text{тр}}$ непостоянна.

При движении по горизонтальной поверхности с постоянной скоростью получим следующее выражение:

$$a_{\text{д}} = \frac{P_{\text{кр}} \cdot (h_{\text{кр}} + a_{\text{ц}} \cdot \sin\gamma)}{G_{\text{тр}} + P_{\text{кр}} \cdot \sin\gamma} - a_0.$$

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА ДАВЛЕНИЯ

Из предыдущего выражения следует, что высота точки сцепки, значение крюкового сопротивления, расположение гусеничных тележек и продольная координата центра масс трактора существенно влияют на смещение центра давления. Чем больше смещение, тем в большей степени эпюра нормальных реакций отличается от равномерной (прямоугольной), становится трапециевидальной или даже треугольной. В последнем случае не вся нижняя часть гусениц передает давление на грунт. Чем больше крюковое усилие, тем в большей степени эпюра отличается от равномерной, что приводит к большим затратам мощности на движение и является недостатком компоновки трактора с гусеницей с параллельными верхней и нижней ветвями [1, 2].

Существенными преимуществами в улучшении общей компоновки и тягово-сцепных свойств трактора обладает треугольный гусеничный обвод, однако и ему присуще смещение центра давления при увеличении крюкового сопротивления.

Использование резиновых гусеничных обводов позволяет уменьшать смещение центра давления до нуля за счет относительного сдвига гусеничных тележек (рисунок 2). Такое техническое решение применимо и для тракторов с четырьмя резиновыми гусеничными тележками.

При нулевом смещении центра давления, получим из последнего выражения требуемое соотношение, которое необходимо обеспечивать при работе трактора смещением гусеничных тележек в зависимости от значения крюкового усилия в сцепке трактора:

$$a_0 = \frac{P_{кр} \cdot (h_{кр} + a_{ц} \cdot \sin\gamma)}{G_{тр} + P_{кр} \cdot \sin\gamma}.$$

Полученное уравнение относительно a_0 является рекуррентным, так как $a_{ц}$ включает a_0 (рисунок 1).

Изменение $a_0(P_{кр})$ реализуется с помощью предлагаемой автоматической системы смещения рам резиновых гусеничных обводов относительно остова трактора (рисунок 2).

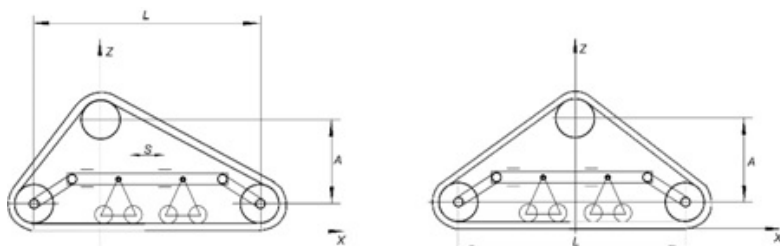


Рисунок 2 – Форма гусеничного обвода при смещении рам гусениц относительно остова трактора

L, A – постоянные параметры; S – сдвиг рамы тележки с резиновым обводом относительно остова трактора

Конструкции гусеничных тележек с резиновым обводом позволяют обеспечивать требуемое натяжение гусениц в пределах изменения их положения относительно остова трактора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрен физический аспект автоматического управления положением центра давления трактора, оборудованного резиновыми обводами гусеничных тележек, в зависимости от крюковой нагрузки для повышения показателей его эксплуатационных свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуськов В. В. Тракторы: Теория / В. В. Гуськов, Н. Н. Велев, Ю. Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В. В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.

2. Патент 2000235 С, Российская федерация, МПК В62Д 49/08. Устройство для регулирования положения центра давления гусеничного трактора: опублик. 07.09.1993.

Представлено 22.04.2022

УДК 629.7.02

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРОНОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

THE USE OF DRONES IN AGRICULTURE

Мамасалиева М. И.¹, ст. преп., **Абдурашидов А. У.**²,
¹Ташкентский государственный технический университет
им. Ислама Каримова, г. Ташкент, Узбекистан,

²Академический лицей при Ташкентском университете
информационных технологий им. Мухаммад Ал-Хоразми,
г. Ташкент, Узбекистан

M. Mamasaliev¹, Senior Lecturer, A. Abdurashidov²,
Islam Karimov Tashkent State Technical University)

²Academic lyceum at the Tashkent University of Information
Technologies named after Muhammad Al-Kharazmi

Данная статья посвящена обзору применения беспилотных летательных аппаратов, в сфере сельского хозяйства. Использование беспилотных летательных аппаратов (дроны) в сельском хозяйстве помогают решать такие задачи как создание и обновление

электронных карт обрабатываемых территорий, учёт сельскохозяйственных земель, планирование посевных работ, мониторинг за объемами и качеством выполняемых работ, прогноз урожайности посевных культур, контроль сбора урожая.

This article is devoted to the review of the use of unmanned aerial vehicles in the field of agriculture. The use of unmanned aerial vehicles in agriculture (drones) helps to solve such tasks as the creation and updating of electronic maps of cultivated areas, accounting of agricultural land, planning of sowing operations, monitoring of the volume and quality of work performed, crop yield forecast, harvest control.

Ключевые слова: дроны, беспилотники, беспилотные летательные аппараты, БПЛА, сельское хозяйство, распыление химических удобрений.

Keywords: drones, drones, unmanned aerial vehicles, UAVs, agriculture, spraying of chemical fertilizers,

INTRODUCTION

Drones and smartphones have become everyday tools for farmers. It is today, in the era of smartphones, that drones are gaining in popularity in agriculture. Drones in agriculture are not just about mapping, collecting information on crop use, and monitoring crop development. Today, drones are also used to spray plants and apply fertilizer.

These days, forward-thinking farmers are using industrial drones for everything from pest control to plant monitoring. Rapid software development makes drones less expensive and more autonomous, eliminating the need for professional pilots.

The history of drone use in agriculture is about 20 years old, but few farmers are actively using drones. The main obstacle to the adoption of drone technology is poor awareness of the benefits of drones and the seemingly high cost of the equipment. But when an instructor demonstrates the benefits and savings of using drones in agriculture, construction, surveying, and industry, many begin to think about buying one (figure 1).

THE MAIN PART

Modern smartphone apps make drones semi-autonomous, which makes them much easier to use. The farmer marks on his smartphone the land he needs, and the drone handles all other tasks on its own.



Figure 1 – Work performed by drones

A brief overview of the advantages and disadvantages of using drones in agriculture.

1. Pros:

- effectiveness;
- saving time;
- saving money;
- accuracy of crop treatment;
- due to the low height there is no risk of spraying someone else's territory;
- can be used at night;
- multiple uses;
- remote mapping;
- use in agricultural work.

2. Minuses:

- difficulties in operation for some farmers;
- frequent software updates;
- relatively small working area coverage;
- you can't fly everywhere (also applies to agricultural aviation).

The use of drones in agriculture is extremely important for farmers. Drones help farmers get a visual overview of the condition of their crops, as well as eliminate any factors that could lead to crop failure. Typically, farmers see an increase in their income after deploying drones. Aerial observation of agricultural operations brings good results for farmers. Drones offer an alternative way to monitor crops. Without drones, farmers have to work without days off to monitor the condition of their crops (figure 2). Drones help identify potential problems ahead of time, saving time and preserving the crop. Farmers are grateful for the use of drones

to prevent potential losses caused by disease or bad weather. They know that we take into account all the challenges that can arise when using drones. Technical analysts are aware of the nature of the problems associated with drone use. Experts conduct various studies to avoid similar problems recurring in the future.



Figure 2 – Drone control

Ease of use.

The use of drones in agriculture requires little effort. It takes very little time to deploy and launch the drone (figure 3). It is easy to operate using buttons or icons on a smartphone. A user guide is offered to help poppy berry farmers understand how to operate the drone. For example, you can launch the drone into flight with a single tap of the "Unlock" icon.

Reducing the farmer's production costs.

The regular use of drones helps reduce the cost of labor in agriculture. Drones improve the quality of crops before they reach the market. Drones are able to detect crop infestations. They also act as an alternative labor force. They help keep an eye on the farmland. By using drones to regularly report on crop quality, farmers reduce production costs and prevent rejected goods from reaching the consumer. In this way, farmers can recoup the cost of purchasing drones fairly quickly and avoid losses caused by infestation or plant diseases.

Fertilizer and insecticide spraying.

The drone sprays chemical fertilizer on the plant leaves. Fertilizers are applied immediately after sowing. Insecticides prevent animals or insects from invading farmland. And while people are at risk of various diseases as a result of contact with insecticides, drones are not affected by them.



Figure 3– Remote control of drones

Mapping

Agriculture is a labor-intensive industry. Drones are needed to carry out the tasks faced by farmers who grow poppy berries in difficult weather conditions. Farmers get tired quickly when doing mapping work. Drones make it easier for farmers to survey and measure large areas of land. Drones provide significant assistance in mapping agricultural products. They provide high-quality images, through which conclusions can be drawn about the current state of the farm. For example, it can be a question of topographical changes, construction of a new structure or damage caused by bad weather conditions. Modern drones, equipped with numerous functions, fly over the farm, taking pictures or spraying fertilizer. Such drones contribute to the agrarian revolution by greatly facilitating the mapping process.

Farmers often face drought or heavy rainfall. Some areas of land are more susceptible to drought or flooding than others, and drones help find those areas. With this help, farmers are able to save most of their crops.

Drones move over fertile land, identifying any potential threats to crops, and relaying that information to users (figure 4).

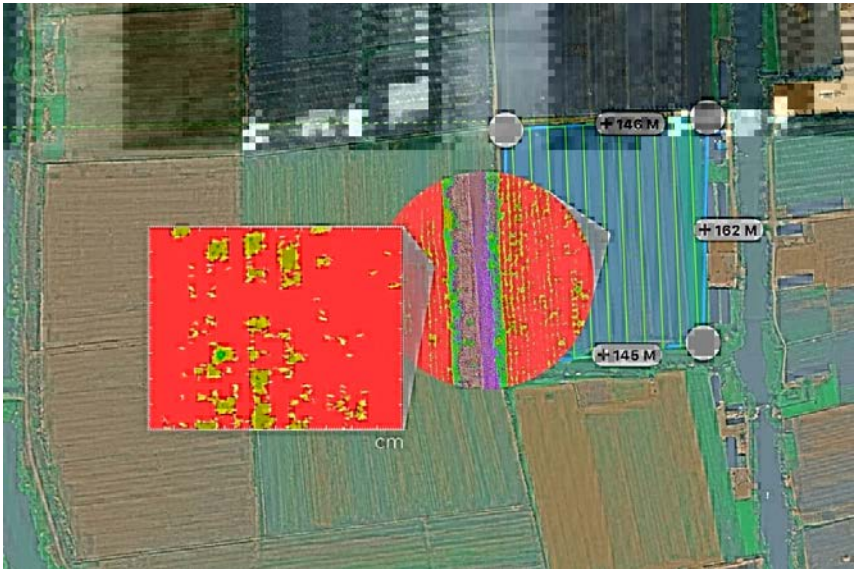


Figure 4 – Display of the terrain map

Prevention of animal and insect infestations.

Drones move over fields looking for potential animal or insect infestation threats. Drones are sent into flight to monitor the farm around the clock. Pest sightings alert farmers to the threat of an animal or insect infestation.

Diseases affect all crops. Animals or insects only need a few days to kill a crop. In the case of animals or insects, farmers suffer from a lack of objective information. Drones scare animals by using ultrasonic waves that irritate small animals and drive them away from the fields. Ultrasonic waves prevent the reappearance of insects.

Forecast and evaluation of crop quality.

The data collected during monitoring can be used to build various analytical reports. High quality products are needed to meet growing demand. Drones help farmers improve the quality of their future crops. They are equipped with light processing devices that allow them to visualize crops. The resulting images give farmers an idea of the condition of

the crop. Drones detect poor quality seeds to prevent the production of products that do not meet the required standards. Drones analyze crop quality after spraying plants with insecticides or medicines. This is necessary to track the effects of chemicals on crops because farmers must destroy crops damaged by insecticides.

CONCLUSION

Thus, automation is the next step in the evolution of drones. Due to the availability and fast payback period of drones, the main limiting factor is the small number of professional operators. But the situation can be remedied by increasing the level of automation.

In the last few years, there have been many experiments with drones in the fields. And many theoretical predictions have been statistically substantiated. The growing number of farms introducing UAVs into their work process is a confirmation of the positive research results.

SOURCES OF INFORMATION

1. Drones in the service of the world // Journal «Robotics and System Analysis» / Y. S. Grishina. – № 1, 2015.
2. Ustinov, A. N. Agricultural machines / A. N. Ustinov. – M. : Izdat. center «Academy», 2003. – 264 p.
3. Karpenko, A. N. Agricultural machines / A. N. Karpenko, V. M. Khalansky.– 5th ed. – Moscow: Kolos, 1983. – 495 p.
4. EBS «University Library online» [Electronic resource]. Access mode: <http://biblioclub.ru>, for registration. users. – Blank from the screen. – Yaz. rus.

Представлено 21.04.2022

УДК 629.4.027.52

КОНСТРУКЦИЯ ПРИВОДА КОЛЕСНОЙ ПАРЫ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ШИРИНОЙ КОЛЕИ

VARIABLE GAUGE WHEELSET DRIVE DESIGN

Мамонов Л. С., Дзёма А. А., магистр техн. наук, ст. преп.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
L. Mamonau,

A. Dzioma, Senior Lecturer, Master of Technical Sciences,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Разработана конструкция привода для колесной пары, оснащенной системой автоматического изменения ширины колеи DBAG/Rafil Type V, SUW2000 или KGCW-85.

A drive design for a wheelset equipped with an automatic track gauge changeover systems DBAG/Rafil Type V, SUW2000 or KGCW-85 is developed.

Ключевые слова: раздвижная колесная пара, колесная пара с регулируемой шириной колеи, система автоматического изменения ширины колеи, привод колесной пары, клин-пакетная муфта.

Keywords: shifting wheelset, variable gauge wheelset, automatic track gauge changeover system, wheelset drive, wedge-packet coupling.

ВВЕДЕНИЕ

Среди существующих систем автоматического изменения ширины колеи можно выделить две категории: в которых процесс изменения ширины колеи осуществляется при разгруженных от веса вагона колесах и в которых – при неразгруженных.

В первом случае, к которому относятся испанские системы Talgo, CAF-Brava [1], японская RTRI [2] и другие, колесные пары, как правило, разрабатывались в первую очередь для пассажирских поездов и характеризуются относительно невысокой грузоподъемностью, при этом с возможностью применения для ведущих осей и, соответственно, использования на моторвагонном подвижном составе.

Во втором случае, который преимущественно представлен немецкой системой DBAG/Rafil Type V и ее модификациями – польской SUW2000 и южнокорейской KGCW-85 [3], колесные пары разрабатывались наоборот в первую очередь для грузовых вагонов, ввиду чего пока еще не адаптирована их конструкция для ведущих осей и на стыковочных пунктах разрыва колеи происходит смена локомотива. И если для грузовых поездов это приемлемо, то для пассажирских поездов, в связи с распространением данных систем и на них, имеет смысл использование моторвагонных подвижных составов, для чего необходимо адаптировать конструкцию подвижных колесных пар второй группы систем к ведущим осям.

Кроме того, вышеперечисленные системы второй группы являются взаимозаменяемыми, то есть при различных механизмах блокировки колес (рисунок 1) они сохраняют общий принцип изменения ширины колеи, и для каждой системы подходит одно и то же переводное устройство, что ввиду наличия большого разнообразия систем является важным фактором, облегчающим их эксплуатацию на стыковочных пунктах.

Поэтому в данной работе описан разработанный привод от электродвигателя колесной пары, оснащенной не конкретной системой, а подходящей для группы унифицированных систем автоматического изменения ширины колеи.

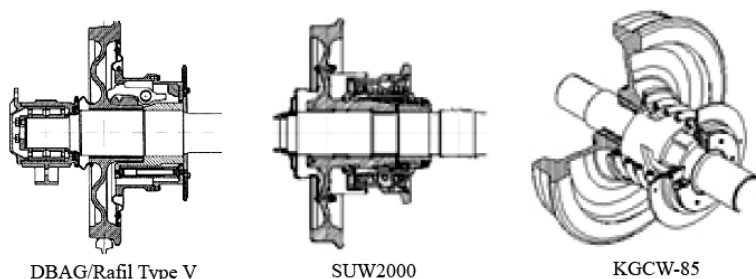


Рисунок 1 – Механизмы блокировки колес систем автоматического изменения ширины колеи [3]

КОНСТРУКЦИЯ ПРИВОДА

Основной проблемой конструирования трансмиссии для таких колесных пар является малое габаритное пространство для размещения редуктора, ввиду наличия механизмов блокировки на оси

между колесами. Кроме того, механизмы блокировки утяжеляют колесную пару (примерно до 1,8 т [3]) и дополнительная нагрузка от осевого редуктора будет способствовать снижению долговечности колесной пары и редуктора в том числе. Поэтому применение классических схем привода является невозможным.

Во избежание дополнительного нагружения колесной пары возникает необходимость опорно-рамного подвешивания электродвигателя и редуктора, выходной вал которого является полым и концентричным оси колесной пары. При такой схеме для передачи крутящего момента от редуктора к оси наибольшее распространение получили кольцевые клин-пакетные муфты, обеспечивающие компенсацию смещений и значительное гашение динамических нагрузок, в том числе ударных, передающихся от оси, за счет резинометаллических пакетов.

В разработанной конструкции привода (рисунок 2) для обеспечения компактности кольцевой клин-пакетной муфты, ее вторая звезда заменена на зубчатую муфту с бочкообразным зубом, втулкой которой является карданный полый вал, закрепленный через клиновые пакеты со звездой, напрессованной на ось колесной пары, а обоймой – полый вал редуктора, на который напрессовано зубчатое коническое колесо, входящее в зацепление с валом-шестерней, передающей через мембранную муфту крутящий момент от электродвигателя.

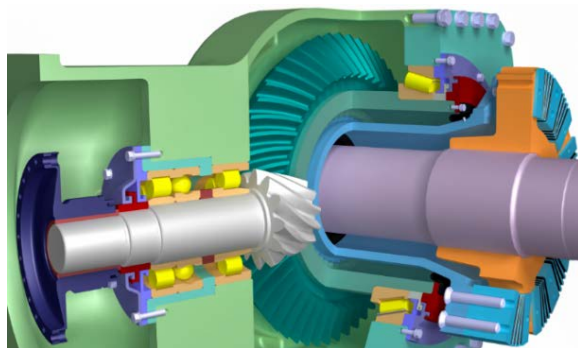


Рисунок 2 – 3D-модель редуктора колесной пары в разрезе

Применение угла конической передачи менее 90 градусов позволяет разместить два электродвигателя внутри габаритов тележки.

За смещение, блокировку колес и передачу на них крутящего момента от оси отвечают блокировочные механизмы в рамках существующих упомянутых систем изменения ширины колеи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная конструкция привода колесной пары позволяет применять системы автоматического изменения ширины колеи, такие как DBAG/Rafil Type V, SUW2000, KGCW-85, не только для вагонных тележек, но и для моторных, что открывает возможность создания электропоезда, оснащенного упомянутыми системами.

ЛИТЕРАТУРА

1. García-Álvarez, A. Automatic track gauge changeover for trains in Spain / A. García-Álvarez. – 4th ed. – Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 2010. – 108 p.
2. Developing a Gauge-Changing EMU / K. Oda [and oth.] // QR of RTRI. – 2003. – Vol. 44, No. 3. – P. 99–102.
3. Effectiveness Evaluation of the Bogie Exchange and the Automatic Variable Gauge System using LCC Analysis / Kwang-Woo Chung [and oth.] // Journal of the Korean Society for Railway. – 2012. Vol. 15, No. 4. – P. 334–342.

Представлено 14.04.2022

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СПОСОБА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ
КОЛЕСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

**EXPERIMENTAL IMPLEMENTATION OF THE METHOD FOR
DETERMINING THE BRAKING EFFICIENCY
WHEELED VEHICLE**

Рахлей А. И., канд. техн. наук, доц.,
Поварехо А. С., канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
A. Rakhley, PhD in Engineering, Associate Professor
A. Pavarekha, PhD in Engineering, Associate Professor,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Приведена методика и описание реализующего ее устройства для проведения экспериментальных исследований по оценке влияния внезапного повреждения (разгерметизации) пневматического тормозного привода на эффективность торможения транспортного средства и устойчивость его движения.

The methodology and description of the device implementing it for conducting experimental studies to assess the effect of sudden damage (depressurization) of the pneumatic brake actuator on the braking efficiency of the vehicle and the stability of its movement are given.

Ключевые слова: пневмопривод тормозов, атмосферное «окно», эффективность торможения, электропневмоклапан, курсовая устойчивость.

Keywords: pneumatic brakes, atmospheric "window", braking efficiency, electropneumatic valve, course stability.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение безопасности дорожного движения неразрывно связано с разработкой и совершенствованием систем активной безопасности, одной из которых является тормозная система, включающая тормозные механизмы, как исполнительные элементы, и тормозной привод, осуществляющий передачу управляющего сигнала

к исполнительным элементам тормозной системы.

Сокращение сроков разработки и внедрения новых конструктивных решений неразрывно связано с совершенствованием методик испытаний создаваемых узлов, агрегатов и систем. В данной статье рассматривается способ оценки эффективности пневматического тормозного привода при частичном нарушении его работоспособности, а также практическая реализация данного способа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ

Анализ литературных источников [1, 2] и результатов проведенных экспериментальных и теоретических исследований, проведенных на кафедре «Тракторы» БНТУ установлено, что для одиночного колесного транспортного средства, оборудованного тормозной системой с пневматическим приводом, наиболее опасным, с точки зрения сохранения курсовой устойчивости, является внезапное повреждение резиновой диафрагмы колесной тормозной камеры, или магистрали ее наполнения на участке от разветвителя 1 (рисунок 1) до входа в тормозную камеру 3. Кроме того определено влияние расстояния d на динамику падения давления сжатого воздуха в дальней тормозной камере по отношению к точке повреждения привода, а также площади образующегося при повреждении атмосферного «окна» на изменение давления сжатого воздуха как в дальней, так и в ближней от места повреждения тормозной камере.

Для определения зоны влияния образования внезапного повреждения привода, а также влияния площади атмосферного «окна», возникающего при упомянутом повреждении, на динамику торможения колесного транспортного средства был предложен способ определения эффективности торможения и устройство для его реализации, которое было испытано в процессе лабораторных и дорожных испытаний.

Предлагаемый способ заключается в том, что при экспериментальных исследованиях (полевых и стендовых) осуществляется несколько циклов экстренных торможений колесного транспортного средства, оборудованного устройством, реализующим рассматриваемый способ. В процессе торможения осуществляется имитация внезапного разрыва резиновой диафрагмы колесной тормозной камеры или магистрали ее наполнения, введением в привод атмо-

сферного «окна» на участке магистрали наполнения от разветвителя до одной из тормозных камер. Следует отметить, что утечка сжатого воздуха начинается после достижения давления воздуха в тормозных камерах колес одного моста своего максимального значения (точка А на рисунке 2).

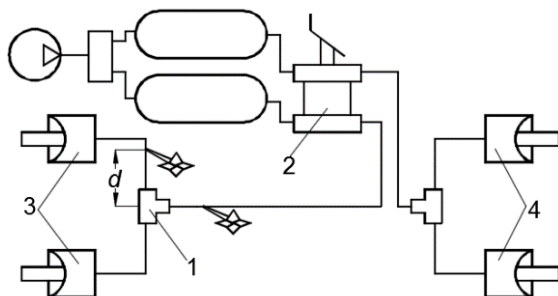


Рисунок 1 – Расположение атмосферного «окна» при имитации повреждения тормозного пневмопривода
1 – разветвитель; 2 – тормозной кран; 3, 4 – тормозные камеры

Изменяя площадь атмосферного окна, можно имитировать различный уровень утечки сжатого воздуха из магистралей наполнения тормозных камер. При этом размер «окна» увеличивается до размеров наполнительной магистрали, в которой оно вводится в привод. Естественно, что размер атмосферного «окна» будет оказывать влияние и на динамику изменения давлений в левой и правой тормозных камерах.

Кроме того, изменение положения «окна» также влияет на разницу давлений в левой и правой тормозных камерах, тем самым вызывая реализацию различных тормозных сил на колесах левого и правого бортов, что в конечном итоге приводит к отклонению траектории движения транспортного средства от прямой.

При стендовых испытаниях осуществляется регистрация изменения давления сжатого воздуха в тормозных камерах, а при проведении дорожных испытаний дополнительно замеряются такие показатели, как тормозной путь, установившееся замедление, динамический коридор, согласно нормативным документам [3].

Парные кривые, приведенные на рисунке 2 демонстрируют

изменение давления воздуха в ближней и дальней к месту утечки тормозных камерах. При этом расстояние между парными кривыми отражает неравномерность давлений в камерах и зависит как от размера «окна», так и от его местоположения в магистрали наполнения.

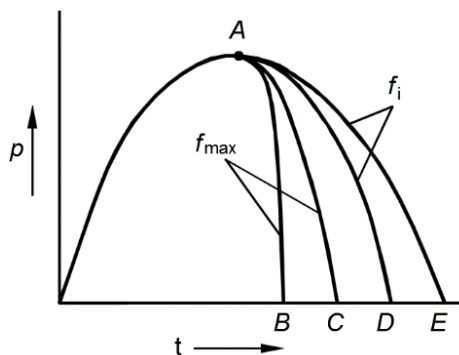


Рисунок 2 – Изменение давления сжатого воздуха в тормозных камерах f_{max} – при максимальной площади вводимого атмосферного «окна»; f_i – при промежуточном значении площади вводимого атмосферного «окна».

Для создания атмосферного «окна» в одну из магистралей наполнения устанавливается двухпозиционный электромагнитный клапан, у которого на атмосферном выходе находится регулируемый дроссель, имитирующий утечку сжатого воздуха. Электроклапан соединяет магистраль наполнения с атмосферой с помощью компаратора, сравнивающего сигналы от датчиков давления, установленных в ресивере и тормозной камере (момент достижения максимального давления).

На рисунке 3 приведен график изменения давления сжатого воздуха в тормозных камерах левого и правого колес в процессе реализации разработанного способа. Как видно из графика на рисунке 3 давление сжатого воздуха в правой тормозной камере, разрыв резиновой диафрагмы которой имитировался, с момента срабатывания электромагнитного клапана падает до нуля практически мгновенно, в то время как в левой тормозной камере (дальней по отношению к атмосферному «окну») падение давления до нуля происходит с запаздыванием, равным примерно 0,6 с.

Таким образом, в течение промежутка времени, равного примерно 0,6 с, торможение трактора происходило при увеличении рассогласования давлений, что привело к нарушению прямолинейности движения и отклонению трактора от прямолинейного направления движения на 0,8–1,1 м.

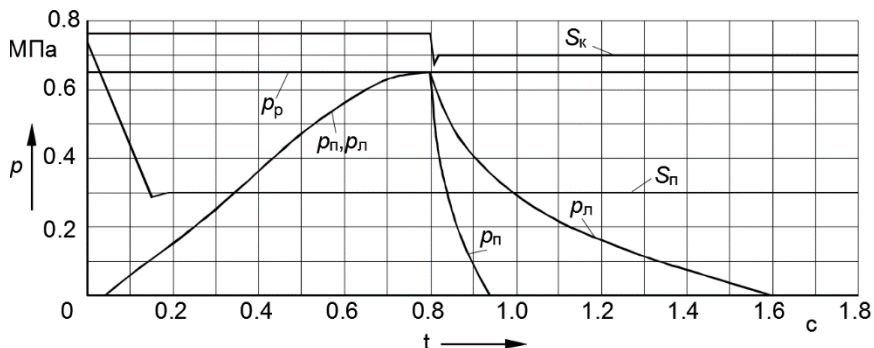


Рисунок 3 – Изменение давления сжатого воздуха в тормозных камерах в процессе реализации способа определения объективности торможения

p_p – давление сжатого воздуха в ресивере; p_n, p_l – давление сжатого воздуха в правой и левой передних тормозных камерах; S_n – перемещение тормозной педали; S_k – перемещение штока электромагнитного клапана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате реализации предлагаемого способа можно получить полную и достоверную характеристику зависимости эффективности торможения колесного транспортного средства, оборудованного пневматическим приводом тормозной системы от характерных повреждений привода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герджов, И. С. Техническое состояние автомобилей и безопасность движения / В. И. Герждов, И. С. Госьков, В. Д. Гардерман. – Киев: Техніка, 1978. – 151 с.
2. Рахлей, А. И. Следящий электропневматический тормозной привод модульного типа тракторного поезда : дис... канд. технич. наук : 05.05.03 / А. И. Рахлей. – Минск, 1993. – 180 с.

Представлено 03.04.2022

УДК 629.114.2.02-592

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИНЕРЦИОННЫХ МАСС
ТРАНСМИССИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОРМОЖЕНИЯ
ДВИГАТЕЛЕМ АВТОТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА**

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE INERTIAL MASS
OF THE TRANSMISSION ON THE BRAKING EFFICIENCY
OF THE MOTOR TRACTOR TRAIN**

Ивандиков М. П., канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь
M. Ivandikov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Приведены аналитические зависимости определения экстремальных замедлений при торможении тягача двигателем и результаты расчетов передаточных чисел трансмиссии.

The analytical dependences of the determination of extreme decelerations during braking of the tractor by the engine and the results of calculations of transmission ratios are given.

Ключевые слова: торможение двигателем, замедление, передаточное число трансмиссии, автотракторный поезд.

Keywords: engine braking, deceleration, transmission ratio, tractor train.

ВВЕДЕНИЕ

Торможение автотракторного поезда – это сложный процесс, зависящий от выходных характеристик тормозных систем каждого звена, степени их согласованности срабатывания. Рассматривается вариант торможения тягача вспомогательной тормозной системой («горный тормоз») и торможение прицепа рабочей тормозной системой.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИНЕРЦИОННЫХ МАСС ТРАНСМИССИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОРМОЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

Основным оценочным параметром качества торможения сочлененного транспортного средства является усилие в тягово-сцепном

устройстве, которое в динамических процессах является результатом взаимодействия приведенных масс тягача и прицепного звена.

Особенностью торможения двигателем автотракторного поезда является необходимость согласования эффективности торможения прицепа при переключении передачи трансмиссии в транспортном диапазоне.

Для определения влияния передаточного числа трансмиссии на горизонтальном участке движения в транспортном диапазоне на его эффективность проведен аналитический анализ зависимости замедления.

$$K = 0,5 \cdot \rho \cdot C_w$$

где А, В, С и D – постоянные для каждого транспортного средства коэффициенты, не зависящие от передаточного числа трансмиссии и равные:

$$A = m_T \cdot g \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha);$$

$$B = M_T / (\eta_{TP} \cdot r_K);$$

$$C = m_T + \frac{1}{r_K^2} \left[4J_K + \sum_{i=1}^{K_1} \frac{(J_i \cdot i_{i-K}^2)}{\eta_{i-K}} \right];$$

$$D = J_1 / (r_K^2 \cdot \eta_{TP}).$$

Коэффициенты А и В имеют размерность силы (Н), а С и D – массы (кг).

Полученная функция нелинейна и имеет экстремум. Для его нахождения возьмем производную

$$(\ddot{X}_T)' = \frac{-B \cdot D \cdot i_{TP}^2 - 2 \cdot A \cdot D \cdot i_{TP} + B \cdot C}{(C + D \cdot i_{TP}^2)^2}.$$

$$i_{\text{опт}} = \frac{2 \cdot A \cdot D \pm \sqrt{(2 \cdot A \cdot D)^2 - 4 \cdot B^2 \cdot C \cdot D}}{-2 \cdot B \cdot D} > 0.$$

Полученное выражение позволяет определять передаточное число трансмиссии, при котором замедление (ускорение) тягача достигает максимума.

Расчетные данные для трактора Т-150К приведены для значений: $M_T = 500 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $A = -2000 \text{ Н}$, $B = -865 \text{ Н}$, $C = 14200 \text{ кг}$ и для различных значений D (6.36, 12.72, и $19 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$) (рисунок 1).

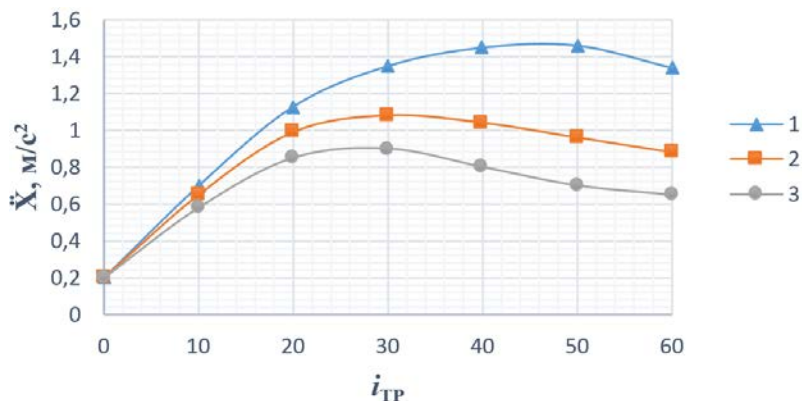


Рисунок 1: Изменение замедления транспортного средства при постоянном $M_T = 500 \text{ Н}\cdot\text{м}$ в зависимости от передаточного числа трансмиссии при $A = -2000 \text{ Н}$, $B = -865 \text{ Н}$, $C = 14200 \text{ кг}$ и для различных значений D :
1 – 6,36, 2 – 12,72, 3 – $19 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из полученных расчетных данных следует, что если передаточные числа трансмиссии близки к оптимальному значению, то эффективность торможения прицепного звена можно не согласовывать с включенной передачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивандиков М. П. Диссертация: Выбор параметров моторного тормоза-замедлителя и создание вспомогательной тормозной системы тракторного поезда на базе трактора класса 3. 1983, Минск.

Представлено 14.04.2022

MULTIDISCIPLINARY EXCAVATOR MODEL

Кравченко Александр Л., Гончарко А. А.,

Кравченко Алексей Л., Дробышевская О. В.,

ГНУ «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

Aliaksandr Krauchonak, A. Hancharka,

Aliaksei Krauchonak, O. Drobyshevskaya,

State Scientific Institution «Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Belarus

Приведено описание мультидисциплинарной расчетной модели экскаватора, включающей динамическую модель, модель гидросистемы и модель системы управления, реализованные соответственно в программах ADAMS и MATLAB. Динамическая модель обеспечивает динамические и кинематические характеристики механических систем экскаватора. Модель системы управления формирует управляющие сигналы, обеспечивающие порядок и величину перемещений рабочих органов экскаватора согласно его рабочим режимам. Применение такой мультидисциплинарной расчетной модели позволяет методом виртуальных испытаний оценить показатели устойчивости экскаватора и его максимальную грузоподъемность с учетом особенностей работы гидравлического оборудования.

The description of the excavator multidisciplinary design model, including the dynamic model, the hydraulic system model and the control system model, implemented in the ADAMS and MATLAB, respectively, is given. Dynamic model provides dynamic and kinematic characteristics of excavator mechanical systems. The control system model generates control signals that ensure the order and value of movements of the excavator working members according to its operating modes. The use of this a multidisciplinary design model makes it possible to assess the stability indicators of the excavator and its maximum load capacity by the method of virtual tests, taking into account the peculiarities of the hydraulic equipment.

Ключевые слова: экскаватор, динамическая модель, ADAMS, совместное моделирование, MATLAB Simscape.

Keywords: excavator, dynamic model, ADAMS, cosimulation, MATLAB Simscape.

ВВЕДЕНИЕ

Расчетные исследования сложных транспортных средств, таких как экскаватор, целесообразно проводить с использованием современных методов и средств компьютерного моделирования и виртуальных испытаний. Однако, для того чтобы в расчетной модели учесть и механические и гидравлические составляющие конструкции, а также систему управления рабочими органами и узлами экскаватора, использование узкоспециализированных комплексов недостаточно. К примеру, динамическая модель в программе ADAMS позволяет оценить силовую нагруженность рабочего оборудования только по заданным усилиям в гидроцилиндрах без учета протекание физических процессов в гидросистеме. А модели гидравлической системы экскаватора и системы управления этой системой в программе MATLAB дополняют возможности динамической модели, что в целом позволяет получить наиболее точные результаты расчетных исследований, так как моделирование эксплуатационных режимов нагружения в таком случае наиболее приближено к реальным условиям эксплуатации. Объединение современных программных средств позволяет вести расчеты в режиме совместного моделирования (cosimulation) [1]. Таким образом, создание мультидисциплинарных моделей, совмещающих в себе подмодели для решения локальных задач на более детальном уровне, является актуальным и в некоторых случаях, например, такой как моделирование нагрузочных режимов экскаваторов с учетом работы гидравлического оборудования, является необходимым условием, для достижения заданных целей и успешного решения поставленной задачи.

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ЭКСКАВАТОРА

Разрабатываемая в виртуальной среде компьютерная динамическая модель включает детально проработанные модели ковша, рукояти, стрелы, поворотной платформы, упрощенную

модель гусеничной тележки и соответствует по распределению масс проектируемому образцу.

На рисунке 1 представлен общий вид разрабатываемой динамической модели экскаватора в программе ADAMS.

Разрабатываемая модель включает 36 абсолютно твердых тел, моделирующих массо-инерционные характеристики основных конструкций и агрегатов, 40 шарниров для описания кинематических связей между ними и определения требуемых степеней свободы.

В ходе моделирования режимов работы экскаватора в среде ADAMS расчет прекращается при одном из следующих условий:

- при превышении действующими силами максимальных значений в одном из шарниров гидроцилиндров;
- при начале отрыва гусениц от основания (реакция равна нулю) [2].

Варианты нагружения по ISO 10567:2007 [3] показаны на рисунке 2.

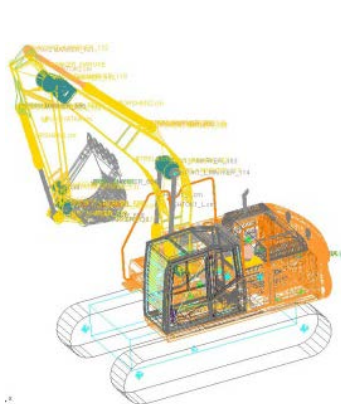


Рисунок 1 – Общий вид разработанной расчетной модели экскаватора.

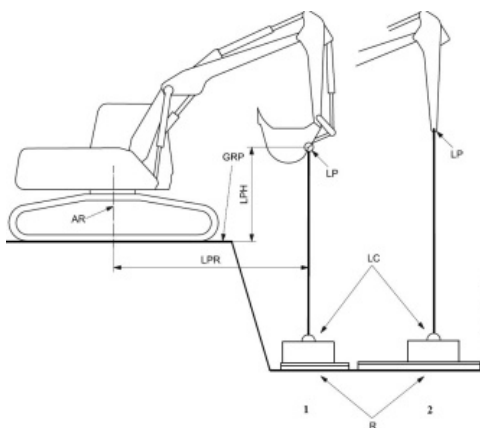


Рисунок 2 – Варианты нагружения экскаватора

AR – Ось вращения; GRP – земля эталонная плоскость; LC – тензодатчик; LP – точка з
акрепления груза; LPH – высота подъема груза;

LPR – радиус подъема груза;

R – рельсы.

1 – ПО с ковшом;

2 – ПО без ковша и гидроцилиндра ковша

Мультидисциплинарная – (совместная) модель ADAMS и MATLAB Simscape, показанная на рисунке 3, позволяет расширить функциональные возможности компьютерной модели, построенной в одном из указанных программных комплексов, например, провести расчетную оценку показателей устойчивости и грузоподъемности с полноценным функционированием системы управления гидрооборудованием. Кроме того, модель позволяет оценить баланс мощностей гидросистемы за расчетный цикл работы экскаватора при различных параметрах гидроцилиндров и насосов.

Для построения таблиц грузоподъемности используется один из рекомендованных шагов по высоте и радиусу копания, равный 1,5 м [3]. Полученное расчетное значение нагрузки заносится в соответствующую таблицу грузоподъемности.

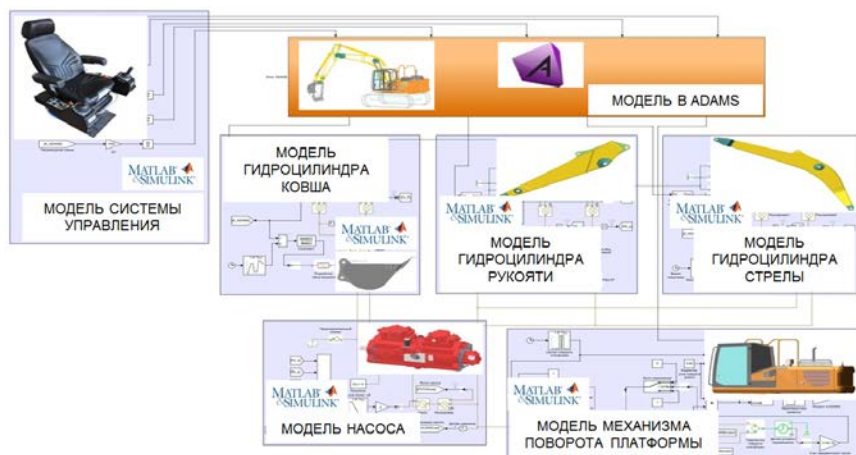


Рисунок 3 – Схема совместного моделирования ADAMS-MATLAB/Simscape

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В таблице представлены результаты компьютерного моделирования по определению показателей продольной устойчивости экскаватора в режиме с использованием стандартного рабочего оборудования (РО) согласно первому варианту нагружения (рисунок 2).

Проведение виртуальных испытаний для экскаватора со стандартным РО показало, что минимальная грузоподъем-

ность 3550 кг достигается при высоте копания 7,5 м на радиусе копания 6,0 м. Грузоподъемность в продольном направлении ограничивается гидравлическим усилием в цилиндрах рабочего оборудования, что больше номинальной грузоподъемности, величина которой составляет 3300 кг.

Таблица 1 – Номинальная грузоподъемность в точке крепления к ковшу, кг (режим нагружения 1, стандартное РО, продольная устойчивость)

Параметр		Радиус копания, м					
		1,5	3	4,5	6	7,5	Max*
Высота (глубина) копания, м	7,5	–	–	–	3550*	–	4750* [6,54м]
	6,0	–	–	–	3600*	–	4480* [7,61м]
	4,5	–	–	–	4180*	3900*	4480* [8,27м]
	3,0	–	7820*	6540*	5080*	4320*	4050 [8,62м]
	1,5	–	4330*	8250*	6040*	4850*	3930 [8,7м]
	0,0	–	5730*	7220*	6800*	4920	4060 [8,5м]
	–1,5	5540*	6740*	7100*	6960	4900	4440 [8,02м]
	–3,0	7280*	6610*	7400*	6950*	–	5360 [7,18м]
	–4,5	–	6850*	8380*	–	–	5860* [5,85м]

Примечание – Величины, обозначенные * соответствуют вариантам, когда грузоподъемность ограничена гидравлическим усилием в цилиндрах рабочего оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что создание мультидисциплинарной модели экскаватора позволило повысить ее адекватность и уточнить результаты виртуальных испытаний в процессе моделирования различных режимов эксплуатации за счет более детального моделирования систем управления гидравлического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Suspension System Dimensioning and Modelling for Co-Simulation with Simulink and Adams. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:846154/FULLTEXT01.pdf>
Дата доступа: 11.05.2022.

2. Обзор и анализ материалов по устойчивости экскаватора / Г. Н. Карасев, А. А. Степанов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdm.str-t.ru/publics/17/>. – Дата доступа: 11.05.2022.

3. Earth-moving machinery – Hydraulic excavators – Lift capacity: ISO 10567:2007. – Введ. 03.10.07. –2007. – 22 с.

Представлено 11.05.2022

УДК 629.113 – 578

ОЦЕНКА ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ФРИКЦИОННЫХ СЦЕПЛЕНИЙ ТРАНСПОРТНО-ТЯГОВЫХ МАШИН

EVALUATION OF APPROACHES TO DETERMINING THE THERMAL LOADING OF FRICTION CLUTCHES OF TRANSPORT AND TRACTION MACHINES

Поварехо А. С., канд. техн. наук, доц.,

Рахлей А. И., канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

A. Pavarekha, PhD in Engineering, Associate Professor,

A. Rakhley, PhD in Engineering, Associate Professor,

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

В статье рассмотрены различные подходы к определению основных параметров сцеплений автотракторной техники, используемые при проектном расчете. Особое внимание уделено сравнительному анализу методик оценки тепловой нагруженности и температурных режимов пар трения.

The article discusses approaches to determining the main parameters of clutches of automotive equipment used by various researchers in the

design calculation. Special attention is paid to the comparative analysis of methods for assessing thermal loading and temperature regimes of friction pairs.

Ключевые слова: сцепление, проектный расчет, тепловая нагруженность, температурный режим, буксование.

Keywords: coupling, design calculation, thermal loading, temperature regime, slipping.

ВВЕДЕНИЕ

Следует безоговорочно признать, что развитие современных IT-технологий, создание высокоуровневых CAD и CAE систем существенным образом повысили эффективность и качество проектных работ. Кроме того, это не могло не привести к изменению методологии проектирования, что касается исключения или изменения отдельных этапов и алгоритмов процесса проектирования.

В данной статье проведен анализ существующих методик проектного расчета сцеплений, выявление их преимуществ и недостатков и разработка предложений по проектированию сцеплений транспортно-тяговых машин с учетом используемого в современных САПР программного обеспечения. В частности, представлены имитационные модели, созданные в пакете MATLAB.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ФРИКЦИОННЫХ СЦЕПЛЕНИЙ КОЛЕСНЫХ МАШИН (КМ)

Как правило, определение основных параметров сцепления проводят после определения массы машины, выбора двигателя, определения схемы трансмиссии, разбиения передаточных отношений по агрегатам и передачам [1].

Как правило, реализуется в два этапа:

- определение основных размеров элементов сцепления из условия надежной передачи крутящего момента (определяется коэффициентом запаса);
- оценка тепловой нагруженности элементов сцепления в процессе буксования фрикционных пар и, при необходимости, корректировка его размеров.

Анализ процесса включения сцепления позволил сделать вывод, что его тепловая нагруженность (температурный режим) определяется работой A_{σ} и мощностью N_{σ} буксования, которые будут

наибольшими при трогании КМ с места, и для их нахождения достаточно использовать двухмассовую расчетную схему (рисунок 1):

В некоторых источниках высказывается мнение, что данная расчетная схема не позволяет оценить влияние упругих характеристик трансмиссии на работу сцепления. С этим можно согласиться, если целью моделирования является оценка функционирования упруго-демпфирующих элементов сцепления. Но в нашем случае, когда стоит задача выбора параметров его фрикционных элементов и определение их тепловой нагруженности, этого достаточно,

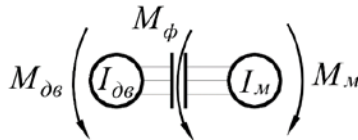


Рисунок 1 – Двухмассовая расчетная схема трогания машины
 $I_{дв}$; $I_{м}$ – приведенные моменты инерции двигателя и КМ соответственно; $M_{дв}$, $M_{ф}$, $M_{м}$ – приведенные моменты двигателя; фрикционного сцепления и сопротивления движению соответственно

Математическое описание процесса трогания имеет вид:

$$\begin{cases} I_{дв} \cdot \frac{d\omega_{дв}}{dt} = M_{дв} - M_{ф}; \\ I_{м} \cdot \frac{d\omega_{м}}{dt} = M_{ф} - M_{м}. \end{cases}, \quad (1)$$

где $\omega_{дв}$ и $\omega_{м}$ – угловые скорости инерционных звеньев, имитирующих двигатель и машину соответственно.

В данных уравнениях $M_{дв}$, $M_{ф}$, $\omega_{дв}$ изменяются в соответствии с характеристиками двигателя, законами управления двигателем, включением сцепления и т. д. Это не позволяет получить аналитические решение системы уравнений.

В «классических» методиках [1, 2] осуществляется линеаризация данной системы дифференциальных уравнений путем принятия целого ряда допущений: сцепление включается мгновенно; $M_{дв} = const$, $M_{ф} = const$ и $M_{м} = const$, крутящий момент двигателя равен фрикционному моменту сцепления и нарастает пропорционально времени;

Полученная при данных допущениях диаграмма разгона представлена на рисунке 2 а [1]. Для сравнения на рисунке 2 б приведена реальная диаграмма. Площадь заштрихованных областей определяет энерговыделение на фрикционных парах в процессе буксования. Как видно, имеет место существенная разница в нагруженности сцепления.

В работе [2] используются аналогичные допущения, но дополнительно рассматривается две схемы процесса трогания: с полкой, когда время буксования сцепления превышает время нарастания фрикционного момента и треугольная, когда замыкание сцепления происходит раньше, чем момент сцепления достигнет своего максимального значения. Однако деление носит условный характер и не исключает присущих ранее описанным подходам недостатков.

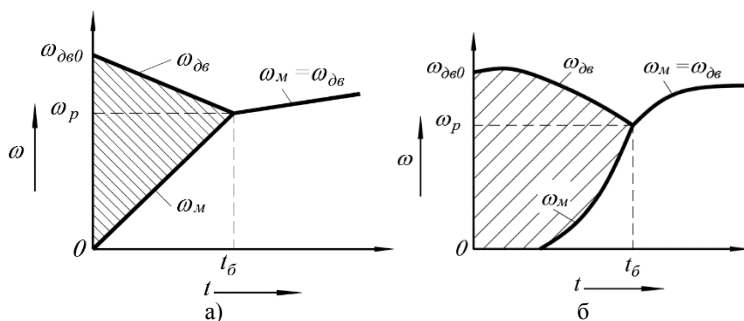


Рисунок 2 – Упрощенная (а) и реальная (б) диаграммы трогания

Наряду с аналитически полученными выражениями предлагается использовать эмпирические зависимости, полученные в результате статистической обработки экспериментальных данных [1]. Однако, эти данные были получены несколько десятилетий назад и, по видимому, требуют корректировки, так произошли серьезные изменения в конструкции силовых агрегатов автомобилей и систем управления ими.

Аналогичные недостатки имеют и другие методики, основанные на идеализации процесса трогания КМ.

Широкое внедрение компьютерных технологий в процесс проектирования позволяет использовать физические симуляционные модели, построенные с помощью библиотек типовых элементов прак-

тически без усложнения процесса расчета. К данным программным средствам, широко применяемым в автомобиле- и тракторостроении, можно отнести пакета MATLAB Simulink Simscape и Simcenter AMAsim.

Схема модели трогания машины с фрикционным сцеплением, созданная в MATLAB Simulink Simscape представлена на рисунке 3.

Подробное описание элементов схемы приведено в [3].

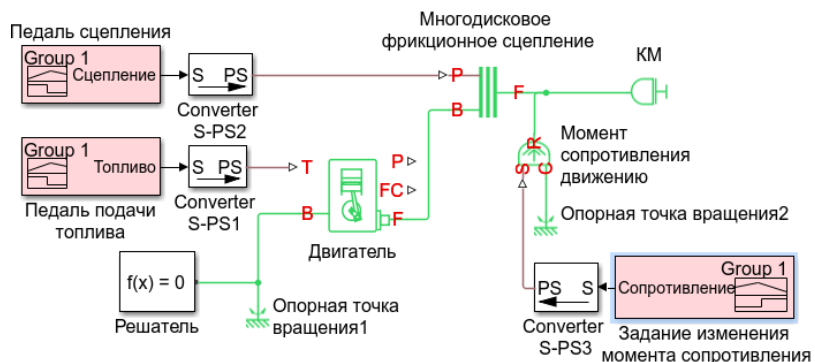


Рисунок 3 – Модель трогания машины с фрикционным сцеплением в MATLAB

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование современных симуляционных программных средств по сравнению с традиционными подходами к проектированию сцеплений позволяет задавать выходные параметры конкретного, а не некоторого абстрактного двигателя, варьировать характеристиками фрикционных пар и законами управления сцеплением и двигателем. За счет средств физического моделирования это реализуется достаточно просто и дает высокий эффект и точность уже на стадии проектных расчетов. Кроме того, эти модели легко компилируются со средствами конечно-элементного анализа для последующей оценки температурных режимов работы сцепления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование полноприводных колесных машин: Учеб. пособие: В 3-х т. / Б. А. Афанасьев, Б. Н. Белоусов, Г. И. Гладов и др.; Под ред. А. А. Полунгяна. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – Т. 1 – 496 с.; Т. 2 – 528 с.; Т. 3. – 432 с.

2. Шарипов, В. М. Проектирование механических, гидромеханических и гидрообъемных передач тракторов / В. М. Шарипов. – М. : МАМИ, 2002. – 300 с.

3. Поварехо, А. С. САПР машин. Инженерный анализ в среде MATLAB-Simulink : пособие для обучающихся по специальностям 1-37 01 03 «Тракторостроение», 1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины» (по направлениям), 1-37 01 05 «Электрический и автономный транспорт» / А. С. Поварехо, В. Н. Плищ. – Минск : БНТУ, 2022. – 71 с.

Представлено 15.04.2022

УДК 629.114.2

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОВОРОТОМ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF CATERPILLAR TURN CONTROL SYSTEMS

Андрукович С. Н., Поварех А. С.,

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

S. Andrukovich,

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Повышение скоростей движения и мощностных характеристик гусеничных машин (ГМ) предъявляют повышенные требования к системам управления движением машины, к которым относится система управления поворотом, обеспечивающая маневренность и скоростной режим движения машины в различных условиях движения. В статье приведены результаты анализа влияния конструктивного исполнения систем управления поворотом и эксплуатационных условий на выходные характеристики движения ГМ.

Increasing the speeds of movement and the power characteristics of tracked vehicles (GM) place increased demands on the vehicle motion control systems, which include a turn control system that provides maneuverability and high-speed mode of movement of the vehicle in various

driving conditions. The article presents the results of the analysis of the influence of the design of turn control systems and operating conditions on the output characteristics of GM movement.

Ключевые слова: гусеничная машина, скоростные качества, устойчивость, системы управления поворотом, маневренность.

Keywords: tracked vehicle, high-speed qualities, stability, turn control systems, maneuverability.

ВВЕДЕНИЕ

Работа выполнена под руководством Поварехо А. С., канд. техн. наук, доц.

Увеличение скоростных режимов движения ГМ приводит к необходимости создания и совершенствования их систем, обеспечивающих эксплуатационную безопасность. В решении этой задачи значительную роль играет совершенствование систем управления поворотом. При этом необходимо обеспечение высокого уровня маневрирования при соблюдении динамической устойчивости движения ГМ. Кроме того, переходные процессы, возникающие при входе в поворот, выходе из поворота, движении с переменным радиусом поворота и скоростями, вызывают дополнительные нагрузки, как в трансмиссии, так и ходовой системе ГМ. Естественно, задача заключается в минимизации этих нагрузок, которые в значительной степени определяются конструкцией систем поворота и алгоритмами их управления [1, 2].

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОВОРОТОМ ГМ

С точки зрения теории автоматического управления следует учитывать, что управляющее воздействие (входной сигнал) для изменения направления движения формируется оператором машины. Наличие обратной связи в системе позволяет обеспечить следящее действие – некую пропорциональность между задающим воздействием и траекторией движения (радиусом поворота) ГМ. Самого водителя также можно рассматривать как часть звена обратной связи, упреждающего занос машины (нарушение управляемости).

Соответственно можно утверждать, что качество управления ГМ зависит от конструкции и алгоритмов работы систем управления, а также индивидуальных качеств оператора, что в совокупности влияет на скоростные качества ГМ.

Одним из направлений повышения эффективности управления поворотом может рассматриваться совершенствование конструкций систем поворота и алгоритмов работы ее элементов.

Применяемые в настоящее время на ГМ системы поворота (СП) можно разделить на две группы – с дискретными и непрерывными свойствами.

На легких ГМ в качестве механизмов поворота (МП) используются бортовые фрикционы, которые устанавливаются между коробкой передач и бортовыми передачами и позволяющие изменять радиус поворота путем затормаживания ведущей звездочки отстающего борта. Данные МП обладают непрерывными свойствами, однако нестабильность фрикционных характеристик пар трения не позволяют обеспечивать стабильность радиуса поворота и усложняют работу СП. Более совершенными являются планетарные механизмы поворота (ПМП), которые имеют несколько конструктивных исполнений.

Самым простым является двухступенчатый ПМП. Данный ПМП обеспечивает скорость забегающей гусеницы, равную скорости при прямолинейном движении машины. Скорость отстающей гусеницы определяется ее затормаживанием тормозами данного ПМП.

Наиболее широко на современных высокоскоростных ГМ получили многопоточные механизмы поворота. Бесступенчатое (непрерывное) регулирование в таких передачах, как правило, это обеспечивается применением вариаторов или гидрообъемных передач с регулируемыми гидронасосами или гидромоторами.

Следует отметить, что данные бесступенчатые СП в свою очередь подразделяются на два варианта исполнения: дифференциальный и независимый.

На большинстве гусеничных шасси, используемых в ГМ военного назначения, производимых США, Германией, Францией, Великобританией используются СП с двумя суммирующими бортовыми планетарными редукторами. Главным из недостатков дифференциального привода является отбор большой мощности для функционирования гидрообъемной передачи в случае обеспечения высоких показателей поворачиваемости ГМ. Это вызвано необходимостью одновременной передачи мощности к ПМ обоих бортов.

С точки зрения кинематики при использовании дифференциальных суммирующих редукторов происходит одинаковое по ве-

личине уменьшение скорости отстающего борта и увеличение скорости забегающего борта. Скорость центра машины остается равной скорости движения перед выполнением поворота. План скоростей представлен на рисунке 1, б. В связи с этим на твердых, а также недеформируемых поверхностях возможно возникновение заноса, для предотвращения которого оператор должен заранее, перед выполнением маневра снизить скорость и даже перейти на низшую передачу.

Независимый способ поворота обеспечивает в повороте сохранение забегающему борту машины скорости движения до входа машины в поворот и автоматическое снижение скорость движения центра машины (рисунок 1, в). При этом скорость центра масс машины снижается пропорционально уменьшению радиуса поворота.

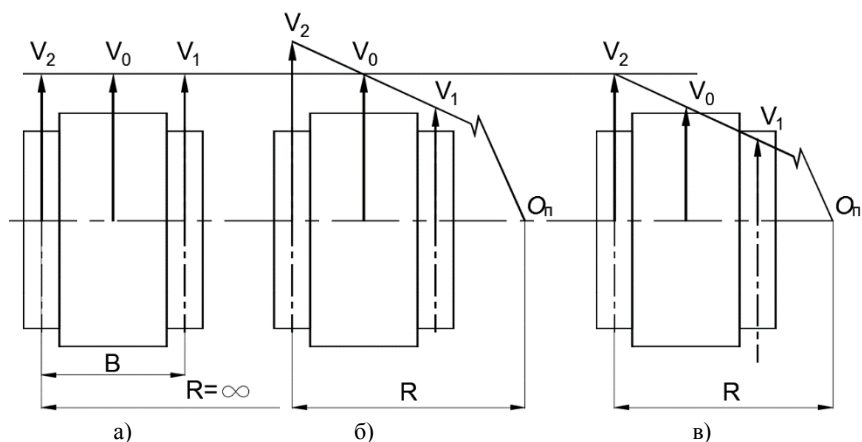


Рисунок 1 – Способы поворота ГМ

а – прямолинейное движение; б – дифференциальный; в – независимый

Для оценки управляемости ГМ при различных типах СП необходимо исследование динамических процессов при повороте машины и ее движении по криволинейным траекториям.

Из вышесказанного можно следует, что динамическая устойчивость при криволинейном движении ГМ в значительной степени зависит от свойств опорной поверхности, удельной мощности двигателя, которая определяет реализуемые удельные касательные силы тяги и конструктивного исполнения механизмов поворота (дис-

кретное регулирование или непрерывное регулирование при многопоточной силовой передаче).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований установлено следующее.

1. Реализация скоростных качеств ГМ на грунтовых поверхностях с относительно низким значением коэффициента объемного смятия в случае необходимости частой корректировки направления движения в значительной степени зависит от ее удельной мощности. Установлено, что с увеличением удельной мощности скоростные качества машин как с ступенчатыми, так и непрерывными свойствами систем управления практически выравниваются, но количество «подруливаний» у дискретно управляемых систем выше.

2. При движении по твердым грунтам и недеформируемым поверхностям скоростные свойства машин с дискретными свойствами системы управления поворотом существенно ниже по сравнению с системами управления поворотом непрерывного действия. Эта разница существенно зависит от быстродействия управления бортовыми редукторами, а также значительными боковыми ускорениями, которые приводят к потере сцепных условий и заносу машины.

3. Современные СП ГМ должны быть комплексными, обеспечивающими согласованную работу механизмов поворота, трансмиссии и двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забавников, Н. А. Основы теории транспортных гусеничных машин / Н. А. Забавников. – М. : Машиностроение, 1975.

2. Благодравов, А. А. Динамика управляемого движения гусеничной машины: учеб. пособие / А. А. Благодравов, В. Б. Держанский. – Курган: Изд-во Кург. машиностроит. ин-та, 1995. – 162 с.

Представлено 15.04.2022

УДК 631.372

МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MSC ADAMS МЕХАНИЗМА НАТЯЖЕНИЯ РЕЗИНОАРМИРОВАННОЙ ГУСЕНИЦЫ ТРАКТОРА

SIMULATION OF THE TENSION MECHANISM OF A RUBBER- REINFORCED TRACTOR TRACK IN THE MSC ADAMS ENVIRONMENT

Плищ В.Н., ст. препод.

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

V. Plishch, Senior Lecturer,

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Предложена методика, позволяющая на этапе проектирования моделировать работу механизма натяжения резиноармированной гусеницы сельскохозяйственного трактора. Приведены рекомендации по выбору величин давлений жидкости в механизме натяжения гусеницы трактора.

A technique is proposed that allows at the design stage to simulate the operation of the tension mechanism of a rubber-reinforced caterpillar of an agricultural tractor. Recommendations on the choice of fluid pressure values in the tractor track tension mechanism are given.

Ключевые слова: механизм натяжения, резиноармированная гусеница, гусеничный движитель, предварительное статическое натяжение гусеницы, гусеничный трактор.

Keywords: tension mechanism, rubber-reinforced caterpillar, crawler mover, preliminary static tension of the caterpillar, crawler tractor.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с применением на тракторах с упругими подвесками резиноармированных гусениц (РАГ) возникла проблема обеспечения их устойчивости (исключение сброса) в обводе движителя. Наиболее эффективным способом обеспечения устойчивости РАГ является правильно выбранное предварительное статическое натяжение (ПСН). Методика выбора ПСН для тракторов с РАГ и упругой подвеской приведена в работе [1]. ПСН в свою очередь создается с по-

мощью гидравлического механизма натяжения (МН) РАГ. Поэтому, важно знать, какое давление нужно создавать в гидроцилиндре МН РАГ для обеспечения требуемого ПСН. Решение подобного типа задач для кривошипных МН сельскохозяйственных тракторов освещено в работах [2, 3], причем вычисления проводятся относительно номинального положения кривошипа, соответствующего, как правило, статическому и не учитывается весь диапазон работы МН. В связи с этим, целью данной работы являлась разработка модели МН РАГ, позволяющей на этапе проектирования определять требуемое давление жидкости в МН в зависимости от рекомендуемой величины ПСН и угла положения кривошипа.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МЕХАНИЗМА НАТЯЖЕНИЯ РЕЗИНОАРМИРОВАННОЙ ГУСЕНИЦЫ ТРАКТОРА

Для решения данной задачи использовалось лицензионное программное обеспечение MSC Adams. Расчетная схема объекта моделирования и исходные данные для расчета приведены соответственно на рисунке 1 и таблице 1.

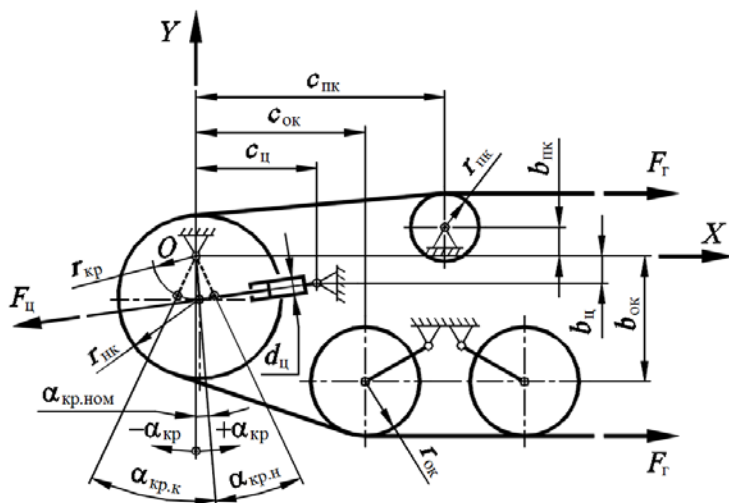


Рисунок 1 – Расчетная схема механизма натяжения гусеницы

Таблица 1 – Исходные данные для моделирования МН РАГ

Наименование параметра	Обозн.	Разм.	Знач.
Радиус направляющего колеса	$r_{нк}$	м	0,300
Радиус поддерживающего катка	$r_{пк}$	м	0,125
Радиус опорного катка	$r_{ок}$	м	0,200
Радиус кривошипа	$r_{кр}$	м	0,160
Горизонтальное расстояние от оси кривошипа до оси проушины цилиндра	$c_{ц}$	м	0,445
Горизонтальное расстояние от оси кривошипа до оси опорного катка	$c_{ок}$	м	0,622
Горизонтальное расстояние от оси кривошипа до оси поддерживающего катка	$c_{пк}$	м	0,915
Вертикальное расстояние от оси кривошипа до оси проушины цилиндра	$b_{ц}$	м	0,099
Вертикальное расстояние от оси кривошипа до оси опорного катка	$b_{ок}$	м	0,461
Вертикальное расстояние от оси кривошипа до оси поддерживающего катка	$b_{пк}$	м	0,106
Угол отклонения кривошипа от вертикальной оси в номинальном положении	$\alpha_{кр.ном}$	градус	5
Угол отклонения кривошипа от начального положения до номинального	$\alpha_{кр.н}$	градус	20
Угол отклонения кривошипа от номинального положения до конечного	$\alpha_{кр.к}$	градус	30
Внутренний диаметр гидроцилиндра	$d_{ц}$	м	0,063

Общий вид модели механизма натяжения резиноармированной гусеницы в среде MSC Adams представлен на рисунке 2.

Усилие $F_{ц}$, создаваемое гидроцилиндром МН, определялось по известной зависимости:

$$F_{ц} = p_{ц} \frac{\pi d_{ц}^2}{4}, \quad (1)$$

где $p_{ц}$ – давление рабочей жидкости в гидроцилиндре МН, Па.

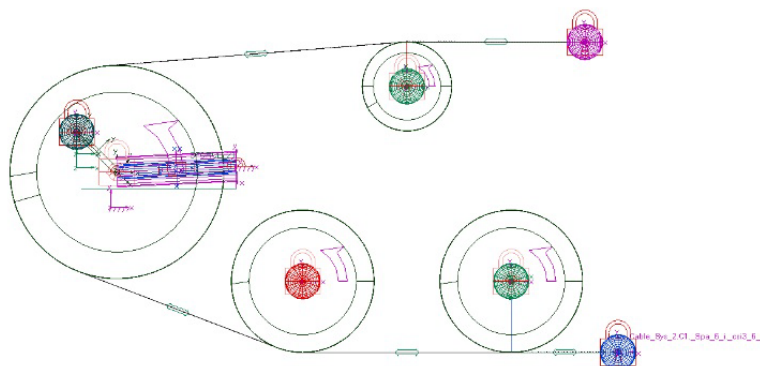


Рисунок 2 – Общий вид модели МН в среде MSC Adams

В результате моделирования в среде MSC Adams с учетом (1) получена номограмма растягивающих усилий в резиноармированной гусенице F_T при различных значениях $p_{ц}$ и углах положения кривошипа $\alpha_{кр}$ МН РАГ (рисунок 3).

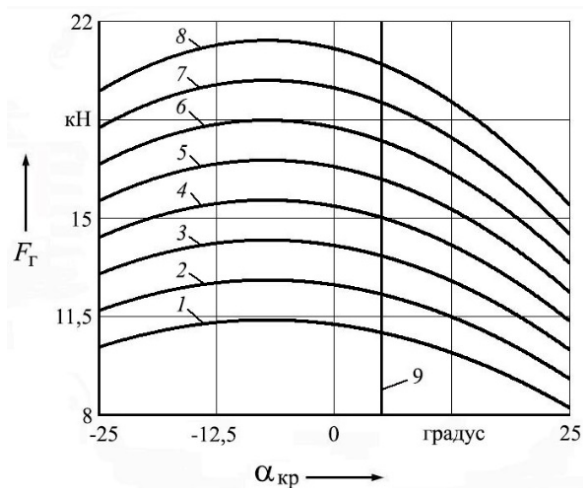


Рисунок 3 – Номограмма растягивающих усилий в РАГ при разных $p_{ц}$ и $\alpha_{кр}$

- 1 – $p_{ц} = 8$ МПа; 2 – $p_{ц} = 9$ МПа; 3 – $p_{ц} = 10$ МПа; 4 – $p_{ц} = 11$ МПа;
- 5 – $p_{ц} = 12$ МПа; 6 – $p_{ц} = 13$ МПа; 7 – $p_{ц} = 14$ МПа; 8 – $p_{ц} = 15$ МПа;
- 9 – $\alpha_{кр.ном} = 5^\circ$.

В работе [1] определены значения необходимого предварительного статического натяжения резиноармированных гусениц соответственно для тракторов Беларус 1802, 2102 и 2103: с упругой подвеской – 15,30, 15,05, 20,40 кН; с заблокированной подвеской – 10,43, 12,11, 14,51 кН. Величины соответствующих необходимых максимальных значений давлений в гидроцилиндре МН (расчетная схема МН – рисунок 1, исходные данные – таблица 1) для тракторов Беларус [1] при реализации максимального усилия на ведущем колесе с учетом работающей и заблокированной подвесок для режимов трогания и движения трактора в соответствии с номограммой усилий в РАГ (рисунок 3) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета максимальных значений необходимых давлений МН РАГ обводов тракторов Беларус при трогании и в движении с работающей и заблокированной подвесками

Режим работы подвески	Беларус 1802	Беларус 2102	Беларус 2103
Максимальные значения необходимого давления рабочей жидкости в гидроцилиндре при использовании МН в соответствии с расчетной схемой (рисунок 1) и конструктивными параметрами (таблица 1) гусеничных обводов тракторов Беларус с РАГ при трогании и в движении с реализацией максимального усилия на ведущем колесе, МПа			
включена	11	11	15
заблокирована	8	9	11

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены значения необходимого давления в гидроцилиндре МН РАГ соответственно для тракторов Беларус 1802, 2102 и 2103: с упругой подвеской – 11, 11, 15 МПа; с заблокированной подвеской – 8, 9, 11 МПа. Полученные значения давлений соответствуют рекомендуемым предварительным натяжениям согласно [1] и могут быть использованы при проектировании МН тракторов с РАГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жданович, Ч. И. Выбор предварительного натяжения резиноармированной гусеницы сельскохозяйственного трактора с упругой подвеской / Ч. И. Жданович, В. Н. Плищ // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграрн. наук – 2022. – Т. 60, № 2. – С. 243–256.
2. Анилович, В. Я. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов: справ. пособие / В. Я. Анилович,

Ю. Т. Водолажченко; под ред. проф. Б. П. Кашубы. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1976. – 456 с.

3. Шарипов, В. М. Конструирование и расчет тракторов / В. М. Шарипов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2009. – 752 с.

Представлено 26.05.2022

УДК 656.021

КОНЦЕПЦИИ ИСПОЛНЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТА

INFRASTRUCTURE CONCEPTS FOR AUTONOMOUS VEHICLES

Гончарова Е. А., ст. преп.,

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

E. Goncharova, Lecturer,

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

В данной статье рассматриваются варианты исполнения инфраструктуры для движения автономного транспорта.

This article discusses the options for surprises for cars with automatic control.

Ключевые слова: автономный транспорт, автоматизация движения, транспорт.

Keywords: autonomous vehicle, traffic automation, transport.

ВВЕДЕНИЕ

С тех пор, как появились первые автомобили, автомобильная промышленность не переставала развиваться. В последние годы, с выходом на рынок первых электромобилей, этот темп еще больше ускорился. Автомобильная промышленность продемонстрировала динамизм в соответствии с тенденциями и требованиями настоящего и будущего общества.

Автоматизированному вождению уделяется все больше внимания для всех видов транспорта. Наиболее часто приводимые дово-

ды в пользу этой технологии включают повышение эффективности транспорта, что приводит к лучшему использованию производственных мощностей и меньшему негативному воздействию окружающую среду. Вопросы безопасности также упоминаются довольно часто, в то время как в это же время эти проблемы безопасности вызывают наибольшие сомнения в отношении принятия таких систем.

УРОВНИ АВТОМАТИЗАЦИИ АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТА

Итак, для реализации общего алгоритма бепилотника необходимо пройти две стадии – автоматизацию авто и приборную цифровизацию дорожного пути или дорожной инфраструктуры.

SAE International (Международное общество автомобильных инженеров) была представлена система классификации транспортных средств по степени их автоматизации, начиная от транспортных средств уровня 0, полностью управляемых человеком, и заканчивая автономными транспортными средствами 5-го уровня. Автомобили 2-го уровня, которые могут, например, автономно регулировать скорость и помогать управлять транспортным средством при определенных условиях, доступны уже сегодня, но водитель должен все время следить за дорогой. Автономные автомобили 3-го уровня, которые уже были протестированы в уличном движении, могут самостоятельно ездить по большинству нанесенных на карту дорог, однако они все еще требуют участия водителя. Он должен обратить внимание и принять на себя управление после получения соответствующего уведомления. Тем не менее, автомобильная промышленность не прекращает свои усилия в направлении выпуска автономного автомобиля уровня 4 всего через два года. Такой автомобиль передвигается самостоятельно, например, по магистралям автодорогам, без участия водителя, водитель даже сможет поспать в своем сидении во время движения. Конечным этапом развития умного автомобиля должен стать 5-й уровень, который является полностью автономным, независимо от типа дороги, однако, возможность человека принять управление на себя, допускается [6].

Учитывая представленные выше уровни автоматизации, ниже рассмотрим 3 концепции для автоматизации транспортных средств.

КОНЦЕПЦИЯ: РАЗДЕЛЕННЫЙ ТРАФИК

С помощью этой концепции самоуправляемые транспортные могут использоваться для перевозки грузов. Примерами могут служить автономные транспортные средства на территории завода, а также региональные челночные перевозки, такие как перевозки в портах внутренних районов или транспортировка добытого сырья на соответствующие перерабатывающие предприятия [3]. Среда, в которой может быть реализован транспорт с самоуправляемыми транспортными средствами, имеет довольно низкую сложность и может легко управляться. В этом случае снижение сложности также предполагает минимальное взаимодействие с другими участниками дорожного движения. Кроме того, физическая инфраструктура адаптируется с помощью структурных мер для разделения транспортных средств с автономным управлением и других участников дорожного движения. Хотя в транспортном средстве больше нет водителя, необходим мониторинг рабочей зоны автономных транспортных средств, поскольку транспортные средства не могут справляться со сложными событиями из-за простой среды. Скорость, с которой движется такая система, зависит от времени, необходимого для экстренного торможения, и степени отрыва от других участников дорожного движения [4].

КОНЦЕПЦИЯ: СМЕШАННЫЙ ТРАФИК, НО ФИКСИРОВАННЫЕ МАРШРУТЫ

В этой концепции автономные транспортные средства разрешены только на выделенных маршрутах, например, между терминалами в пределах одного порта или на выделенных маршрутах между двумя портами. Это приводит к снижению сложности дорожных систем и инфраструктуры. Эта концепция внедрения позволяет проводить испытания вновь разработанных транспортных средств в реальных условиях. С юридической точки зрения автономные транспортные средства могут использоваться только в общественных местах на определенных маршрутах.

Поскольку транспортные средства до уровня автоматизации 4 не способны справиться со всеми дорожными ситуациями, заранее выбранный маршрут снижает вероятность возникновения такой ситуации [6]. В случае использования общественного транспорта шаттлы, как правило, будут работать в пределах ограниченных зон

или по заранее определенным маршрутам, по крайней мере, на ранних стадиях применения. Следовательно, необходимость в эксплуатации “везде” менее критична, и это может быть привлекательной альтернативой для настройки инфраструктуры (например, с помощью электронного трека и некоторых барьеров для защиты от других трафиков и для повышения производительности системы [5].

КОНЦЕПЦИЯ: СМЕШАННОЕ ДВИЖЕНИЕ И СВОБОДНЫЙ ВЫБОР МАРШРУТА

Существенным условием использования автономных транспортных средств в условиях смешанного движения является то, что транспортное средство может выполнять все задачи вождения в любых условиях и в любых ситуациях. Таким образом, эта концепция может быть применена только с автоматизацией 5-го уровня. Кроме того, различные требования предъявляются как к физической, так и к коммуникационной инфраструктуре. Для функциональности автономных транспортных средств и системы обеспечения и степень подключения к беспроводным технологиям, таким как DSRC и, возможно, 5G, имеют первостепенное значение. Однако проблема заключается в подключении, а не в пропускной способности. Требования к физической инфраструктуре пока не могут быть четко определены, поскольку необходимость структурного разделения между автономными транспортными средствами и другими участниками дорожного движения определяется достижимой технологической зрелостью.

В настоящее время пока невозможно определить, какие ситуации никогда не могут быть разрешены автономным транспортным средством и должны быть предотвращены с помощью структурных мер [4]. Для интеграции транспортных средств с автономным управлением в обычное движение без потери пропускной способности необходимы технические решения для транспортных узлов, а также необходимо разработать структурные и нормативные корректировки [5]. Для городского вождения особенно необходимо изменить условную совместимость между пересекающимися транспортными потоками потому что автономные транспортные средства не могут справиться с такими ситуациями. Это можно было бы решить с помощью отдельной фазы зеленого сигнала светофора для автономных транспортных средств, которым не нужны

специальные правила дорожного движения, когда возможна связь V2X, или отдельной фазы зеленого сигнала светофора для пешеходов и велосипедистов [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Планирование дорожной инфраструктуры должно учитывать требования к автономным транспортным средствам также на начальном этапе. Несмотря на то, что общая идея автономных транспортных средств заключается в том, что они должны быть способны справляться с любыми условиями инфраструктуры, на этапе их появления им потребуется дополнительная помощь со стороны надежной физической инфраструктуры – высококачественных тротуаров, неповрежденной (дорожной) разметки и цифровой инфраструктуры в виде сетей. В то время как разработка автономных транспортных средств все еще находится в стадии разработки, необходимо уделить особое внимание на такие аспекты, как: подготовка дорог высококачественным дорожным покрытием, чтобы свести к минимуму раздражение автомобильных датчиков; обеспечить высокое качество формирования, контрастность и регулярное техническое обслуживание дорожной разметки для легкости ее считывания, обеспечить в качестве дополнительной поддержки системы дорожного ориентирования и дорожные демаркационные знаки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Featherstone [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/chi.842>. – Дата доступа: 04.03.2022.
2. UX/UI элементы в дисплеях автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.toptal.com/designers/interactive/amazing-vehicle-ui>. – Дата доступа: 04.05.2022.
3. DHL Trend Research [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dhl.com/cn-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/key-logistics-trends-in-life-sciences-2020.html>. – Дата доступа: 04.04.2022.
4. UX элементы в системе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590198221001603>. – Дата доступа: 16.05.2022.

5. ADAS система для автономных автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.i-micronews.com/products/sensing-and-computing-for-adas-vehicle-020/?utm_source=Yole&utm_medium=relatedreports_Sample&utm_campaign=r_LiDAR_Sept2021. – Дата доступа: 05.04.2022.

6. Knaufautomotive.com [Электронный ресурс] / <https://knaufautomotive.com/ru/avtonomnyu-avtomobil-kogda-mashine-bolshe-ne-nuzhen-voditel>. – Дата доступа: 16.05.2022.

Представлено 15.05.2022

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
МОБИЛЬНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

УДК 629.11.004.58-82

**СХЕМА СТЕНДА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ
МОДУЛЯТОРА АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ ТОРМОЗНОЙ
СИСТЕМЫ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА ОСОБО
БОЛЬШОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ**

**STAND SCHEME AND TESTING TECHNIQUE FOR
THE MODULATOR OF THE ANTI-LOCK BRAKE SYSTEM
OF A MINING DUMP TRUCK WITH A VERY HIGH
LOAD CAPACITY**

Жилевич М. И., канд. техн. наук, доц.,
Ермилов С. В., ст. преп., **Коваленко Е. В.**, студ.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
M. Zhylevich, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
S. Ermilov, Senior Lecturer, E. Kovalenko, Student,
Belarusian national technical University, Minsk, Republic of Belarus

Представлены стенд и методика проведения испытаний модулятора антиблокировочной тормозной системы карьерного самосвала.

The stand and methodology for testing the modulator-torus of the anti-lock braking system of a mining dump truck are presented.

Ключевые слова: тормозной гидропривод, модулятор, стенд, методика испытаний, антиблокировочная система.

Keywords: brake hydraulic drive, modulator, stand, test procedure, anti-lock braking system.

ВВЕДЕНИЕ

Антиблокировочная система (АБС) является обязательной опцией практически всех видов автотранспортных средств, обеспечивающей их активную безопасность. Тем не менее, применение АБС на карьерных самосвалах нормативными документами не регламентировано, хотя ведущие производители такой техники все более настойчиво продвигают идею использования АБС на своей продукции. Одна из причин, препятствующих реализации АБС на карьерных самосвалах особо большой грузоподъемности – большие габа-

риты исполнительных элементов тормозного гидропривода и, как следствие, повышенный расход рабочей жидкости через модулятор, что особенно сказывается на фазе экстренного торможения.

Для решения поставленной задачи предложено схемное решение модулятора на уровне патента на изобретение [1].

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ МОДУЛЯТОРА АБС

Для проверки работоспособности модулятора по предложенной схеме и оценки его рабочих характеристик разработаны схема стенда (рисунок 1) и составлена методика проведения испытаний.

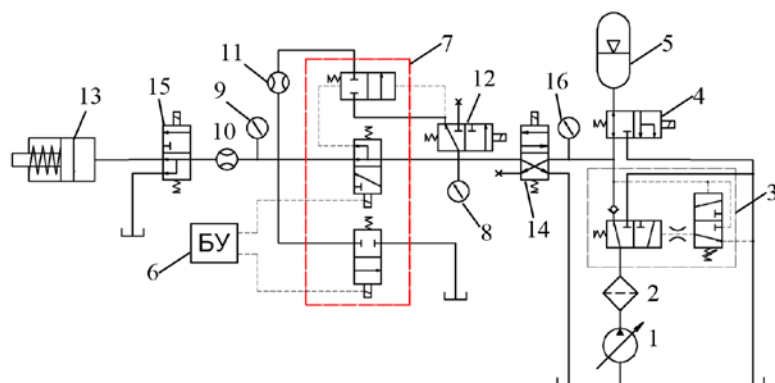


Рисунок 1 – Схема стенда

1 – регулируемый насос; 2 – фильтр; 3 – автомат разгрузки насоса; 4 – клапан сброса давления; 5 – пневмогидравлический аккумулятор; 6 – блок управления;
7 – испытуемый модулятор АБС; 8, 9, 16 – датчики давления; 10, 11 – датчики расхода; 12 – клапан отключения вспомогательной линии; 13 – исполнительный гидроцилиндр; 14 – распределитель; 15 – клапан включения исполнительного гидроцилиндра

Стендовые испытания позволяют:

- 1) определить статическую характеристику модулятора;
- 2) оценить быстродействия модулятора при первом экстренном торможении;
- 3) оценить работоспособность модулятора в циклическом режиме работы.

Стенд включает в себя насосно-аккумуляторную установку; испытуемый модулятор АБС; датчики расхода и давления и исполнительный гидроцилиндр. Датчики давления установлены

на входе и выходе модулятора и позволяют определить перепад давления на исследуемом аппарате. Один расходомер устанавливается на выходе модулятора АБС и позволяет определить расход жидкости, идущей через модулятор, второй – во вспомогательной линии, пропускающей дополнительный поток жидкости к исполнительному гидроцилиндру. Управление модулятором АБС в циклическом режиме работы осуществляется блоком управления (БУ), генерирующим управляющие импульсы с заданной частотой и последовательностью.

В соответствии с программой испытаний регистрируются: напряжение на электромагнитах модулятора; давление на входе и выходе из модулятора; расходы через модулятор и вспомогательную линию.

Информация, поступающая от датчиков, передается на персональный компьютер с установленным специальным программным обеспечением и сохраняется на жестком диске.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Перед испытаниями необходимо подключить к насосной установке модулятор, датчики расхода и давления в соответствии принципиальной гидравлической схемой стенда (рисунок 1).

До включения необходимо разгрузить стенд, подавая сигнал на электромагнит клапана сброса давления, и максимально ослабить пружину автомата разгрузки насоса.

После запуска стенда необходимо установить максимальную подачу регулируемого насоса 1 и настроить рабочее давление в системе, поворачивая винт регулировки жесткости пружины автомата разгрузки насоса. Контроль давления в системе осуществляется по показаниям датчика давления 17.

Далее необходимо подать сигнал на электромагнит распределителя 16 и зафиксировать показания датчиков давления 8 и 9 и датчиков расхода 10 и 11 при включенной (сигнал на электромагните клапана 12 отсутствует) и отключенной (подан сигнал на электромагнит клапана 12) вспомогательной линии. В завершение необходимо снять сигнал электромагнита распределителя 16.

Повторить данную процедуру, изменяя расход рабочей жидкости в системе путем поворачивая регулировочный винт насоса 1 от мак-

симального положения до минимального для пяти-шести примерно равноудаленных положений регулировочного винта.

Полученные данные позволяют получить расходно-перепадные характеристики модулятора АБС с включенным и отключенным вспомогательным клапаном и оценить его влияние на снижение гидравлических потерь в приводе.

Быстродействие тормозного гидропривода с модулятором АБС определяется следующим образом. Необходимо разгрузить и настроить стенд на максимальный расход и рабочее давление и включить клапан 15. За время срабатывания привода принимается интервал от момента включения электромагнита распределителя 16 до момента выравнивания давлений на датчиках 8, 9, 17. Испытания проводятся при включенном и отключенном вспомогательном клапане и насосе.

На следующем этапе необходимо оценить работу системы в режиме имитация работы АБС путем формирования БУ последовательности сигналов управления впускным и выпускным клапанами модулятора с заданной частотой по двух- либо трехфазному алгоритму.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложены схема стенда и методика испытаний модулятора АБС карьерного автомобиля-самосвала особо большой грузоподъемности, позволяющие оценить работоспособность и рабочие характеристики модулятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модулятор гидравлического тормозного привода с большим расходом рабочей жидкости / М. И. Жилевич, С. В. Ермилов, П. Р. Бартош, П. Н. Кишкевич // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета [Текст] : сб. науч. тр. / Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-т ; редкол.: Богомолов В. А. (глав. ред.) [и др.]. – Харьков : ХНАДУ, 2016. – Вып. 75. – С. 83–88.

Представлено 15.05.2022

ОЦЕНКА РИСКА ПРИ ВЫБОРЕ ПОРОГОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОПРИВОДОВ

RISK ASSESSMENT WHEN SELECTING THRESHOLD VALUES OF DIAGNOSTIC PARAMETERS OF HYDRAULIC DRIVES

Жилевич М. И., канд. техн. наук, доц.,
Ермилов С. В., ст. преп., **Макаренко В. С.**, студ.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
M. Zhylevich, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
S. Ermilov, Senior Lecturer, V. Makarenko, Student,
Belarusian national technical University, Minsk, Republic of Belarus

Рассмотрены метод и формула для количественной оценки риска в процессе выбора диагностических признаков технического состояния гидроприводов.

A method and a formula for a quantitative risk assessment in the process of choosing diagnostic features of the technical condition of hydraulic drives are considered.

Ключевые слова: гидропривод, диагностический признак, ошибка, пороговое значение, статистика, техническое состояние.

Keywords: hydraulic, diagnostic feature, error, threshold, statistics, technical condition.

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача технической диагностики – распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной информации. В ряде случаев необходимо распознать один из двух диагнозов – «исправен» или «несправен».

Существуют два основных подхода к задаче распознавания: вероятностный и детерминистский. Наиболее общими являются вероятностные методы, которые предполагают статистический характер появления неисправностей и характеризующих их признаков. Методы статистических решений рекомендуется применять в тех слу-

чаях, когда априорных статистических данных по отказам и неисправностям гидросистем недостаточно.

ФОРМУЛА РИСКА

Рассмотрим процесс распознавания технического состояния насоса гидропривода при наличии одного диагностического параметра. В качестве диагностического параметра k можно принять утечки в гидроприводе (или k – его объемный КПД).

Задача состоит в выборе такого порогового значения параметра k_0 , что при $k < k_0$ можно принимать решение о дальнейшей эксплуатации насоса, а при $k > k_0$ (повышенные утечки, малый КПД) – считать насос неисправным и приостанавливать его эксплуатацию. В конечном счете, задача сводится к разделению всего пространства состояний на два класса («исправен» – «неисправен»). Такую диагностику называют дифференциальной, или дихотомией.

Будем считать, что D_1 – исправное состояние; D_2 – наличие дефекта. Правило решения в этом случае имеет вид: если $k < k_0$, то $k \in D_1$; если $k > k_0$, то $k \in D_2$.

По общим утечкам в приводе нельзя сделать однозначный вывод о неисправности насоса. Утечки могут быть обусловлены неисправностью распределителя, нарушением герметичности уплотнений гидродвигателя, гидроаппаратов, трубопроводов и др.

Распределение плотности вероятности диагностического признака для исправного и неисправного состояний во многих случаях имеет вид, показанный на рисунке 1. Важным является то обстоятельство, что области исправного и дефектного состояний пересекаются. То есть повышенные утечки в приводе ($k > k_0$) могут быть и при исправном насосе, и безошибочно выбрать k_0 для однозначно-го принятия решения о диагнозе, невозможно.

Задача состоит в выборе некоторого рационального значения k_0 , позволяющего минимизировать опасность и последствия принимаемого решения о техническом состоянии (диагнозе) гидропривода.

При принятии решений о диагнозе возможны ошибки двух видов: ложная тревога и пропуск дефекта. Ложной тревогой называют случай, когда принимается решение о наличии дефекта, но в действительности система находится в исправном состоянии (принимается диагноз D_2 вместо реального диагноза D_1). Пропуск дефекта – случай, когда принимается решение об исправном состоянии,

но в действительности в системе имеется неисправность (принимается диагноз D_1 вместо действительного D_2).

Гипотезы о техническом состоянии гидропривода обозначим H_{ij} , причем индекс i соответствует принятому диагнозу, j - действительному диагнозу: H_{12} – пропуск неисправности; H_{21} – ложная тревога.

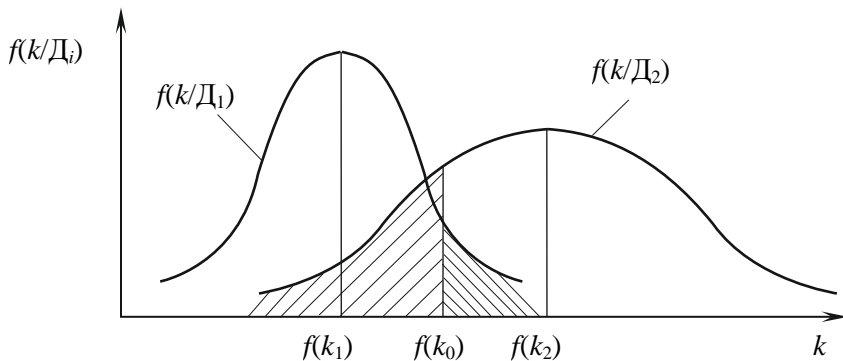


Рисунок 1 – Распределения плотности вероятности диагностического параметра k для исправного D_1 и дефектного D_2 состояний

Вероятность ложной тревоги $P(H_{21})$ (повышенные утечки не являются следствием неисправности насоса) равна вероятности произведения двух зависимых событий (значение k влияет на диагноз D_1): 1 – значение $k > k_0$; 2 – насос исправен. Поэтому

$$P(H_{21}) = P(k > k_0, D_1) = P(D_1) \cdot P(k > k_0 / D_1)$$

где $P(D_1) = P_1$ – априорная вероятность диагноза D_1 , которая известна на основании статистических данных; $P(k > k_0 / D_1)$ – апостериорная вероятность события $k > k_0$, при условии что насос находится в исправном состоянии D_1 .

Площадь под кривой плотности вероятности исправного состояния (кривая $f(k/D_1)$) на участке справа от k_0 соответствует условной вероятности для исправного состояния D_1 при $k > k_0$ и является геометрической интерпретацией определенного интеграла на рассматриваемом интервале. В результате:

$$P(H_{21}) = P(D_1) \int_{k_0}^{\infty} f(k / D_1) dk = P_1 \int_{k_0}^{\infty} f(k / D_1) dk .$$

Аналогично рассчитывается вероятность пропуска дефекта:

$$P(H_{12}) = P(D_2) \cdot P(k < k_0 / D_2) = P_2 \int_{-\infty}^{k_0} f(k / D_2) dk .$$

Вероятность принятия ошибочного решения складывается из вероятностей ложной тревоги и пропуска дефекта. Каждой из ошибок присваивается некоторый весовой коэффициент C_{ij} , называемый «ценой» ошибки и учитывающий возможные её последствия. Величина условная, ее трудно определить количественно, обычно $C_{21} \ll C_{12}$. Таким образом, с учетом «цены» ошибки получаем выражение для среднего риска при принятии решения о техническом состоянии гидропривода:

$$R = C_{12} \cdot P_2 \cdot \int_{-\infty}^{k_0} f(k / D_2) dk + C_{21} \cdot P_1 \cdot \int_{k_0}^{\infty} f(k / D_1) dk .$$

Величина R - среднее значение (математическое ожидание) риска. Существуют несколько методов анализа ошибок при принятии решений о техническом состоянии гидропривода, в соответствии с которыми вычисляется такое k_0 , что при $k < k_0$ $k \in D_1$; а при $k > k_0$ $k \in D_2$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены метод и формула для количественной оценки риска в процессе выбора диагностических признаков технического состояния гидроприводов. Правило принятия решения (рациональное пороговое значение параметра) может быть получено на основе формулы риска по одному из выбранных критериев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническая диагностика гидравлических приводов / Т. В. Алексеева, В. Д. Бабанская, Т. М. Башта и др.; под общ. ред. Т. М. Башты. – М.: Машиностроение, 1989.

2. Биргер И. А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978.

3. Богдан Н. В., Жилевич М. И., Красневский Л. Г. Техническая диагностика гидросистем. – Мн.: Белавтотракторостроение, 2000. – 120 с.

Представлено 11.04.2022

УДК 621

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАСЛОРАСПЫЛИТЕЛЕЙ

TO THE QUESTION OF REFERENCE PUMP SELECTION

Филипова Л. Г., ст. преп.; **Чикилевский Я. А.**, студ.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

L. Filipova, Senior Lecturer; Y.Chikilevsky, Student,
Belarusian national technical University, Minsk, Republic of Belarus

Простым и надежным способом, которым можно обеспечить смазывание трущихся поверхностей в пневмосистемах является установка маслораспылителя. Это простое устройство, которое добавляет в поток сжатого воздуха масло для смазки пневмоинструмента. Благодаря этому оборудование регулярно смазывается прямо во время работы.

A simple and reliable way to ensure the lubrication of friction surfaces in pneumatic systems is to install an oil sprayer. This is a simple device that adds oil to the compressed air stream to lubricate pneumatic tools. Thanks to this, the equipment is regularly lubricated right during operation.

Ключевые слова: маслораспылитель, пневматическая система, сжатый воздух, маслопровод.

Keywords: oil sprayer, pneumatic system, compressed air, oil pipeline.

ВВЕДЕНИЕ

Маслораспылители являются поточными аппаратами с пневматическим распылением масла, т. е. распыление масла

происходит в потоке воздуха, выходящем из сопла струйного устройства. Из сопла поток воздуха поступает в приемную камеру распыляющего устройства, увлекая за собой масло, находящееся в резервуаре. Поступление масла из резервуара в сопло обусловлено перепадом давления между резервуаром, сообщенным с подводным отверстием, и соплом, который образуется в результате скоростного напора и потерь давления. Поэтому величина подачи масла в поток сжатого воздуха существенно зависит от расхода сжатого воздуха, что значительно ограничивает диапазон его рабочих расходов.

Маслораспылители применяются в устройствах подачи масляного тумана для смазывания подшипников, редукторов, коробок передач и других устройств и в пневмоприводах с исполнительными устройствами (пневмомоторами, пневмоцилиндрами, неполноповоротными пневмодвигателями и т. п.).

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАСЛОРАСПЫЛИТЕЛЕЙ

При проектном расчете маслораспылителей исходными данными, как правило, являются:

- диапазон расхода воздуха;
- количество подаваемого масла;
- давление;
- присоединительные размеры (диаметры резьбы, условного прохода);
- требования к стабильности подачи масла.

Кроме исходных данных имеется ряд ограничений, накладываемых требованиями по снижению энергопотерь и обеспечения прочности, заданными классом загрязненности сжатого воздуха и классом чистоты, ресурсом.

В результате проектного расчета необходимо установить конструктивные особенности маслораспылителей, а именно тип регулирования подачи масла, наличие корректирующего устройства (рисунок 1) и определить значения конструктивных параметров воздушного канала (диаметр сопла струйного устройства, характеристики корректирующего устройства и маслопровода, перепад давления, вместимость резервуара).

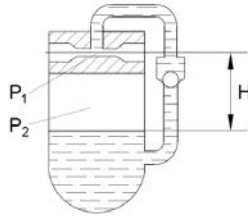


Рисунок 1 – Принципиальная схема маслораспылителя

Требуемый перепад давлений при подаче масла в случае проектного расчета целесообразно определять по формуле (1), принимая при этом $\mu = 0,1-0,3$ (при отсутствии дросселя в маслопроводе и в зависимости от наличия обратного клапана и других гидравлических сопротивлений).

$$\Delta p = p_2 - p_1 = H \cdot \rho \cdot g + \frac{8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{\mu^2 \cdot \pi^2 \cdot d_m^4} \quad (1)$$

где H – расстояние от поверхности масла в резервуаре, до оси сопла струйного устройства, мм; ρ – плотность масла, кг/м³; g – ускорение силы тяжести м/с²; Q – расход масла, м³/с; μ – коэффициент расхода; d_m – внутренний диаметр трубки в маслопроводе, мм.

В случае установки дросселя в маслопроводе коэффициент расхода маслопровода при проектном расчете можно принимать равным коэффициенту расхода дросселя. Коэффициент расхода дросселя приведен в работах [1, 2].

Диаметр канала подачи масла выбирают в пределах $d_t = 2-4$ мм, а расстояние от оси сопла до верхнего уровня масла в резервуаре $H = 30-50$ мм (в зависимости от диаметра условного прохода маслораспылителя).

Падение давления на маслораспылителе можно определить по формуле (2):

$$\Delta p = H \cdot \rho \cdot g + Q^2 \cdot \frac{8 \cdot \rho}{\pi^2} \cdot \left(\frac{1}{d_0^4} + \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i \cdot l_i}{d_i^5} + \sum_{j=1}^k \frac{\xi_j}{d_j^4} \right) \quad (2)$$

где d – диаметр соответствующего участка маслопровода, мм; λ – коэффициент сопротивления для соответствующего участка масло-

провода; l – длина соответствующего участка маслопровода, мм; ξ – коэффициент местного сопротивления в соответствующих частях трубопровода.

При этом коэффициент расхода маслораспылителя должен быть не менее 0,25–0,3 при скорости сжатого воздуха 20–25 м/с.

Площадь поперечного сечения сопла струйного устройства определяют по формуле (3):

$$f_2 = f_1 \left(\frac{p_1}{p_1 - \Delta p} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \sqrt{\frac{\zeta + 1}{1 + \frac{2}{V_{\text{в1}}^2} \cdot \frac{n}{n-1} \cdot \frac{p_1}{\rho_1} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_1 - \Delta p}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]}} \quad (3)$$

где f – площадь поперечного сечения, мм²; n – показатель политропы; ζ – коэффициент гидравлического сопротивления; $V_{\text{в}}$ – скорость сжатого воздуха в сечении, м/с.

Коэффициент гидравлического сопротивления сопла можно определить по коэффициенту расхода, который при проектном расчете принимают равным 0,9 [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предлагается следующий порядок проектного расчета маслораспылителей:

1. Выбирают способ регулирования подачи масла.
2. По максимальной величине подачи масла определяют требуемый перепад давления на маслопроводе.
3. Определяют площадь поперечного сечения сопла струйного устройства при минимальном значении расхода сжатого воздуха (3).
4. Разрабатывают конструкцию маслораспылителя.

Расчет характеристик корректирующего устройства в данной работе не описывается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик – М.: Машиностроение, 1975. – 557 с.

2. Башта, Т. М. Машиностроительная гидравлика / Т. М. Башта – М.: Машиностроение, 1971. – 431 с.

3. Погорелов, В. М. Газодинамические расчеты пневматических приводов / В. М. Погорелов – Л.: Машиностроение, Ленинград. отделение, 1971. – 184 с.

Представлено 11.04.2022

УДК 62-82+628.511.4

МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ОТ ЧАСТИЦ ПЫЛИ

METHODS TO PREVENT WORKING FLUID POLLUTION FROM DUST PARTICLES

Сокол В. А., асс., **Райкин И. Д.**, студ.,

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

V. Sokol, Assistant, I. Raykyn, Student,

Belarusian national technical University, Minsk, Republic of Belarus

В статье рассмотрены способы, позволяющие защитить гидравлическую систему от мелких частиц пыли.

The article discusses ways to protect the hydraulic system from fine dust particles.

Ключевые слова: гидравлическая система, фильтрующие устройства, пыль, рабочая жидкость.

Keywords: hydraulic system, filtering devices, dust, working fluid.

ВВЕДЕНИЕ

Долговечность и работоспособность промышленного оборудования зависит от качества и чистоты рабочей жидкости. Большое количество производственной пыли в воздухе вызывает нарушение и повреждение работы гидравлической системы, увеличивая риски ухудшения качества выполняемых технологических операций и аварийного выхода из строя оборудования.

СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОПАДАНИЯ ПЫЛИ В РАБОЧУЮ ЖИДКОСТЬ ГИДРОСИСТЕМЫ

Производственная пыль образуется в процессе дробления, размоле и механической обработке различных материалов, погрузке и выгрузке сыпучих материалов. Размеры таких частиц находятся в пределах от 0,65 мкм до 180 мкм.

При этом только зола углей, угольная пыль, пыль формовочной земли до обжига, пыль зачистки чугунного литья и заточных станков, пыль при помоле известняка, при пересыпке зерна, крахмала, порошковых моющих средств содержат частицы более 10 мкм. Такая пыль практически полностью задерживается тканевыми, центробежными и электрическими фильтрами.

Эффективность улавливания остальных видов пыли находится в пределах от 84 до 99,8 %.

Механические загрязнения могут приводить к ускорению старения масла, сильному износу деталей, их поломке и выходу из строя отдельных гидравлических узлов и аппаратов. Требования, предъявляемые к чистоте гидравлической жидкости, связаны с размерами зазоров в гидроаппаратуре, которые в современных гидросистемах основных компонентов находятся в диапазоне от 1 мкм до 25 мкм [1]. Загрязнения, попадая в зазоры и щели, оседают на фасках клапанов и поверхностях пар трения, что приводит к значительному ухудшению показателей работы гидравлической системы.

По результатам анализа публикаций [1–6] можно выделить следующие способы уменьшения загрязнений гидравлических систем пылью:

- системы пылеподавления;
- пылеулавливающие установки;
- мобильные фильтровальные установки;
- автономные фильтры.

Системы пылеподавления представляют собой технологические установки, предназначенные для удаления производственной пыли на площадках промышленных предприятий. Такие установки работают по принципу распыления микроскопических капель воды, которые захватывают в себя и подавляют частицы пыли, находящиеся в воздухе. Они применяются в сфере добычи и переработки горных пород, грунта, минеральных руд, цемента, стройматериалов, дре-

весных опилок и т. д. Общий вид установки пылеподавления WLP 700 [2] представлен на рисунке 1.

Пылеулавливающие установки предназначены для очистки воздуха и промышленных газов с высокой концентрацией пылевых частиц [3]. Используются в металлургической, угольной, нефтехимической, пищевой промышленности, производстве строительных смесей и других отраслях и позволяют обеспечить высокую степень очистки от различных механических загрязнений.

Мобильные (передвижные) фильтровальные установки объединяют в себе несколько функций: удаление из рабочей жидкости различных загрязнений; перекачка гидравлического масла из резервуаров в гидросистемы машин и в обратном направлении. Общий вид мобильной передвижной установки SN180CC [5] представлен на рисунке 2.



Рисунок 1 – Общий вид установки пылеподавления



Рисунок 2 – Общий вид мобильной передвижной установки

Автономные фильтры предназначены для стационарной техники, применяемой в промышленности. Устанавливаются в параллельный гидравлический контур для постоянной и автономной очистки рабочей жидкости из гидравлического бака основной системы, а также могут применяться в качестве фильтров для автономных фильтрочисточных установок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для эффективной работы гидравлической системы необходимо поддержание класса чистоты рабочей жидкости. Загрязнения приводят к нарушению работы и неправильному функционированию узлов и агрегатов, образованию осадка и старению масла, преждевременному износу гидроагрегатов. Проанализированы методы, позволяющие снизить затраты на простой и ремонт гидрооборудования путем поддержания на должном уровне качества рабочей жидкости за счет уменьшения загрязнений (пыли) как в самом производственном помещении, так и непосредственной очисткой рабочей жидкости в гидросистеме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hydac [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hydac.com.ru/voda-v-masle.html>.

2. Производство промышленного оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sibmashpromer.ru/statyi/ustranenie-ugolnoj-pyli>.

3. Промышленная фильтрация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sibelkon.ru/produkcziya/filtruyushhie-elementyi/rukava-filtrovalnyie>.

4. Сазанов, И. И. Гидравлика. Конспект лекций: учеб. пособие / И.И. Сазанов. – М.: ИЦ МГТУ Станкин, 2004 – 292 с.

5. Ecofil-russia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecofil-russia.ru/oborudovanie-dlya-filtracii-masel#popup:SN030-35>.

6. Максименко, А.Н. Производственная эксплуатация строительных и дорожных машин: учеб. пособие / А. Н. Максименко, Д. Ю. Макацария. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 390 с.

Представлено 30.04.2022

УДК 665.767543.544.3

**ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭТАНОЛА МЕТОДОМ
ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ В СТЕКЛООМЫВАЮЩИХ
И ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЯХ**

**POSSIBILITIES OF ETHANOL DETERMINATION GAS
CHROMATOGRAPHY METHOD IN ANTIFREEZE
AND WINDSHIELD WASHER FLUIDS**

Глазков Л. А., канд. техн. наук, **Жилянн Д. Л.**, ст. научн. сотр.,
Горелова Н. П., вед. инж.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
L. Glazkov, Ph.D. in Engineering, D. Zhilyanin, Senior Researcher,
N. Gorelova, Lead Engineer,
Belarusian national technical University, Minsk, Republic of Belarus

Рассмотрена возможность применения газовой хроматографии для оценки содержания этилового спирта в стеклоомывающих и охлаждающих жидкостях.

For antifreeze and windshield washer fluids possibility considered of ethanol determinate gas chromatography method.

Ключевые слова: Охлаждающая жидкость, стеклоомывающая жидкость, метод определения, хроматография, этанол, метиловый спирт.

Keywords: Antifreeze, Windshield washer fluid, Determination method, Chromatography, Ethanol, Methyl alcohol.

ВВЕДЕНИЕ

В охлаждающих и стеклоомывающих жидкостях в качестве растворителей широко применяются одноатомные спирты: этиловый, метиловый и изопропиловый. Применение этих спиртов оправдано, однако, каждый из них имеет преимущества и недостатки. В основном из-за моющих свойств, токсичности и дешевизны производства и применения. Так самыми значительными моющими свойствами в стеклоомывающих жидкостях обладает метиловый спирт, или метанол [1]. Применение же метанола в Республике Беларусь и России ограничено рядом постановле-

ний, в основном по причине высокой токсичности (ядовитости) данного вещества. Так решением Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 № 299 установлен предельно допустимый уровень содержания метанола в охлаждающих жидкостях, который должен быть не более 0,05 % [2]. Также Постановлением Министерства здравоохранения РБ № 122 от 28.12.2006 установлено содержание метанола в стеклоомывающих жидкостях не более по объему 0,05 % [3]. По этой причине возникла необходимость определения содержания метанола в названных выше жидкостях.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Содержание метанола определяется в соответствии с ГОСТ 34425-2018 «Жидкости охлаждающие. Метод определения содержания метилового спирта» [4]. В соответствии с указанной в стандарте методикой проводится настройка, калибровка и градуировка хроматографа. По градуировочной характеристике возможно определение содержания метанола в испытуемой жидкости. На хроматограмме определена область (обозначена серым цветом по времени 7.14–7.34), в котором должны находиться пики, определяющие концентрацию метанола (рисунок 1). Однако зачастую при испытаниях охлаждающих и стеклоомывающих жидкостей на хроматографе по стандартной методике определения метанола, появляются пики значительно смещенные по времени их определения. Можно предположить, что смещение пиков происходит потому, что эта методика позволяет определять не только метанол, но и другой одноатомный спирт, например, этиловый.

В НИИЛ ГПСН филиала БНТУ НИПИ были проведены специальные исследования с целью возможности определения наличия и количества других одноатомных спиртов в охлаждающих и стеклоомывающих жидкостях и в частности этилового спирта. Для этого в стеклоомывающую жидкость было добавлено 1 мл метанола (около 2 г) и 10 % этилового спирта. В результате получено (рисунок 2) по времени в области метанола 7.34 пик метанола, а в другой области, по времени 8,88 значительный пик характеризующий наличие этилового спирта.

Указанные результаты подтверждаются неоднократными исследованиями на отечественных и зарубежных охлаждающих и стеклоомывающих жидкостях.

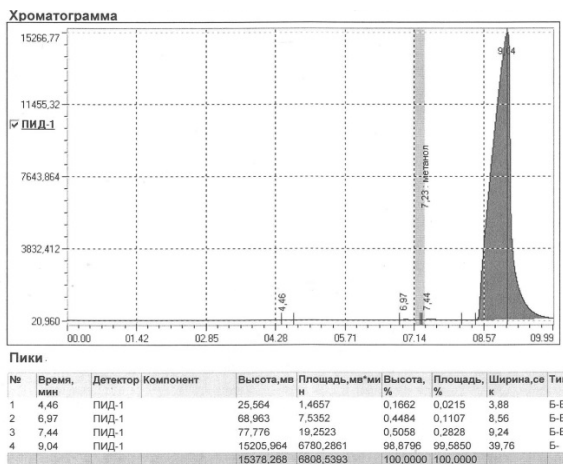


Рисунок 1 – Хроматограмма стеклоомывающей жидкости без метанола (в серой области). В области по времени 9.04 предположительно этанол.

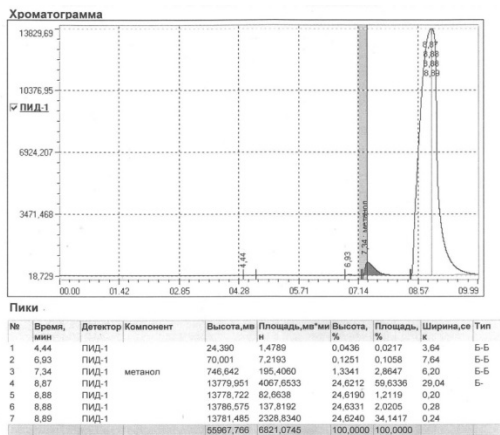


Рисунок 2 – Хроматограмма стеклоомывающей жидкости

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные исследования подтверждают, что с помощью стандартной методики возможно определение не только метанола, но и других одноатомных спиртов в охлаждающих и стеклоомывающих жидкостях.

В области 7.34 находится пик метанола, а в области по времени 8,88 – пик введенного этилового спирта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возможности использования газовой хроматографии для оценки соответствия стеклоомывающих жидкостей установленным требованиям / Глазков Л. А. Леонов А. Д. Табулин А. А., Сорока А. С. – Минск, 2021.

2. О применении санитарных мер в Евразийском экономическом союзе. Решение Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 № 299 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.alt.ru/tamdoc/10sr0299>. – Дата доступа 15.03.2022.

3. Об утверждении гигиенического норматива. Постановление Министерства здравоохранения РБ № 122 от 28.12.2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.minzdrav.gov.by>. – Дата доступа 22.01.2022.

4. Жидкости охлаждающие. Метод определения содержания метилового спирта: ГОСТ 34425-2018. – Введ. 15.07.18. – 15 с.

Представлено 15.04.2022

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ОБСЛУЖИВАНИЕ
И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ**

УДК 629.114.2

**КОМПОЗИЦИОННОЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ
МЕХАНИЧЕСКИ УПЛОТНЕННОЕ ПОКРЫТИЕ
НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА**

**COMPOSITE ELECTROCHEMICAL MECHANICALLY SEALED
IRON-BASED COATING**

Изоитко В. М., канд. техн. наук, доц.,

Буйкус К. В., канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

V. Izoitko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

K. Buikus, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

На основании испытания на задиростойкость композиционных электрохимических покрытий установлен наиболее вероятный механизм изнашивания, предложен возможный механизм действия модификатора, отмечена связь между морфологией поверхности композита и его противоизносными характеристиками.

Based on the scuff test of composite electrochemical coatings, the most probable wear mechanism was established, a possible mechanism of action of the modifier was proposed, and the relationship between the surface morphology of the composite and its antiwear characteristics was noted.

Ключевые слова: никель-фосфорное покрытие, гипофосфит, раствор, срок службы.

Keywords: nickel-phosphorus coating, hypophosphite, solution, service life.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из методов повышения физико-механических характеристик покрытий, полученных из однородных металлов, является их модификация в процессе нанесения наполнителями, что позволяет целенаправленно изменять их свойства в требуемом направлении с учетом функционального назначения.

Существенный интерес представляет создание композиционного покрытия на базе гальванического железа. Это обусловлено тем, что нанесение железных покрытий электролитическим методом является одним из наиболее распространенных способов повышения износостойкости рабочих поверхностей автотракторных деталей.

Из всего разнообразия наполнителей особенное место занимают ультрадисперсные порошки, такие как, например, ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза (УДА), имеющие средние размеры 4–6 нм.

Использование ультрадисперсных добавок для создания композиционных электрохимических покрытий на основе железа предпочтительно, т. к. содержание второй фазы в железной матрице редко превышает 2 % (мас.) [1], а высокодисперсные частицы способны обеспечить больший эффект упрочнения, по сравнению с другими более крупными частицами [2].

Объектом исследований в данной работе являлись покрытия из гальванического железа, модифицированные ультрадисперсными алмазами и фторсодержащими олигомерами.

МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Покрытия на поверхности стали получали электрохимическим осаждением железа из суспензии, представляющей стандартный электролит для железнения с добавкой УДА. В процессе нанесения покрытие периодически подвергали поверхностно-пластической обработке – обкатывали роликом.

РЕЗУЛЬТАТ И ОБСУЖДЕНИЕ

С помощью оптической микроскопии (сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения MIRA) и профилометрии (профилограф-профилометр мод. 252) установлено, что качество поверхности образца после железнения значительно ухудшается из-за глобулярной структуры железа, что подтверждается данными из литературных источников [3]. Добавление УДА в электролит для железнения приводит к осаждению более гладких покрытий. При этом размер надструктурных образований уменьшается на 10–15 %. Таким образом, использование модификатора в ряде случаев может уменьшить производственные затраты на дополнительное шлифование покрытия.

Однако до сих пор не было установлено, происходит ли изменение строения и свойств покрытий вследствие внедрения фазы ультрадисперсного алмаза в железную матрицу; либо присутствие частиц модификатора увеличивает величину катодной поляризации, что приводит к измельчению структуры [4] и соответствующему изменению свойств покрытий без образования композиции. Для изучения фазового строения модифицированных покрытий использовали сканирующий зондовый микроскоп с одновременной записью изображения топографии и фазы колебаний зонда. Изменения фазы колебаний происходят при изменении, например, модуля упругости материала. Таким образом можно получить информацию о размерах и расположении фаз в композиции.

Данные фазового анализа подтверждают, что из суспензии, представляющей собой стандартный электролит железнения с добавкой высокодисперсного порошка, при режимах железнения осаждается композиционное покрытие.

Установлено, что частицы УДА распределены в покрытии в виде областей по 100 нм. Предполагаем, что это следствие агломерации частиц под действием ионных сил электролита.

Исследования показали, что морфология поверхности, а также микротвердость модифицированного железа существенно зависят от концентрации добавки в электролите. Наименьшую шероховатость имеют покрытия, полученные из электролита, содержащего 5–10 г/л УДА. Максимальное значение микротвердости наблюдалось при содержании модификатора около 10 г/л электролита.

Данные атомно-силовой микроскопии (атомно-силовой микроскоп НТ 206) свидетельствуют, что из раствора ФСО на поверхности железа формируется сплошная пленка, закрывающая исходный микрорельеф.

Для проведения сравнительных триботехнических испытаний использовали образцы с железоалмазным покрытием, полученным электролизом, содержащего УДА в количестве 10 г/л электролита.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что модифицирование железной матрицы частицами УДА позволяет снизить интенсивность изнашивания в условиях граничной смазки гальванического железного покрытия на 45–48 %, а коэффициент трения на 30 %. Кроме того, при эксплуатации в паре с модифицированным

железом износ контртела в 2,5–3 раза меньше, чем в паре с базовым железным покрытием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований были выполнены испытания покрытий на задиростойкость. На основании полученных данных установлен наиболее вероятный механизм изнашивания КЭП, предложен возможный механизм действия модификатора, отмечена связь между морфологией поверхности композита и его противоизносными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов, В. М. Работоспособность упрочненных трущихся поверхностей / В. М. Власов. – М. : Машиностроение, 1987. – 304 с.
2. Сайфуллин, Р. С. Композиционные покрытия и материалы / Р. С. Сайфуллин. – М. : Химия, 1977. – 272 с.
3. Плетнев, В. А. Основы технологии износостойких и антифрикционных покрытий / В. А. Плетнев, В. Н. Брусенцова. – М. : Машиностроение, 1968. – 272 с.
4. Антропов, Л. И. Теоретическая электрохимия / Л. И. Антропов. – М. : Высшая школа, 1984. – 519 с.
5. АСМ-исследования частиц ультрадисперсного алмаза и их агломератов / С. А. Чижик [и др.] / Второй Белорусский семинар по сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ-2). Краткие сообщения. – Минск : Деловая инициатива, 1997. – 87 с.
6. Антропов, Л. И. Композиционные электрохимические покрытия и материалы / Л. И. Антропов, Ю. Н. Лебединский. – Киев : Техніка, 1986. – 95 с.
7. Бородин, И. Н. Порошковая гальванотехника / И. Н. Бородин. – М. : Машиностроение, 1990. – 240 с.

Представлено 24.04.2022

УДК 621.81.004.67:631.3.004.67

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ
ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ
АВТОМОБИЛЕЙ С ПОКРЫТИЯМИ НА СТАДИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ**

**METHODOLOGICAL APPROACH TO PROVISION
OF OPTIMAL CHARACTERISTICS OF COATED CAR PARTS
AT THE STAGE OF DESIGN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES
OF STRENGTHENING AND RESTORATION.**

Лойко В. А.¹, канд. техн. наук, доц.
Хейфец М. Л.², д-р техн. наук, проф.

¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

²Институт прикладной физики НАН Беларуси,
Минск, Республика Беларусь

V. Loiko¹, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
M. Kheifets², Doctor of Technical Sciences, Professor,

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

²Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences
of Belarus, Minsk, Belarus

Рассмотрена возможность направленного формирования показателей качества деталей автомобилей с поверхностями, упрочненными (восстановленными) нанесением покрытий на стадии проектирования технологических процессов основе их функциональных моделей, созданных с применением CALS-технологий.

The possibility of directed formation of quality indicators of car parts with surfaces hardened (restored) by coating at the stage of designing technological processes on the basis of their functional models created using CALS technologies is considered.

Ключевые слова: детали автомобиля, технологический процесс, восстановление, упрочнение, качество, функциональная модель.

Keywords: car parts, technological process, restoration, hardening, quality, functional model.

ВВЕДЕНИЕ

При обосновании технологического процесса следует учитывать характеристики всех операций от заготовительных до отделочных, включая нанесение и модифицирование функционального покрытия.

Он должен рассматриваться как совокупность взаимодействующих процессов изменения и сохранения свойств. Свойства детали при ее восстановлении формируются взаимосвязано, однако на практике это учитывается недостаточно.

Технические трудности математического описания многосвязных взаимодействий при формировании множества показателей качества покрытия преодолимы применения современных информационных технологий и методологии принятия технологических решений.

МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОССТАНОВЛЕННЫХ (УПРОЧНЕННЫХ) ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Значение характеристик технологических сред и закономерностей их изменения позволило сформировать основную задачу направленного формирования показателей качества изделия: при известных начальных и конечных свойствах предмета производства определить наиболее оптимальную с точки зрения трансформации свойств технологическую среду [1].

В результате предложен общий методический подход к обеспечению направленного формирования оптимальных свойств изделий.

Изменяя среду или ее характеристики, можно управлять формируемыми свойствами деталей. Учет взаимного влияния технологических факторов при взаимодействии технологических сред покрываемой деталью позволяет внести соответствующие уточнения в расчетно-аналитический метод определения суммарной погрешности механической обработки. Возникающие при обработке заготовки погрешности взаимосвязаны и оказывают влияние друг на друга и суммарную погрешность обработки. Составляющие погрешности формируются как в результате взаимодействия заготовки с технологической средой уровня операции, так и с технологической средой уровня процесса.

В результате предложен общий методологический подход к обеспечению оптимальных свойств восстановленных деталей.

Для составляющих погрешностей процесса справедливо выражение:

$$\begin{bmatrix} \Delta Y \\ \varepsilon \\ \Delta H \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix}_j = \begin{bmatrix} 1 & a_{\Delta Y, \varepsilon} & a_{\Delta Y, \Delta H} & a_{\Delta Y, \Delta u} & a_{\Delta Y, \Delta T} \\ a_{\varepsilon, \Delta Y} & 1 & a_{\varepsilon, \Delta H} & a_{\varepsilon, \Delta u} & a_{\varepsilon, \Delta T} \\ a_{\Delta H, \Delta Y} & a_{\Delta H, \varepsilon} & 1 & a_{\Delta H, \Delta u} & a_{\Delta H, \Delta T} \\ a_{\Delta u, \Delta Y} & a_{\Delta u, \varepsilon} & a_{\Delta u, \Delta H} & 1 & a_{\Delta u, \Delta T} \\ a_{\Delta T, \Delta Y} & a_{\Delta T, \varepsilon} & a_{\Delta T, \Delta H} & a_{\Delta T, \Delta u} & 1 \end{bmatrix}_j \begin{bmatrix} \Delta Y \\ \varepsilon \\ \Delta H \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix}_{\partial j}, \quad (1)$$

где $(\Delta Y, \varepsilon, \Delta H, \Delta u, \Delta T)^T_j$ – вектор-столбец значений составляющих погрешностей (погрешность, вызываемая упругими деформациями; погрешность установки; погрешность настройки; погрешность, вызываемая размерным износом; погрешность, вызываемая тепловыми деформациями), определяемых с учетом взаимного влияния; a – коэффициенты трансформации погрешностей, учитывающие взаимное влияние погрешностей; $(\Delta Y, \varepsilon, \Delta H, \Delta u, \Delta T)^T_{\partial j}$ – вектор-столбец детерминированных значений, составляющих погрешностей, определенных на основе традиционного расчетно-аналитического метода.

Квадрат итогового значения суммарной погрешности Δ определяется, как:

$$\Delta^2 = [\lambda_i \cdot P_i]^T [P_i], \quad (2)$$

где λ_i – коэффициенты, определяющие форму кривой распределения составляющей погрешности P_i ; T – символ транспонирования.

Учет множественных связей технологических сред при определении суммарной погрешности позволяет более чем в 2 раза повысить точность существующего метода расчета. Разработанный аппарат описания трансформации свойств покрытий позволяет желаемым образом распределять уровни свойств изделия по этапам технологического процесса [2]. Для любой части сквозного технологического процесса и для любого из свойств последнего на основании разработанной методики может быть определен и при необходимости оптимизирован желательный уровень значений соответствующих показателей качества [3].

По завершении заготовительного передела достигнутые значения квазистабильных K_c^3 и изменяющихся K_v^3 показателей качества определяются следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_c^3 = S_c^3 \cdot k^M + k_c^{3,M} \cdot K^M; \\ K_v^3 = S_v^3 \cdot k^M + k_v^{3,M} \cdot K^M, \end{array} \right\} \quad 3)$$

где S_c^3, S_v^3 – коэффициенты сохранения и взаимного влияния свойств исходного материала, проявляющиеся на предварительном изменении свойств предмета производства в результате его взаимодействия с технологической средой уровня заготовительного передела;

K^M – значения показателей качества исходного материала;

$k_c^{3,M}, k_v^{3,M}$ – коэффициенты этапе сквозного процесса обработки изделия.

Практически для любого N этапа (рисунок 1) группы операций могут быть получены соотношения вида:

$$K_N = H_N \cdot K^M, \quad (4)$$

где K_N – значение сформированного после этапа N показателя качества; H_N – коэффициент трансформации свойств изделия по отношению к исходным (K^M).

С учетом влияния всех операций восстановления на эксплуатационные свойства получен алгоритм, в соответствии с которым по требуемым эксплуатационным свойствам рекомендуются значения параметров состояния поверхностного слоя и проектируется технологический процесс ее восстановления (упрочнения), назначаются режимы обработки, параметры инструмента и оборудования, технологические среды, для получения требуемых параметров поверхности на каждом этапе обработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Функциональные модели многосвязных технологических сред позволяют в зависимости от постановки решаемой задачи осуществлять изменения ее размерности путем выделения множества

существенных связей и подавления несущественных при сохранении корректности и адекватности. Автоматизированная генерация технологических сред заданного уровня относительно выделенного объекта принципиально возможна на основе их функциональных моделей, созданных с применением CALS-технологий.

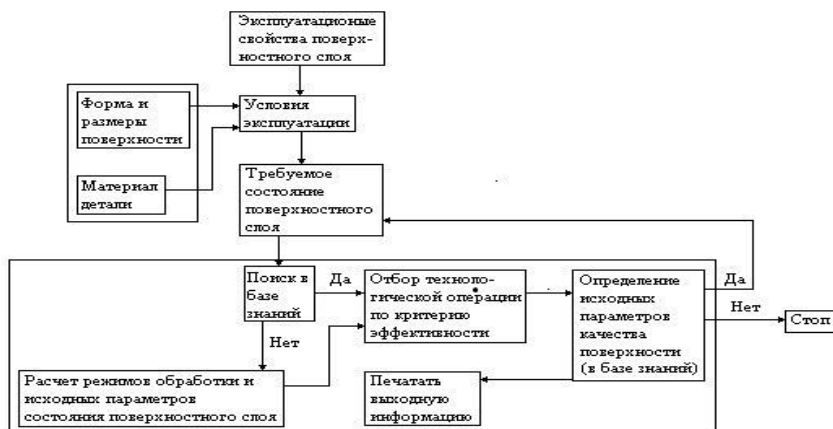


Рисунок 1 – Технологический алгоритм, обеспечивающий требуемые параметры состояния поверхностного слоя детали на каждом этапе обработки

ЛИТЕРАТУРА

1. Хейфец, М. Л. Формирование свойств материалов при послойном синтезе деталей / М. Л. Хейфец. – Новополоцк: ПГУ, 2001. – 156 с.
2. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве. / В. А. Лойко [и др.] – Минск: Издательство УО БГАТУ, 2007. – 190 с.
3. Лойко, В. А., Ивашко, В. С. Формирование структур поверхностных слоев при вакуумно-плазменном нанесении покрытий // Изобретатель. – 2011. – № 7–8 (139–140). – с. 12–16.

Представлено 24.04.2022

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ
РАСТВОРА ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

**INCREASING THE LIFETIME OF THE SOLUTION
FOR CHEMICAL NICKEL PLATE OF PARTS**

Изоитко В. М., канд. техн. наук, доц.

Буйкус К. В., канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

V. Izoitko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

K. Buikus, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Предложена технология сохранения постоянной максимальной скорости процесса осаждения химического никель-фосфорного покрытия и увеличения срока службы ванны путем корректировки ее солью никеля и гипофосфитом расчетным количеством с установленной периодичностью.

A technology for maintaining a constant maximum rate of the chemical nickel-phosphorus coating deposition process and increasing the service life of the bath by adjusting it with a nickel salt and hypophosphite with a calculated amount at a specified frequency is proposed.

Ключевые слова: никель-фосфорное покрытие, гипофосфит, раствор, срок службы.

Keywords: nickel-phosphorus coating, hypophosphite, solution, service life.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из методов повышения износостойкости деталей является химическое никелирование – процесс, при котором восстановление никеля из солей производится при помощи гипофосфита без электролиза. Процесс химического никелирования позволяет получать сплошной равномерный слой никель-фосфорного осадка как снаружи, так и внутри деталей причем для очень малого диаметра – 1,5 мм.

В отличие от гальванического никелирования, при котором концентрация основного компонента ванны поддерживается постоянной за счет растворения анодов, химическое никелирование сопровождается быстрым обеднением раствора и резким падением скорости осаждения, вследствие понижения концентрации соли никеля и гипофосфита.

Цель работы – установить возможность получения никель-фосфорных покрытий большой толщины с максимальной скоростью осаждения.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для сохранения постоянной максимальной скорости процесса осаждения и увеличения срока службы раствора применялась технология его корректировки основными компонентами: солью никеля и гипофосфитом.

В опытах использовался следующий раствор химического никелирования: хлористый никель ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 20 г/л; гипофосфит натрия ($\text{Na}(\text{PH}_2\text{O}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$) 25 г/л; щавелевокислый аммоний ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 60 г/л; уксуснокислый натрий ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 40 г/л; раствор аммиака (25 %) 60 мл/л.

Определение количества израсходованных химикатов производилось, исходя из массы осажденного никель-фосфорного покрытия. Количество хлористого никеля, которое необходимо ввести для получения исходной концентрации, определяли по формуле:

$$Q = \frac{m \cdot a}{a'}$$

где m — масса осадка, г; a — молекулярная масса хлористого никеля; a' — молекулярная масса никеля.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наибольшая скорость осаждения наблюдается лишь в первый час, затем скорость процесса постепенно падает и через 5–6 часов снижается до значений, лишаящих процесс практического интереса (рисунок 1, а).

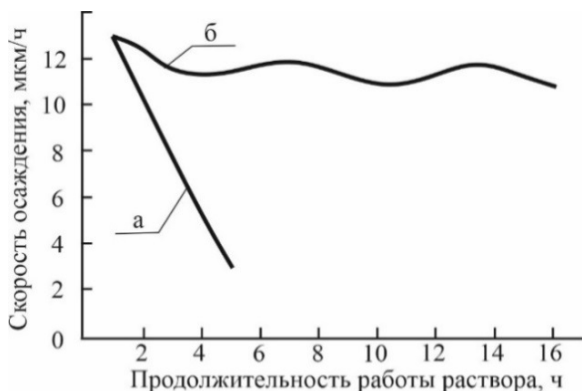


Рисунок 1 – Скорость осаждения никель-фосфорного покрытия
а – без корректировки раствора; б – с корректированием раствора

По литературным данным на 1 г осажженного никеля расходуется 4,5–5 г гипофосфита натрия. Определив общую массу никеля, осажженного на деталях в течение 60 мин, можно подсчитать количество израсходованного гипофосфита, которое следует добавить в ванну.

Хлористый никель и гипофосфит натрия вводили в ванну химического никелирования в растворенном виде. Концентрация этих растворов была выбрана такой, чтобы при корректировке восстанавливался объем раствора.

Перед добавлением корректировочных растворов ванна химического никелирования охлаждалась до температуры 60–70 °С и профильтровывалась. Корректировка ванны вышеуказанными растворами производилась через каждые 60 мин ее работы.

Реакция осаждения никель-фосфорного покрытия протекает с образованием кислоты, что вызывает понижение рН раствора. Ранее проведенные исследования показали, что наибольшая скорость и наилучшее качество покрытия получаются при рН = 8–9. Поэтому, кроме хлористого никеля и гипофосфита, для поддержания необходимого рН в ванну периодически вводился 25 % раствор аммиака. При работе с данным раствором не требуется индикатора для контроля рН раствора, так как при добавлении аммиака цвет раствора меняется и при достижении необходимого рН — переходит из зеленого в голубой.

Наблюдения показали, что кислотность раствора в процессе работы ванны быстро падает: через 15–20 мин раствор приобретает зеленоватый оттенок и скорость осаждения снижается. Из этого вытекает, что корректировку ванны аммиаком следует производить через каждые 15 мин. ее работы. Аммиак добавляли до изменения цвета раствора.

Таким образом, в результате исследования был выбран следующий метод корректировки ванны:

- через каждые 15 мин работы ванна корректировалась аммиаком до определенного значения pH;
- через каждый 1 ч процесс никелирования приостанавливался; подсчитывалось количество химикатов, необходимое для корректировки ванны; ванна охлаждалась до температуры 60–70°C, профильтровывалась и корректировалась.

Опытами установлено, что данный метод корректировки позволяет использовать раствор в течение 20 ч, после чего качество получаемого покрытия ухудшается, хотя скорость осаждения остается довольно высокой (8–11 мкм/ч).

Установлено, что при корректировке работоспособность раствора химического никелирования увеличивается в 4–5 раз.

ВЫВОДЫ

Предложена технология сохранения постоянной максимальной скорости процесса осаждения химического никель-фосфорного покрытия и увеличения срока службы ванны путем корректировки ее солью никеля и гипофосфитом расчетным количеством с установленной периодичностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синдеев, Ю. Г. Гальванические покрытия / Ю. Г. Синдеев. – М. : Феникс, 2000. – 256 с.
2. Мамаев, В. И. Никелирование / В. И. Мамаев, В.Н. Кудрявцев. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. – 198 с.
3. Rose, I. Nickel plating handbook 2014 / Ian Rose, Clive Whittington. – Brussels : Nickel Institute, 2013. – 79 с.

Представлено 24.04.2022

УДК 62-772:621.43.032

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ
ДЕТАЛЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ СИСТЕМЫ
COMMON RAIL ПУТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ
МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ДИСКРЕТНОГО
ПОКРЫТИЯ**

RESTORATION AND HARDENING OF PRECISION PARTS
OF COMMON RAIL SYSTEM FUEL EQUIPMENT
BY FORMING AMULTICOMPONENTDISCRETECOATING

Лойко В. А¹, канд. техн. наук, доц., **Сёмин Е. В**², ст. преп.,

¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь,

²Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск, Республика Беларусь

V. Loyko¹, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

Y. Siomin², Senior Lecturer,

¹Belarusian national technical University, Minsk, Belarus,

²Belarusian state agrarian technical University, Minsk, Belarus

В настоящей статье рассматривается вопрос о возможности восстановления и упрочнения прецизионных деталей топливной аппаратуры системы CommonRail путем формирования многокомпонентного дискретного покрытия вакуумно-плазменным напылением.

This article discusses the possibility of restoring and strengthening precision parts of the fuel equipment of the Common Rail system by forming a multicomponent discrete coating by vacuum-plasma spraying.

Ключевые слова: топливная аппаратура, прецизионные детали, анализ, восстановление, упрочнение, плунжер, многокомпонентность, дискретность, скорость осаждения ионов.

Keywords: fuel equipment, precision parts, analysis, restoration, hardening, plunger, multicomponence, discreteness, ion deposition rate.

ВВЕДЕНИЕ

В современном ремонтном производстве любые решения проблем уменьшения износа поверхностей пар трения деталей дизель-

ной топливной аппаратуры, обеспечения постоянства трибологических свойств контактных сопряжений в течение всего срока службы деталей актуальны и востребованы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Система впрыска Common Rail является самой современной системой впрыска топлива дизельных двигателей [1].

Главным преимуществом системы Common Rail является широкий диапазон регулирования давления топлива и момента начала впрыска, которые достигнуты за счет разделения процессов создания давления и впрыска.

Одним из ключевых элементов топливной системы Common Rail является топливный насос высокого давления (ТНВД). В процессе работы плунжерная пара топливного ТНВД системы Common Rail испытывает различные виды разрушений, такие как усталостное, абразивное, эрозионное и другие, что приводит к образованию на рабочих поверхностях как плунжера, так и втулки выкрашиваний, отслаиваний, царапин и задиров [1].

Отличительной особенностью прецизионных деталей топливной аппаратуры системы Common Rail является потеря их работоспособности при незначительных величинах износа рабочих поверхностей (до 8 мкм) [2].

Перспективным направлением решения задачи восстановления и упрочнения прецизионных деталей топливной аппаратуры системы Common Rail является нанесение износостойких, антифрикционных покрытий строго контролируемой толщины с жестким допуском на отклонение от ее равномерности по упрочняемой (восстанавливаемой) поверхности. В этом случае не потребуются последующие термическая и дорогостоящая механическая обработки деталей.

Наиболее перспективным методом решения этой задачи является использование *PVD*-процессов, в частности вакуумно-плазменной технологии нанесения многослойных износостойких композиций, включающих твердый слой на основе фаз внедрения переходных металлов *IVa-VIa* групп Периодической системы элементов, которые отличаются высокой твердостью, термической и химической устойчивостью, высокой адгезией и малым коэффициентом трения по углеродистой стали [2].

Известно, что однородное сплошное покрытие обладает значительными напряжениями, которые приводят к растрескиванию. Снизить остаточные напряжения возможно путем формирования дискретного покрытия [2].

Формирование дискретности компонентного слоя осуществляется за счет различной скорости осаждения ионов. Скорость осаждения тонкопленочного компонентного слоя определяется из условия:

$$A = M \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{r^2}, \quad (1)$$

где M – постоянный параметр, пропорциональный скорости распыления;

α – угол распыления;

β – угол конденсации;

r – расстояние до подложки.

Угол конденсации – это угол между нормалью к поверхности и вектором конденсации. Учитывая, что наклон подложки при напылении будет отсутствовать, влияние основного осаждаемого потока на толщину пленки потока можно регулировать изменением скорости осаждением ионов, за счет чего будет достигаться структура дискретного характера с различной толщиной напыляемого слоя. Принимая во внимание что скорость распыления и скорость травления определяется в основном интенсивностью дополнительного ионного пучка, то изменяя скорость травления можно изменять и скорость осаждения, и, как следствие, толщину покрытия.

Метод напыления осуществлялся следующим образом. Вакуумный объем, содержащий анод и катод, откачивают до давления 10–4 Па, после чего производят напуск инертного газа (обычно это аргон при давлении 1–10 Па). Для зажигания тлеющего разряда между катодом и анодом подается высокое напряжение 1–10 кВ. Положительные ионы инертного газа, источником которого является плазма тлеющего разряда, ускоряются в электрическом поле и бомбардируют катод, вызывая его распыление. Распыленные атомы попадают на подложку и оседают в виде тонкой пленки.

Для восстановления и упрочнения рабочей поверхности плунжера ТНВД системы Common Rail было предложено трехкомпо-

нентное дискретное покрытие, состоящего из слоя CrN с повышенной адгезионной прочностью к подложке, твердого слоя $Ti-Cr-N$ с максимальными значениями износостойкости, и «мягкого» слоя оксикарбонитрида титана для обеспечения максимальной притирки трущейся пары, основываясь на методе избирательного переноса [3].

Формирование трехкомпонентной структуры слоя будет происходить одновременно с использованием двух катодов на основе хрома и титана, а также введением в камеру двух газов – азота и углекислого газа. Дискретность будет достигаться за счет изменения скорости осаждения ионов, что позволит снизить остаточные напряжения до необходимого минимума.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование композиционных структур дискретного строения вакуумно-плазменным напылением, позволило заложить теоретические основы для обоснования способа восстановления и упрочнения прецизионных деталей топливной аппаратуры системы Common Rail. Преимущества применения трехмерных композитов на основе комбинированных твердых и твердосмазочных структур предоставляют дополнительные резервы для повышения трибологических характеристик антифрикционных упрочняющих покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильный справочник Bosch, перевод с англ. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2002. – 896 с.
2. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве / В. А. Лойко [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2008. – 192 с.
3. Тимофеев, С. С. Повышение износостойкости плунжерных пар. / С. С. Тимофеев. // Инженерия поверхности и реновация изделий. Материалы 10-й МНТК. 24–28 мая 2010 г., Киев: АТМ Украины, 2010. – С. 194–196.

Представлено 14.04.2022

УДК 681.586.7, 681.5.08, 537.7, 53.087

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ

ANALYSIS OF THE USE OF ELECTRICALLY POWERED MECHANIZATION IN THE ARMED FORCES

Зинович К. Ю., магистрант,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
K. Zinovich, Master's Student,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Использование инновационных технологий при ведении боевых действий – залог успешного исхода боевых действий. Одни из главных задач в Вооруженных Силах, это коэффициент технической готовности (КТГ) техники, и сокращение времени на погрузку имущества и передислокацию подразделений. Применение средств механизации с электроприводом от аккумуляторной батареи широко распространен в современной технике, оборудовании и находит свое применение в качестве источника энергии в электромобилях.

The use of innovative technologies in warfare is the key to a successful outcome of combat operations. One of the main tasks in the Armed Forces is the technical readiness factor (TOR) of equipment, and the reduction of time for loading equipment and mobilizing units. The use of battery-powered mechanization means is widespread in modern equipment, equipment and finds its application as a source of energy in electric vehicles.

Ключевые слова: электромобиль, механизированные средства, электропривод, зарядка.

Keywords: electric vehicle, mechanized means, electric drive, charging.

ВВЕДЕНИЕ

Работа выполнена под руководством Изоитко В. М., канд. техн. наук, доц. В Вооруженных Силах на современном этапе необходимо уделять внимание роботизированным комплексам, которые позволят снизить потери личного состава и повысить

эффективность боевых действий. В современном мире все больше приветствуется внедрение нестандартного оборудования, как в перевозочный процесс, так и в ремонтное производство.

Роботизация средств ведения войны является основным мировым трендом. В перспективе, электромобили все чаще будут становиться беспилотным видом транспортом, т. е. робот с искусственным интеллектом. Особое внимание необходимо обратить на применение 5-го уровня автоматизации беспилотного автомобиля. Пятый уровень автономности предполагает, что система может полностью управлять автомобилем при любых обстоятельствах.

Кроме того, в ходе боевых действий значительная часть техники будет выходить из строя от воздействия различных видов оружия, а также по техническим (эксплуатационным) причинам. Важнейшей задачей будет повышение эффективности использования техники. Напрямую, это будет зависеть от качества технического обслуживания и ремонта машин в полевых условиях, при одновременном снижении затрат труда на их выполнение. Данную задачу возможно решить при оснащении подвижных ремонтных мастерских механизированным инструментом.

ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Выделим два перспективных направлений по применению средств механизации с электроприводом:

- 1) использование электромобилей(беспилотных);
- 2) использование механизированных средства для ремонта и обслуживания техники в полевых условиях аккумуляторным инструментом и оборудованием;
- 3) механизация погрузочно-разгрузочных работ средствами на электроприводе.

Первое направление, это использование электромобилей (беспилотных). Применение беспилотных электромобилей в боевых действиях поможет решить ряд задач по проведению разведывательных мероприятий, эвакуации раненых из опасной зоны, подвоза материальных средств и при этом снизить потери личного состава.

Для получения разведывательных сведений используют беспилотный летательный аппарат (БПЛА) — летательный аппарат без экипажа на борту. Нахождение БПЛА долгое время в полете пропорционально увеличивает вероятность его обнаружения средствами радиоэлектронной разведки (РЭР) противника. Для сокращения времени нахождения в воздухе БПЛА и снижения вероятности можно использовать электромобиль как средство подвоза БПЛА к непосредственной близости противника и кратковременного подъема БПЛА в воздух для фиксирования сведений.



Рисунок 1. Электромобиль «ЭРА»

Для выполнения подобных задач, военный инновационный Технополис «Эра» Российской Федерации разработал электромобиль «ЭРА» (рисунок 1).

Электромобиль «ЭРА» обладает широким спектром возможностей, может применяться для проведения разведки, подвоза запасов или медикаментов.

На модели установлено дополнительное специальное оборудование (электроподвеска, лебедка, площадка для беспилотного летательного аппарата, прожекторы, солнечная батарея, противоосколочное одеяло). Он бесшумен и скрытно преодолевает значительные расстояния, без проблем передвигается по пересеченной местности и бездорожью, модернизированная тормозная система уменьшает расстояние тормозного пути, а настройки рекуперации позволяют увеличить дальность хода.

Второе направление, это использование механизированных средства для ремонта и обслуживания техники в полевых условиях аккумуляторным инструментом и оборудованием. Выбор средств механизации сборочно-разборочных и др. работ зависит от неисправностей техники: боевые повреждения, эксплуатационные неисправности. В Вооруженных Силах, для технического обслуживания и ремонта (ТОиР) техники в полевых условиях используют подвижные средства технического обслуживания и ремонта ПАРМ-1М(1), машины технической помощи МТП, автомобили диагностики, автотопливозаправщики, компрессорные установки, ремонтно-

зарядные станции, и др. предназначенные для поддержания техники в исправном состоянии в полевых условиях, а также выполнения ремонтных работ.

С помощью различных механизированных инструментов и приспособлений достигается наибольшая производительность, что напрямую сокращает время на выполнения работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе применения средств механизации с электроприводом в Вооруженных Силах следует, что применение электромобилей позволит снизить потери личного состава.

Используя различные механизированные инструменты и приспособления с электроприводом при ТООР техники в тылу боевых действий, достигается наибольшая производительность, что сокращает время на выполнения работ и в свою очередь напрямую влияет на исход боя.

Ключевое значение при свертывании и развертывании подразделений играет время. Механизация погрузочно-разгрузочных работ позволит высвободить резервы рабочей силы.

Главное преимущество применения средств механизации с электроприводом в Вооруженных Силах – мобильность, функциональность, оперативность выполнения работы независимость от кабеля и наличия топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/id/61c4d56d3f983d124e0bd6a7?lang=ru>. – Дата доступа: 25.03.2022.

2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/luchshie/reiting-luchshih-gaikoverfov-2020-top-105f6cac543aa39e43aa240336>. – Дата доступа: 25.03.2022.

3. Миронович, О. М. Механизация погрузочно-разгрузочных работ при МТО войск. Проблемы и пути их решения / О. М. Миронович // Наука и военная безопасность. – Омск: ОАБИИ, 2018. – № 3 (14) – С. 72–79.

Представлено 14.04.2022

УДК: 629.113.066

ПРЕДВЫЕЗДНАЯ ДИСТАНЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА В ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ АВТОСЕРВИСА

PRE-DEPARTURE REMOTE DIAGNOSTICS IN THE INFORMATION SUPPORT OF THE CAR SERVICE

Кириленко В. Г., аспирант, **Мальцев А. Н.**, магистрант,

Гурский А. С., канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

V. Kirilenko, Postgraduate Student, A. Maltsev, Master's Student,

A. Gursky, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

В статье рассматривается возможность предвыездной дистанционной диагностики автотранспортных двигателей с электронной системой топливоподачи по показателям мониторинга эксплуатационных режимов работы с использованием учебно-исследовательского комплекса для информационного обеспечения автосервиса.

The article considers the possibility of pre-departure remote diagnostics of motor vehicle engines with an electronic fuel supply system according to the indicators of monitoring of operational modes of operation using an educational and research complex for information support of a car service.

Ключевые слова: предвыездная диагностика, экспресс-анализ, режимы работы, топливоподача.

Keywords: pre-departure diagnostics, express analysis, operating modes, fuel supply.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации автотранспортных средств узлы и детали дизельных двигателей автотранспортных средств подвергаются воздействию возрастающих нагрузок, обусловленных повышением скоростей движения, увеличением массы грузов и среднесуточных пробегов. Выявление дефектов узлов и деталей дизельных двигателей

возможно на пунктах стационарной диагностики, что является трудоемкой и затратной операцией. Более эффективное и менее затратное – выявление неисправностей, возникающих в процессе эксплуатации, может быть достигнуто путем разработки средств дистанционной диагностики технического состояния дизельных двигателей и транспортных средств в целом. Разработка и внедрение в производственный процесс эксплуатации автотранспортных средств и методов дистанционной диагностики для своевременного выявления отказов и предотказных состояний узлов дизельных двигателей без использования пунктов стационарной диагностики, является актуальной задачей.

Особенностью предвыездной дистанционной диагностики является экспресс-анализ состояния всех систем и механизмов, что позволяет оперативно принимать решения на предприятиях автосервиса и в эксплуатирующих организациях.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.

Для проведения анализа способа предвыездной дистанционной диагностики автотранспортных двигателей был создан учебно-исследовательский комплекс для определения режимов работы и диагностических параметров современных автотранспортных двигателей с электронной системой топливоподачи может быть использован для предвыездного дистанционного диагностирования автотранспортных двигателей, т. к. позволяет:

- определять режимы работы и диагностические параметры автотранспортных двигателей в реальных условиях эксплуатации с использованием современных технологий беспроводной передачи данных как в режиме предвыездной (предрейсовой) подготовки Off-line, так и в режиме реального времени (On-line);

- проводить моделирование и исследование отказов и неисправностей на действующем дизельном двигателе с электронной системой топливоподачи;

- накапливать в архиве цифровые коды текущих параметров, отказов и неисправностей контролируемых объектов в координатах реального времени;

- определять вид и место возникших отказов и неисправностей на подконтрольном объекте в реальных условиях исследовать методы и возможные пути оперативного устранения;

– исследовать методы дистанционного диагностирования транспортных двигателей с электронной системой топливоподачи по показателям мониторинга эксплуатационных режимов работы.









Учебно-исследовательский комплекс предназначен для идентификации объекта, определения его местоположения, даты, времени и текущего состояния.

Идентификация объекта является необходимым условием для осуществления корректного мониторинга АТС и режимов его работы, а также работы его систем и агрегатов. Идентификация объекта в системе мониторинга непосредственно связана с созданием паспорта. При создании электронного паспорта должны использоваться те же идентификаторы, которые применил автопроизводитель при производстве объекта, т. е. так называемый VIN-код – «Vehicle Identification Number» (Идентификационный номер автомобиля, транспортного средства). VIN-код является самым надежным источником наиболее полной и достоверной информации о производителе, модели, установленном двигателе и других идентификационных признаках АТС (годе изготовления и т. д.). Причины и соответствующие идентификаторы в сети CAN, вызывающие включение предупреждающей и аварийной сигнализации ДВС с электронной системой топливоподачи приведены в таблице 1.

При установке на АТС бортового компьютера и/или терминала GPS/ГЛОНАСС, VIN-код заносится в ЭППЗУ указанных устройств и используется в дальнейшем в качестве идентификатора АТС и «привязки» текущих параметров, событий и другой телеметрической информации к марке, модели и т.п. объекта в системах мониторинга транспорта.

Такое техническое решение обеспечивает возможность дистанционно считывать из накопительного архива сервера телематических услуг и исследовать текущие параметры и коды неисправностей подконтрольных объектов, находящихся в реальных условиях эксплуатации за предшествующий период, при этом повторно их моделировать, воспроизводить и анализировать в стационарных условиях на действующем ДВС учебного комплекса с минимальными затратами времени. Тем самым, обеспечивается возможность существенно сократить время для квалифицированного определения причин возникновения и методов устранения неисправностей на удаленных объектах в эксплуатации.

Таблица 1 – События и соответствующие идентификаторы в сети CAN

№ п/п	Событие	Символ	Цвет	Идентификаторы CAN ^{**})		Комментарий
				PGN	SPN	
	1	2	3	4	5	6
1	Разряд АКБ		Желтый	64774	5087	Загорается при Вкл. замка и $0,8U_{ном} \geq U$
2	Отсутствие давления масла		Красный	64775	5082	Загорается и Вкл. звук. сигнал при работе ДВС
3	Наличие ошибки ЭСУ ДВС		Желтый	64775 65226	5078 624	Загорается при не критической-ошибке
4	ОБД диагностика ЭСУ ДВС		Желтый	64775 65226	5080 1213	Загорается при Вкл. замка и диагностике
5	Критическая ошибка ЭСУ ДВС		Красный	64775 65226	5079 623	Загорается при ошибке и/или отказе CAN
6	Засор воздушного фильтра		Красный	64775	5086	Загорается при сопр. всасывания больше 7 кПа
7	Низкий уровень ОЖ		Желтый	64775	5084	Загорается при уровне ОЖ меньше 90%
8	Вода в топливе		Желтый	65279	97	Загорается при наличии воды в топливе

Перечень неисправностей и соответствующих им символам, а также идентификаторам приведен в таблице. Передача информации производится путем передачи зашифрованного кода с соответствующим SPN, который отображает 1 бит информации и указывает логическое состояние в виде 0 или 1. Контроль и считывание информации производились с использованием штатно установленного на объектах оборудования (щитков приборов) и имитатора-анализатора шины CAN MasterCANToolPro, подключаемого к диагностическому разъему OBDII.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебно-исследовательский комплекс подтвердил возможность практической реализации предвыездной дистанционной диагностики ДВС АТС. А именно, возможность определять диагностические параметры автотранспортных двигателей на объектах, находящихся в реальных условиях с использованием современных технологий беспроводной передачи данных в режиме On-line (реального времени). Результаты данной экспресс диагностики являются необходимыми в информационном обеспечении автосервиса для принятия экстренных мер, по предотвращению выхода из строя ДВС и других систем, и механизмов ТС, а также по планированию проведения текущего ремонта. Кроме этого, данная информация может быть применена в автоматизированной системе расчета потребности выполнения технического обслуживания ТС, а также в корректировании нормативных данных по ТО и ТР.

При выполнении исследований выявлено, что информация передается на сервер четко, адекватно, с высокой точностью, что подтверждается одновременным, синхронным считыванием данных как приборами на панели (щитке приборов), так и с помощью комплекта OBD диагностики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивашко, В. С. Показатели эффективности использования транспортных средств [Электронный ресурс] / В. С. Ивашко, А. С. Гурский, А. Н. Мальцев. БНТУ // Изобретатель. – 2017. – № 5.

2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old.timacad.ru/catalog/disser/dd/Dunaev/disser.pdf>. – Дата доступа: 25.02.2022.

3. Кириленко, В. Г., Мальцев, А. Н., Гурский, А. С. Разработка концепции и создание учебного комплекса – тренажера для подготовки специалистов в области диагностики автотранспортных ДВС с электронной системой топливоподачи / Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации: материалы 110-й Международ. научн.-техн. конф. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2021. – С. 134–141.

4. Учебный комплекс – тренажер для подготовки диагностов автотранспортных двигателей с электронной системой топливоподачи: пат. ВУ № 12764 / В. Г. Кириленко, Н. Г. Мальцев. – 2021.

Представлено 14.04.2022

УДК: 629.113.066

**ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА КАРЬЕРНОГО
САМОСВАЛА БЕЛАЗ**

**DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION
OF THE ELECTRIC TRACTION DRIVE OF THE MINING
DUMP TRUCK**

Гульков Г. И.¹, канд. техн. наук, доц., **Микулёнок А. М.**², магистр,

¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь,

²ОАО «БЕЛАЗ» – УК холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ»

G. Gulkov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

A. Mikulionok, Master's Degree,

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus,

²OJSC «BELAZ» – MC «BELAZ-HOLDING»

Разработана математическая модель изменения температуры подшипника тягового генератора для анализа текущего состояния.

A mathematical model of the temperature change of the traction generator bearing has been developed to analyze the current state.

Ключевые слова: диагностика, контроль состояния, прогнозирование работоспособности машин.

Keywords: diagnostics, condition monitoring, prediction of machine operability.

ВВЕДЕНИЕ

Основным видом технологического транспорта при добыче полезных ископаемых открытым способом являются карьерные самосвалы. На них перевозится около 80 % добываемой горной массы.

Для увеличения производительности происходит постоянное увеличение мощности и грузоподъемности карьерного автотранспорта. На самосвалах грузоподъемностью 90 тонн и выше экономически выгодно устанавливать электромеханическую трансмиссию. В настоящее время применяются электромеханические трансмиссии переменного постоянного и переменного переменного тока, обладающие высоким ресурсом, небольшими расходами на обслуживание,

высоким КПД, гибкостью в управлении и диагностике, бесступенчатой механической характеристикой, в режиме торможения отсутствует необходимость в утилизации энергии через трение, возможность рекуперации тормозной энергии.

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Применение литий-ионных батарей в качестве накопителей энергии позволяет разрабатывать новые виды карьерной техники.

1. Самосвал с гибридной электромеханической трансмиссией с дизельным двигателем уменьшенной мощности (до 50 %) и блоком аккумуляторных батарей. В тяговом режиме самосвал получает энергию от ДВС и батарей, в режиме торможения (спуск в карьер) производится заряд батарей за счёт рекуперации тормозной энергии. Во время ожидания погрузки, при самой погрузке и выгрузке добываемой горной массы происходит заряд батареи от свободной мощности ДВС.

2. Самосвал дизель-троллейвоз. Маневрирование на отвале, в зоне погрузки и при спуске осуществляется при питании трансмиссии от мощности, генерируемой ДВС. При подъёме гружёный самосвал получает энергию от контактной сети.

3. Самосвал электровоз или электросамосвал, получает энергию от аккумуляторных батарей. В режиме торможения рекуперировывает энергию. Заряд батарей осуществляется быстрой зарядкой на высокой мощности для уменьшения времени заряда.

4. Самосвал электро-троллейвоз. Маневрирование на отвале и в зоне погрузки осуществляется при питании трансмиссии от аккумуляторных батарей, при спуске самосвала в режиме торможения производится рекуперация энергии в аккумуляторные батареи, подъём самосвала с грузом осуществляется за счёт электропитания от троллейной линии. При необходимости заряд аккумуляторной батареи может производиться от троллейной линии во время подъёма, без снижения скорости самосвала.

Современной тенденцией по увеличению эффективности автомобильной техники является переход от планового обслуживания к обслуживанию по состоянию. Решение данной проблемы связано с необходимостью создания и внедрения на автономном электромобиле системы диагностики, позволяющей оценить текущее состоя-

ние тягового электропривода, его остаточный ресурс и тем самым обеспечить техническое обслуживание и замену неисправных узлов, соответствующее фактическому состоянию оборудования, а также осуществить прогноз будущего состояния тягового электропривода и связанных с ним механизмов.

В настоящее время для диагностики технического состояния электромеханического оборудования используются следующие основные методы анализа: вибрационный, акустических колебаний, магнитного поля в зазоре электрических машин, температуры, состояния изоляции, электрических переменных электрической машины. Применение первых трёх требует непосредственного встраивания инструментов диагностики в электрооборудование и обеспечения их функционирования в тяжёлых условиях эксплуатации движущегося транспортного средства, что экономически не эффективно и технически сложно. Температурные методы эффективны для диагностики состояния подшипниковых узлов электрических машин и механизмов.

В последнее время для диагностики электромеханического оборудования получают применение методы, основанные на анализе спектра электрических переменных машины [1]. Несомненным достоинством данных методов является возможность использования датчиков тока, напряжения, мощности, установленных в шкафу электрооборудования самосвала и используемых в настоящее время для контроля и сигнализации о наступлении аварийного режима и в необходимых ситуациях для отключения электрооборудования. Помимо этого, для управления тяговым электроприводом используется современная микропроцессорная система, что позволяет без особых затруднений осуществить расширение микропроцессорных средств и использовать их для сбора, хранения и обработки оперативных данных о техническом состоянии элементов тягового электропривода.

В процессе диагностики необходимо установить исправное и неисправное состояние элементов ТЭП. В следствие этого, одной из важнейших задач создания системы диагностики ТЭП является разработка математических моделей эталонного и отличного от него состояния элементов ТЭП. Основой для формирования эталонных математических моделей являются характеристики элементов ТЭП, полученные в ходе приёмочных испытаний

на предприятии-изготовителе, а также характеристики элементов ТЭП, полученные при пусконаладочных испытаниях самосвала БЕЛАЗ в ходе обкатки.

Используя указанные характеристики и известные математические соотношения для каждого из элементов ТЭП карьерного самосвала получены эталонные математические модели. Переход элементов ТЭП в отличное от эталонного новое состояние происходит в результате возникающих в них дефектов. Для создания математических моделей, учитывающих возникающие дефекты, требуется сбор и анализ эксплуатационных данных.

Тяговый электропривод карьерного самосвала БЕЛАЗ-75137 имеет систему измерения и контроля температуры обмоток и подшипников тяговых машин. Система управления получает данные о токах, напряжениях, частотах вращения генератора и тяговых двигателей. Эти данные использовались для построения тепловой математической подшипника тягового генератора.

Для создания модели были взяты данные эксплуатации карьерного самосвала БЕЛАЗ-75137 в Республике Индия, город Гевра. Запись данных проводилась три температуры окружающего воздуха + 36 °С, разогрев генератора производился методом нагружения на тормозные резисторы, скорость движения самосвала 0 км/ч, Подводимая мощность к генератору производилась ступенчато от 0 до 1080 кВт, Первые 15 минут эксперимента на генератор не подавалась нагрузка, подшипник генератора разогревался за счёт механических потерь. Измерение температур и других параметров производилась датчиками, встроенными в тяговый электропривод и записывались на ноутбук, подключенный в CAN линию тягового электропривода. Записанные данные были экспортированы в файл с расширением mat для обработки в программе Matlab Simulink.

В модели для расчёта температуры подшипника используются мощность электрических потерь в генераторе рассчитанная из мгновенной мощности и КПД генератора, частота вращения ротора генератора и температура охлаждающего воздуха. В модели учитывается передача тепла от статора к подшипнику по подшипниковому щиту, разогрев подшипника за счёт механических потерь в самом подшипнике, охлаждение подшипника вентилятором и влияние температуры окружающей среды.

На рисунке 1 приведён график измеренной температуры подшипника (чёрный) и график температур, полученной из математической модели. Отличие данных полученных из математической модели от экспериментальных не превышает 5 %.

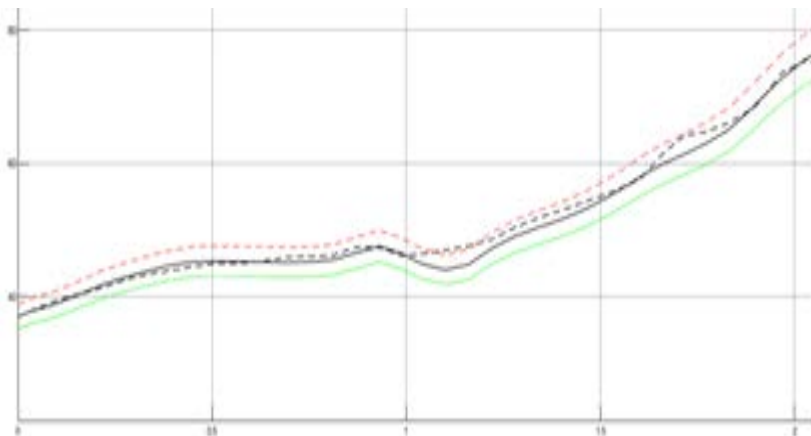


Рисунок 1 – Графики изменения температуры подшипника тягового генератора

На графике черным цветом сплошной линией изображена экспериментальная кривая, пунктирной – полученная в результате моделирования. Верхний пунктирный график +5 % от измеренной температуры, нижний серый –5 % от измеренной температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Контроль состояния и диагностика машин. Сигнатурный анализ электрических сигналов трёхфазного асинхронного двигателя: ГОСТ ISO 20958-2015. – М. : Стандартинформ, 2015. – 22 с.

Представлено 14.04.2022

УДК 621.357.75

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ

INVESTIGATION OF CORROSION RESISTANCE OF WEAR-RESISTANT CHROME COATINGS

Котомчин А. Н., аспирант,

Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ), г. Москва, Россия

A. Kotomchin, Postgraduate Student

Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University
(MADI), Moscow, Russia

В результате проведенных исследований был получен новый состав холодного саморегулирующегося электролита хромирования. Для которого потребовалось проведение исследований коррозионной стойкости, с целью применения для восстановления деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании. Результаты исследований коррозионной стойкости подтвердили лучшие результаты по сравнению с базовым материалом, который используется для изготовления плунжеров насосов и золотников гидрораспределителей.

As a result of the conducted research, a new composition of cold self-regulating chromium plating electrolyte was obtained. Which required conducting corrosion resistance studies in order to be used for the restoration of parts operating under waterjet wear. The results of corrosion resistance studies have confirmed the best results compared to the base material used for the manufacture of pump plungers and valve valves.

Ключевые слова: хромирование, коррозионная стойкость, восстановление, электролит.

Keywords: chrome plating, corrosion resistance, restoration, electrolyte.

ВВЕДЕНИЕ

Коррозионная стойкость – одна из основных требований к хромовым покрытиям, используемых при восстановлении деталей автотранспорта, которые работают в различных климатических и дорож-

ных условиях. Работа агрегатов гидропривода, топливной аппаратуры и др. сопровождаются постоянно с высокими рисками для деталей, работающих в агрессивных средах и тяжёлых условиях работы. Поэтому проведение коррозионных испытаний деталей, восстановленных с помощью разработанного электролита хромирования, является важным этапом по внедрению в производство по восстановлению деталей автотранспорта.

Исследованиями было установлено, что на скорость коррозии металлов в частности хромовых покрытий влияют различные загрязнения, содержащие различные соли и пыли. При этом на скорость коррозии хромовых покрытий особенно сильное влияние оказывает соединение хлоридов, в частности соляная кислота и её соединения.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Проведенные исследования нового состава холодного саморегулирующегося электролита хромирования позволили получить оптимальный следующий состав электролита: хромовый ангидрид 420–450 г/л, сульфат никеля – 10 г/л, сульфат кобальта – 10 г/л, плавиковая кислота 0,65–0,9 г/л, при оптимальных следующих режимах: плотность тока 75–200 А/дм², рабочая температура электролита 18–35 °С. При этом выход по току достигал 50 %. Дальнейшем потребовались исследования коррозионной стойкости получаемых покрытий с целью использования данного электролита для восстановления деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании [1–3].

МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

С целью проведения ускоренных коррозионных испытаний была изготовлена установка (рисунок 1) и согласно методике, приведенной в ГОСТ 9.308-85 проведены соответствующие исследования.

Коррозионные испытания проводились с использованием паров соли, имеющие соединение хлора – хлористый натрий ГОСТ 4233-77. При этом создавалась повышенная влажность и температура с одновременным введением агрессивной среды [4].

Для определения первоначальной массы заготовок-образцов, они взвешивались с помощью аналитических весов ВАЛ-200, после чего помещались в установку для коррозионных испытаний, где они навешивались на специальную подвеску в верхней части (рисунок 1).

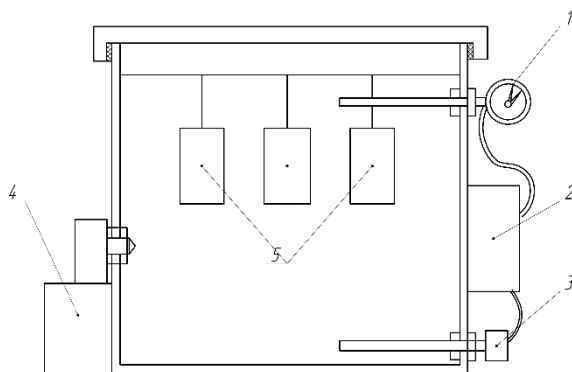


Рисунок 1 – Установка для коррозионных испытаний

- 1 – датчик температуры с указателем температуры внутри установки,
 2 – блок управления температурой, 3 – ТЭН,
 4 – распылитель агрессивной среды (солевого тумана).

С целью проведения коррозионных испытаний было изготовлено 12 образцов с размерами: диаметр 12 мм, длина 23 мм (площадь покрытия $0,1 \text{ дм}^2$). Не покрытая поверхность тщательно изолировалась с помощью коррозионностойких материалов. Из 12 образцов шесть покрывались хромом из разработанного электролита, шесть изготавливались из материала, который используется в деталях гидропривода, а именно для изготовления золотников – сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Образцы испытывали при навеске трех штук за один раз [4, 5].

В качестве соляного раствора для получения соляного тумана использовали раствор хлористого натрия ГОСТ 4233-77 с концентрацией 50 г/л. При этом температуру в камере установки нагревали и поддерживали в пределах $35 \text{ }^\circ\text{C}$, с воздействием солевого тумана, с периодичностью распыления каждый час. Испытания каждой партии образцов проводили в течении 240 ч.

После окончания испытаний партия образцов изымалась из установки, очищалась от продуктов коррозии, путем погружения образцов в 8 % раствор щелочи и выдерживали в течении 20 мин. при температуре раствора $20 \text{ }^\circ\text{C}$. После удаления продуктов коррозии образцы тщательно промывались, просушивались, взвешивались, и определялась потеря массы образца. Данные фиксировались и записывались в журнале.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа полученных результатов, при проведении коррозионных испытаний показали, что хромовые покрытия, получаемые из разработанного электролита, обладают достаточно высокой коррозионной стойкостью, что подтверждает использование данной технологии при восстановлении деталей автотранспорта, в частности деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании – золотники гидрораспределителей, плунжеры насосов и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котомчин, А. Н. Использование износостойкого хромирования при восстановлении и упрочнении деталей автомобилей / А. Н. Котомчин, А. Ф. Синельников, Н. И. Корнейчук // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2021. – № 1(64). – С. 11–17.

2. Котомчин, А. Н. Интенсификация процесса электролитического хромирования при восстановлении и упрочнении деталей машин / А. Н. Котомчин, А. Ф. Синельников, Н. И. Корнейчук // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 3(70). – С. 22–32.

3. Котомчин, А. Н. Оптимизация работы ванны хромирования при восстановлении деталей автотранспорта / А. Н. Котомчин // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18. – № 4(80). – С. 390–405.

4. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы, сплавы, покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы испытаний на климатических испытательных станциях: ГОСТ 9.909–86. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 13 с.

5. Натр едкий технический. Технические условия: ГОСТ Р 55064–2012. – М. : Стандартинформ, 2013. – 46 с.

Представлено 14.04.2022

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ АВТОСАМОСВАЛОВ

ENSURING THE NEED FOR SPARE PARTS FOR DUMP TRUCKS

Ибраева А. А.¹, докторант, **Куанышбаев Ж. М.**¹, д-р техн. наук,
проф., **Капский Д. В.**², д-р техн. наук, доц.,

¹Евразийский Национальный университет им. Л. Н. Гумилева,
г. Нур-Султан, Республика Казахстан,

²Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

A. Ibraeva¹, doctoral student,

Z Kuanyshbaev¹, Doctor of technical Sciences, Professor,

D. Kapsky², Doctor of technical Sciences, Associate Professor,

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

²Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

В настоящее время значительно повысилась актуальность, наукоемкость и практическая значимость организации эффективной системы технического сервиса, одной из главных задач которой является повышение экономической эффективности эксплуатации техники путем минимизации затрат и возможных потерь от простоев автосамосвалов в ремонте. Решение этой задачи связано с совершенствованием существующей системы планирования расходов на запасные части.

Currently, the relevance, knowledge intensity and practical significance of the organization of an effective technical service system has significantly increased, one of the main tasks of which is to increase the economic efficiency of equipment operation by minimizing costs and possible losses from downtime of dump trucks in repair. The solution of this problem is connected with the improvement of the existing system of planning expenses for spare parts.

Ключевые слова: оптимизация, долговечность; техническое обслуживание и ремонт; отказ; эксплуатация; технический ремонт; надежность, сборочной единицы, дефицит, ударные нагрузки.

Keyword: optimization, durability; maintenance and repair; failure; operation; maintenance; reliability, assembly unit, shortage, shock loads.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, горнодобывающая промышленность является базой для развития основных отраслей промышленности – металлургии, машиностроения, энергетики, химической промышленности, стройматериалов и сырья. Сложные условия для работы транспорта, ударные нагрузки, наличие вибрации, высокая влажность, запыленность, колебания температур приводят к снижению производительности работ по техническому обслуживанию и ремонту горнотранспортного оборудования.

Следует отметить, регулирование рабочего состояния машин требует точной реализации функций системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Ключевым фактором в регулировании эксплуатационного состояния является ремонтное производство запасных частей, что показывает гарантию поддержания заданного уровня надежности машин и стабильной работы предприятия. Важную роль для поддержания рабочего состояния машин является строгое нормирование расхода запасных частей [2].

Ключевыми элементами к исправности запасных частей всегда является средний срок службы до замены детали, узла, агрегата или детали в качестве компонента привода. Созданная в 30-х годах прошлого века система плано-предупредительных ремонтов (ППР). Известная как система (ППР), была основана на средних ресурсах составляющих элементов, которые обеспечивают структуру цикла обслуживания машины. Поддержание работоспособности изготовленных машин напрямую связано с увеличением объема ремонтных работ. А также сократить потребление запасных частей для нужд ремонта и технического обслуживания. В связи со значительным насыщением горнодобывающей промышленности мощным оборудованием все чаще вводятся ускоренные нормы амортизации, и изношенные машины окупаются. В результате мы получаем снижение расхода деталей. Большая часть затрат на запасные части растет с каждым годом, нехватка быстро и основных изнашиваемых деталей практически не исчезает [1].

Для поддержания необходимого уровня производительности большегрузных автомобилей и удержания предприятия на плаву необходимо улучшить техническое обслуживание автомобилей, перевозящих полезные ископаемые, и обеспечить ремонтное производство запасными частями. Важную роль в обеспечении бесперебойной работы играют строгие рационы запасных частей и монтажа. Одним из основных факторов поддержания рабочего состояния самосвала до смены запчастей всегда является средний срок службы до замены запчасти, узла или запасных частей, узла или элемента машины. При достижении предела износа узлы и агрегаты должны быть заменены в соответствии с нормативно-технической документацией на машину, используя улучшенный способ ремонта – агрегатно-узловой.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УРОВЕНЬ НАДЕЖНОСТИ МАШИН

Факторы влияющие на надежность работы машин подразделяются на три основные позиции.

1. Конструктивно-технологические – уровень надежности, уровень технологичности конструкции и уровень унификации.

2. Эксплуатационные, которое подразделяется на 2 типа:

– интенсивность эксплуатации, компетентность водителя, дорожные и погодные условия;

– количество и качество технического обслуживания и ремонта техники, оснащенность ремонтной базы, уровень специализации и кооперации ремонта.

3. Организационные – наличие, приемка, списание автотехники, уровень организации технического сервиса, уровень организации технического сервиса.

Как показывает практика, поддержание машин в порядке требует четкого выполнения мероприятий системы технического обслуживания и ремонта. Более половины стоимости ремонта грузовых машин приходится на запчасти. Организационный момент финансирования закупки запасных частей происходит по прошествии времени, с учетом потребности в плановом техническом обслуживании исходя из отработанных деталей и узлов грузовых машин [1].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО НАЛИЧИЯ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ

Для определения способа оптимизирования расхода, связанных с нехваткой и избытком запасных частей, является выявление их оптимальной доступности. Для этого необходимо ввести понятие риска f_n путем учета нехватки запасных частей для ремонта конкретного агрегата в планируемом году. Чем выше параметр f_n , тем ниже расход на избыточные запасные части и, соответственно, тем ниже расходы на доставку, покупку, техническое обслуживание запасных частей. Рост затрат предприятия от простоя автосамосвала можно определить по изменению значения f_n .

Оптимальное значение риска определяется исходя из общих затрат предприятия на ремонт самосвалов в связи с заменой конкретного агрегата. Суммарные затраты Z_n предприятия, связанные с ремонтом замены агрегата, рассчитываются как:

$$Z_n = Z_{\text{пост}} + Z_{\text{пер}} + Z_{\text{доп}} + Z_n \quad (1)$$

где, $Z_{\text{пер}}$ – условно-переменные в ремонте затраты, $Z_{\text{пост}}$ – условно-постоянные в ремонте затраты, руб; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительные затраты на запасные части, связанные с заказом, доставкой и хранением отсутствующих деталей, руб.; Z_n – недополученная прибыль из-за дополнительных простоев.

При замене агрегата автосамосвала возникают условно-постоянные расходы, их рассчитывают:

$$Z_{\text{пост}} = F_{\text{ир.т}} \cdot S \cdot P_{\text{выр}} T_n \quad (2)$$

где $P_{\text{выр}}$ – производительность самосвала, т/ч; $F_{\text{ир.т}}$ – доля постоянных затрат в стоимости перевозки 1 тонны руды; T_n – простой самосвала для замены агрегата (узла), ч.; S – стоимость 1 тонны руды.

$$T_n = V_n + (V_3 + V_{\text{д.зч}}) \quad (3)$$

где $V_{\text{д.зч}}$ – время доставки и хранения запасных частей, V_n – время размещения заказа на отсутствующие запасные части, ч; V_3 – время замены агрегата, ч.

Переменные затраты, связанные с заменой единицы, могут быть определены как:

$$N_{\text{пер}} = (1 - F_{\text{уп.р}}) \cdot K_{\text{нр}} \quad (4)$$

где $(1 - F_{\text{уп.р}})$ – доля условно-переменных расходов в нормативной (сметной) стоимости ремонта;

$K_{\text{нр}}$ – нормативная (сметная) стоимость капитального ремонта и замены агрегатов самосвалов (сумма расходов на заработную плату работников, стандартных расходов на запасные части и использование ремонтного оборудования, а также цеховых расходов).

Стоимость запасных частей, связанных с заказом, доставкой и хранением недостающих деталей на момент ремонта, понимается как дополнительная, рассчитывается как:

$$R_{\text{доп}} = (C_{\text{зп}} + C_{\text{д.зх}}) \cdot R_{\text{н}} \cdot R_{\text{р}} \quad (5)$$

где $C_{\text{зп}}$ – стоимость запасных частей для ремонта на начало планируемого периода; $C_{\text{д.зх}}$ – сборы таможенные и расходы по доставке и хранению запасных частей для ремонта на начало планируемого периода [3].

Упущенная выгода – это прибыль от продажи продукции, которую компания ожидала получить в запланированном периоде, но не получила из-за простоя оборудования. Определяется по формуле:

$$N_{\text{н}} = N_{\text{у}} \cdot Q_{\text{выр}} \cdot f_{\text{р}} \quad (6)$$

где $N_{\text{н}}$ – прибыль, потерянная предприятием из-за простоя машины;

$N_{\text{у}}$, – планируемая прибыль,

$Q_{\text{выр}}$ – единая прибыль предприятия.

Капитальный ремонт агрегата в год $P_{\text{кр.а}}$ с коэффициентом риска нехватки запасных частей $f_{\text{р}}$ определяется в соответствии с законом распределения ресурсов с использованием разложения бинома Ньютона, теоремы Лапласа или формулы Пуассона с соответствующим значением коэффициента риска $f_{\text{н}}$, то есть:

$$P_{\text{кр.а}} = K(f_{\text{н}}) \quad (7)$$

Капитальный ремонт агрегата в планируемый период изменяться в зависимости от качества ранее выполненных ремонтных работ. Ремонтный ресурс зависит от наличия запасных частей, условий ремонта и ограничен в плане подбора пар трения.

Поэтому эмпирический объем ремонта агрегата за определенный период может различаться в определенных пределах. Из-за разных периодов на складе возникает перепроизводство агрегатов, что увеличивает неэффективные активы, которые могут дать циклический экономический эффект, который рассчитывается:

$$N_{\text{дин}} = C_1 (1 + \gamma \cdot k_0) \quad (8)$$

Неизрасходованные финансовые ресурсы могут быть вложены в приобретение нового материала взамен изношенного. Расходы на замену бывшего в употреблении оборудования, кроме приобретения объектов первого уровня, формируют расходы первого уровня, а также амортизацию и прибыль. Амортизационные отчисления в будущем производятся целиком, а часть прибыли, как инвестиции второго уровня, направляется на получение объектов второго уровня. Которая, в свою очередь, образует объект второй стадии движения затрат, прибыли и амортизации, затем третьей стадии и т. д. Расчеты показывают, что на четвертом или пятом цикле сумма эксплуатационных затрат очень мала, и это не влияет на завершающий результат [2].

Прочие неизрасходованные G_n затраты на приобретение запасных частей в планируемом периоде, рассчитываются:

$$G_n = [P_{\text{кр.а}}(f_n) - P_{\text{кр.а}}(f_n = 0,5)] \cdot S_{nr}, \quad (9)$$

где $P_{\text{кр.а}}(f_n)$ – количество ремонтов агрегата в год с коэффициентом риска f_n ;

$P_{\text{кр.а}}(f_n=0,5)$ – количество ремонтов агрегата в год с коэффициентом риска $f_n = 0,5$, определяемое его средним ресурсом;

S_{nr} – коэффициент стандартная стоимость запасных частей для ремонта.

Величина оптимального риска для разных единиц самосвалов будет разной, поскольку распределение ресурсов и стоимостные показатели, составляющие общие годовые затраты, различны. Поэтому, чтобы определить потребность в запасных частях для агрегатов, важно рассчитать оптимальный риск нехватки. потребление метода в практических расчетах потребности в финансовых ресурсах для получение запасных частей поможет улучшить их потребление, для недопущения дополнительных затрат и избытка запасных частей [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом анализ эксплуатации самосвалов показал, что уровень эксплуатационной надежности технологических транспортных средств зависит от различных показателей, поэтому потребность в запасных частях определяется сроком службы машин, дальностью транспортировки горной массы, климатическими и производственными условиями, а также ресурс их узлов и агрегатов зависит от количества проведенных ранее капитальных ремонтов. Чтобы снизить затраты на техническое обслуживание, необходимо обеспечить постоянное техническое обслуживание и ремонт запасными частями автосамосвалов с учетом воздействия условий эксплуатации оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, А. С. Экономика разведки, добычи и переработки полезных ископаемых / А. С. Астахов. – М.: Недра, 1991.
2. Петряков, С. Н. Прогнозирование потребности в запасных частях с учетом их качества и маркетинга / С. Н. Петряков. – Саранск, 1999.
3. Таскин, С. П. Обеспечение запасными частями оборудования горных предприятий / С. П. Таскин, А. П. Макаров, С. Ю. Красноштанов. сб. науч. тр. – 2006.
4. Шадрин, А. И. Оптимизация потребности запасных частей для карьерных автосамосвалов / А. И. Шадрин, И. В. Зырянов, М. Ю. Гамбаль // Вестник ИрГТУ: сб. науч. тр. – № 4. – ИрГТУ, 2008.

Представлена 14.04.2022

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД ПРИТИРКИ
АВТОТРАКТОРНЫХ ВАЛОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

**IMPROVED METHOD FOR GRINDING AUTOTRACTOR
GROSS PARTS**

Косимов И. С., научн. сотр.,
Алматаев Т. О., канд. техн. наук, проф.,
Андижанский машиностроительный институт,
г. Андижан, Республика Узбекистан
I. Kasimov, scientific. sotr.,
T. Almataev, Ph.D. in Engineering, Professor,
Andijan Engineering Institute, Andijan, Republic of Uzbekistan

В статье рассматриваются вопросы повышения качества и надежности обработки с использованием эксцентриковой ротационной четки при чистовой обработке рабочей поверхности валовых деталей, а также результаты экспериментальных работ с целью обеспечения надёжности долговечности срока службы детали.

The article discusses the issues of improving the quality and reliability of processing using an eccentric rotary rosary when finishing the working surface of a shaft part, as well as the results of experimental work to ensure the reliability and durability of the service life of the part.

Ключевые слова: автомобильные двигатели, ремонт, вал, износ, восстановление деталей, шлифовальные работы, эксцентриковая вращательная четка, доводка, надежность.

Keywords: automobile engines, repair, shaft, wear, restoration of parts, grinding, eccentric rotational precision, fine-tuning, reliability.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что с увеличением пробега автомобилей изнашивается рабочие поверхности деталей. Особенно изнашиваются детали цилиндра поршневой группы, коленчатые и распределительные валы двигателя внутреннего сгорания, которые имеют высокую стоимость. Ремонт и восстановление работоспособно-

сти этих деталей сопряжена с технологическими и материальными трудностями. Притирка деталей применяется для окончательной отделки предварительно отшлифованных деталей путём выравнивания малейших неровностей поверхности деталей и тем самым увеличения межремонтного периода деталей [1]. Притирка является самым точным способом обработки поверхностей (1-й класс точности и выше, чистота обработки до 14-го класса) [2].

МЕТОД ПРИТИРКИ АВТОТРАКТОРНЫХ ВАЛОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

В Андижанском машиностроительном институте с целью повышения качества притирки, создан новый способ притирки деталей и притир [3].

Внедрение предлагаемого способа позволяет повысить качество притирки деталей с помощью повышения качества воздействия на обрабатываемую поверхность за счет неравномерного касания щетинок о шероховатость поверхности деталей (рисунок 1, рисунок 2).

Притирка деталей с использованием предлагаемой ротационной эксцентриковой щетки осуществляется следующим образом.



Рисунок 1 – Эксцентричное вращение щетки и ее частей в притирки поверхности коленчатых валов ДВС

При включении шлифовального станка 1 обрабатываемая деталь совершает вращательное движение. 3 вращается навстречу вращению обрабатываемой детали 2.

В пространство между обрабатываемой деталью 2 и ротационной эксцентриковой щеткой 3 посредством направлятеля и сопла 4 вводят абразивную смесь. Щетинки распределяют абразивную смесь по всей обрабатываемой поверхности детали 2 и производят таким образом притиру поверхности детали 2. Так как щетинки выполнены различной высоты по эксцентриковой окружности и вращаются со скоростью в два раза большей чем скорость вращения обрабатываемой детали 2, что повышает чистоту обрабатываемой поверхности детали 2, а значит и качество притирки как способы окончательной чистовой обработки особо точных поверхностей деталей машин и приборов.

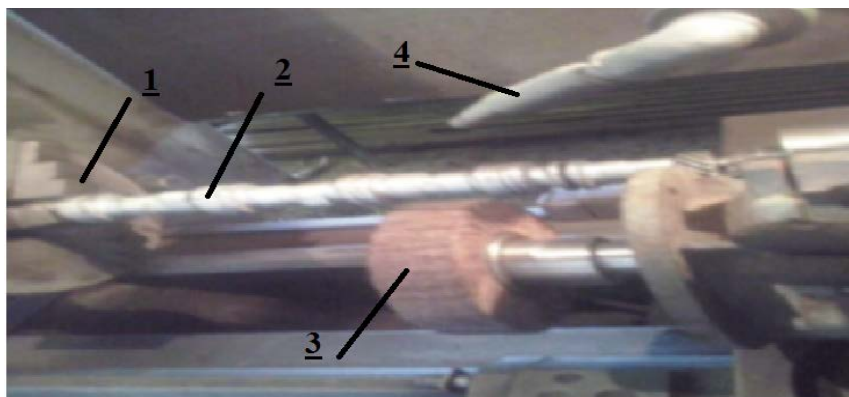


Рисунок 2 – Эксцентричное вращение щетки и ее частей в притирки поверхности газораспределительных валов ДВС

Показатели притирки шейки коленчатого вала двигателя автомобиля «Matiz» приведены в таблице 1.

Из предложенных способов наилучшие показатели имел способ притирки деталей с помощью эксцентриковой ротационной щетки и поэтому он был выбран для дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение предлагаемого способа позволяет повысить качество притирки деталей с помощью повышения качества воздействия на

обрабатываемую поверхность за счет неравномерного касания щетинок о шероховатость поверхности деталей (рисунок 1).

Таблица 1.

№	Способ притирки	Продолжительность притирки, мин	Класс точности	Чистота обработки
1.	Ручная притирка	22,6	2	8
2.	С помощью ремня	12,8	2	9
3.	С фарфоровым бруском	8,1	1	10
4.	С ротационной щеткой	5,3	1	13

Новые способы притирки поверхности деталей позволили сократить трудоемкость работ в среднем на 8–15 % и продолжительность притирки в 2–3 раза. По каждому предложенному способу притирки были обработаны шейки 10 коленчатых валов различных двигателей, результаты которых показали хорошие эксплуатационные свойства автомобилей перед автомобилями, у которых притирка деталей проводилась традиционными способами. Этот метод обеспечивает снижение энергоресурсов в 2–3 раза, энерго материально-го сырья и 3–5 раз снижение затрат на ремонт ДВС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Определение структурных показателей пылевых частиц топливных загрязнений автомобильных двигателей / И. С. Косимов [и др.] // Universum. – 2021. – № 12(93).

2. Folkson, R. Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance / R. Folkson. – Woodhead Publishing Limited, 2015.

3. Носиров, И. З. Способ притирки поверхности детали и притир: пат. IAP 03685 / И. З. Носиров, Т. О. Алматаев, И. С. Косимов.

Представлено 23.04.2022

**ВЛИЯНИЕ ЧИСЛО ЗАЕЗДОВ АВТОМОБИЛЕЙ,
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ПРОГРАММУ
ГОРОДСКИХ СТАНЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ**

**INFLUENCE OF THE NUMBER OF DRIVES OF VEHICLES,
OPERATING AND CLIMATIC CONDITIONS
ON THE PRODUCTION PROGRAM OF URBAN TECHNICAL
SERVICE STATIONS**

Кадиршаев Т. К., канд. техн. наук, доц.,

Таджибаев А. А., канд. техн. наук, доц.,

Ибрахимов К. И., канд. техн. наук, доц.,

Ташкентский государственный транспортный университет
(ТГТрУ), г. Ташкент, Узбекистан

T. Kadirshaev, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

A. Tajibaev, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

K. Ibrahimov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

На основе анализа существующих методик технологического расчета станций технического обслуживания автомобилей и наблюдения, предлагается внести в технологический расчет изменения число заездов автомобилей на станцию в зависимости от среднегодового пробега, эксплуатационных и климатических условий.

Based on the analysis of existing methods of technological calculation of car service and observation stations, it is proposed to make changes in the technological calculation of the number of car arrivals at the station, depending on the average annual mileage, operating and climatic conditions.

Ключевые слова: технологический расчет, коэффициент корректирования, эксплуатационные и климатические условия, средний годовой пробег, число заездов, трудоёмкость.

Keywords: technological calculation, correction factor, operating and climatic conditions, average annual mileage, number of runs, labor intensity.

ВВЕДЕНИЕ

Созданием автомобильной промышленности в Республике Узбекистан, населения начали пользоваться современными автомобилями отечественного производства. Компанией «Uz Auto Motors» создан сеть дилерских центров в республике и за рубежом, которые осуществляют продажу, предпродажное обслуживание, гарантийное обслуживание и ремонт автомобилей по регламенту, который, приводится в «Сервисной книжке автомобиля».

Обзор источников [1, 2] по методикам технологического расчета показал, что особенности организации технического сервиса современных автомобилей в существующих методиках не полностью отражены. Поэтому СТО построенные на основе существующего технологического расчета, не всегда соответствуют потребностям в услугах региона, т. е. некоторые простаивают, а некоторые перегружены. В связи с этим, а также повышением автомобилизации регионов, внесение в технологический расчет СТО прогрессивных рекомендаций заводов изготовителей, является актуальным.

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ СТО

В настоящее время определенное количество автомобилей, принадлежащие населению, участвуют в перевозке пассажиров и их среднегодовой пробег составляет более 40000 км. На техническое состояние этих автомобилей также влияют городские эксплуатационные и климатические условия. Проведенные наблюдения показали необходимость корректирование нормативной периодичности технического сервиса (ТС) с учетом выше приведенных условий.

Корректирование периодичности технического сервиса

$$L_{ts} = L_{ts}^n \cdot K_1^l \cdot K_3^l, \quad (1)$$

где: L_{ts}^n – нормативная периодичность технического сервиса, км;

K_1^l – коэффициент корректирования, учитывающий условия эксплуатации, предлагаемая;

K_3^l - коэффициент корректирования, учитывающий природно-климатические условия.

Годовое количество заездов одного автомобиля в СТО на ТС и ремонт течение года, проходящихся на 1 комплексно обслужива-

емый автомобиль в ОНТП-01-91, рекомендуется принять равным 2. Однако, данная рекомендация не учитывает фактические годовые пробеги автомобилей и периодичность ТС по сроку эксплуатации. Поэтому предлагается число заездов определить по формуле:

$$d_{ts} = L_g / L_{ts}, \quad (2)$$

где: L_g – среднегодовой пробег обслуживаемых автомобилей, км;
 L_{ts} – скорректированная периодичность технического сервиса, км.

В регламенте «Сервисной книжки» периодичность ТС нормируется по пробегу (в км) или по сроку (в месяцах), который наступит первым. Если среднегодовой пробег автомобиля меньше скорректированной периодичности ТС, заезд осуществляется по сроку – число заездов за этот год и будет равным $d_{tc} = 1$. Расчет осуществляется использованием логического оператора «Если» стандартной программы MS Excel по выражению:

$$d_{tsi}(l) = \{1, (0 < l \leq L_{tsi}); L_g / L_{tsi}, (l > L_{tsi}), \quad (3)$$

где: l – пробег автомобиля за текущий год, км;
 L_g – среднегодовой пробег автомобиля, км;
 L_{tsi} – скорректированная периодичность i – той группы автомобилей, км.

Изучение организации ТС и ремонта на СТО, выявил необходимость учета дополнительно реальные условия эксплуатации автомобилей, которые особенно в крупных городских условиях приводит к резкому ухудшению технического состояния и соответственно повышению объема ремонтных работ.

Тогда расчетная удельная трудоемкость определяется по формуле:

$$t_{ts,t} = t_{ts,t}^n \cdot K_1^t \cdot K_3^t \cdot K_5 \text{ чел.ч}, \quad (4)$$

где: $t_{ts,t}^n$ – нормативная трудоёмкость ТС и ремонта, чел.ч/1000 км;
 K_1^t – коэффициент корректирования норматива в зависимости от условий эксплуатации;

K_3' – коэффициент корректирования норматива в зависимости от природно–климатических условий;

K_5 – коэффициент корректирования норматива в зависимости от количества рабочих постов на СТО.

Так как количество постов СТО пока не определено, обычно определяется предварительное количество рабочих постов, а потом производится перерасчет. Чтобы исключить циклический расчет предлагается выбрать значения коэффициента K_5 в зависимости от количество обслуживаемых автомобилей и от количество рабочих постов на СТО, которая составлена на основе анализа [3] и приведена ниже.

Коэффициент корректирования K_5 трудоемкости ТО и ТР в зависимости от число обслуживаемых автомобилей и рабочих постов на СТО приведен в таблице 1.

Таблица 1

Число обслуживаемых автомобилей	Количество постов	Значение коэффициента корректирования
до 2000	до 5	1,05
св. 2000 до 3500	св. 5 до 10	1,0
св. 3500 до 5500	св. 10 до 15	0,95
св. 5500 до 9000	св. 15 до 25	0,90
св. 9000 до 11000	св. 25 до 35	0,85
св. 11000	св. 35	0,80

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная методика позволяет учитывать рекомендации по техническому сервису современных автомобилей, обслуживаемых на основе «Сервисной книжки» заводов изготовителей и повышает точность технологического расчета СТО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мусаджанов, М. З. Основы проектирования автосервисных предприятий: учебник для студентов бакалавриата 5610100 – Сфера

услуг (Автомобильный транспорт) / М. З. Мусаджанов. – Ташкент: Внеш Инвест Пром. 2020. – 352 с.

2. Напольский, Г. М. Технологический расчет и планировка автотранспортных предприятий / Г. М. Напольский. – М. : МАДИ, 2003. – 42 с.

3. Положение о техническом обслуживании и ремонте автомобилей «Нексия», «Дамас», «Тико» производства СП УзДЭУавто. – Ташкент: Корпорация «Узавтотранс», 1997.

Представлено 20.03.2022

УДК 620.16.32

АНАЛИЗ ПРИЧИН, ВЫЗЫВАЮЩИХ ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

ANALYSIS OF THE REASONS CAUSING WEAR OF PARTS OF MOTOR VEHICLES

Абдуллаев А. С., ст. преп.,
Андижанский машиностроительный институт
г. Андижан, Узбекистан
A. Abdullaev, Senior Lecturer,
Andijan Machine-Building Institute, Andijan, Uzbekistan

В данной статье приводятся результаты анализа причин, влияющих на износ деталей автомобильных двигателей, эксплуатирующийся в условиях высокой температуры и запыленности воздуха Центральноазиатской зоны.

This article presents the results of an analysis of the causes that affect the wear of automotive engine parts, which are operated in conditions of high temperature and dust content in the air of the Central Asian zone.

Ключевые слова: автомобиль, двигатель, моторное масло, износ, природно-климатические условия, абразивный, коррозионный, механический, дорожная пыль.

Keywords: automobile, engine, engine oil, wear, climatic conditions, abrasive, corrosive, mechanical, road dust.

ВВЕДЕНИЕ

Работа автомобильных транспортных средств в различных условиях эксплуатации, особенно в карьерах, где содержится повышенная запыленность воздуха вызывает повышенный износ их деталей и механизмов, а с увеличением износа деталей автомобиля повышается расход топлива и другие эксплуатационные материалы, возникают частые отказы и поломки.

ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ И ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ

Износ деталей рулевого управления и тормозной системы ухудшает управляемость автомобилем, снижая безопасность его вождения. Износ деталей, агрегатов и механизмов вызывает изменение первоначальных размеров деталей и их геометрической формы, впоследствии это приводит к существенному увеличению зазоров между трущимися деталями, появлению шумов, стуков и вибрации.

Наибольшее число неисправностей и отказов возникает в связи с естественным изнашиванием деталей. При работе механизма с зазором, превышающим допустимый предел износ деталей интенсивно увеличивается и может привести к существенному повышению расхода топлива и эксплуатационных материалов, к сильному выбросу токсичных веществ, загрязняющих атмосферу и к снижению эффективности работы автомобиля.

Большое количество автомобилей эксплуатируются в климатических условиях Крайнего Севера и в жарких, сухих высокозапыленных зонах Центральной Азии. Если температура в Крайнем Севере в зимнее время опускается до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, то в Центральной Азии жара может достигать до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше. Рассмотрим какое влияние оказывают эти климатические условия эксплуатации на интенсивность и разновидность износа деталей автомобилей.

Существует следующие основные виды износа деталей двигателя истирание и задир трущихся поверхностей. В нормальных условиях эксплуатации двигателя происходит, главным образом истирание гильз цилиндров, поршневых колец, вкладышей и подшипников. Оно может иметь характер механический, коррозионный и абразивный.

В обычных условиях эксплуатации именно истирание деталей определяет срок службы двигателя.

Высокая жара при не эффективной работе системы охлаждения приводит двигатель к перегреву вследствие этого мощность двигателя падает, а удельный расход увеличивается.

Пыль попадая в двигатель вызывает абразивный износ его деталей. Это объясняется тем, что в пыли содержится кварц, содержание которого составляет от 50 до 95 %. Твердость кварца (1000–1200 кг/мм²) больше твердости конструкционных материалов, поэтому он и вызывает абразивное изнашивание трущихся деталей двигателя.

Повышение температуры топлива влияет на его плотность и вязкость. Снижение плотности и вязкости вызывает уменьшение массовой подачи топлива в цилиндры, увеличивает количества топлива, перетекающего через зазоры в плунжерных парах. В этом случае высокая температура топливного насоса вызывает полусухое и сухое трение в плунжерных парах и деталях, смазываемых топливом, что приводит к их интенсивному износу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ влияния различных причин на процесс изнашивания показал, что на износ деталей автомобильных двигателей оказывают влияние множество факторов, такие как нагрузочные и скоростные режимы работы, которые в основном определяют величину молекулярно-механического изнашивания и тепловой режим работы, включая периоды пуска и прогрева, определявшие величину коррозионно-механического изнашивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев, М. А. Обеспечение надежности двигателей / М. А. Григорьев, К. Д. Донецкий. – М. : Стандарты, 1978.
2. Качество топлива и надежность автотракторных двигателей / Г. В. Крамаренко [и др.]. – Ташкент : Фан, 1992. – 126 с.
3. Эфендиев, А. М. Повышение надежности автотракторных двигателей в условиях пустынь с высокой концентрацией соледержащей пыли в воздухе / А. М. Эфендиев. Ташкент, 1994. – 180 с.
4. Гаркунов, Д. Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебн. пособие / Д. Н. Гаркунов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: «Издательство МСХА», 2001. – 616 с.

5. Крагельский, И. В. Трение и износ / И. В. Крагельский. – М.: Машиностроение, 1962. – 382с.

Представлена 15.04.2022

УДК 621.43.03/05-044.3:004.9

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

A METHOD FOR OPTIMIZATION OF DIAGNOSTIC ALGORITHMS FOR CAR ENGINES

Гурский А. С., канд. техн. наук, доц., **Серебряков И. А.**, ст. преп.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
A. Gursky, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
I. Serebryakov, Senior Lecturer,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

В статье проведен анализ вариантов представления диагностической информации. Для детального рассмотрения выбран алгоритм диагностирования с выбором последующего шага на каждом действии. Приводится краткое описание разработанного метода оптимизации трудоёмкости алгоритмов.

The article gives an information about existing types of presentation of diagnosing information. Diagnostic algorithm with the choice of the next step at each action has been selected for the further analysis. The developed method is briefly described.

Ключевые слова: электронная система управления, бензиновый атмосферный двигатель внутреннего сгорания, силовая установка, алгоритм диагностирования, диагностирование.

Keywords: electronic control system, gasoline naturally aspirated internal combustion engine, power plant, diagnostic algorithm, diagnostics.

ВВЕДЕНИЕ

В современной практике диагностирования двигателей внутреннего сгорания для поиска неисправной системы и отказавшего элемента этой системы могут быть задействованы разные методы: визуальное, компьютерное, стендовое диагностирование и другие. В связи с тем, что силовая установка является технически сложным устройством, различными неисправностям могут соответствовать одинаковые или очень похожие симптомы. Поэтому, для нахождения точной причины неисправности, целесообразно придерживаться определенной последовательности действий – алгоритма диагностирования [1]. Актуальной является задача получения наиболее эффективной последовательности проверок для диагностирования силовых установок, другими словами, задача оптимизации по некоему критерию. В качестве критерия оптимизации была выбрана трудоемкость работ, измеряемая в нормо-часах. Этот критерий легко позволяет вычислить стоимость диагностирования.

Вид представления информации как логической последовательности действий, в результате выполнения каждого из которых формируется путь поиска причины неисправности по сути своей является логическим алгоритмом диагностирования, а формально представляется в форме диагностической карты с выборностью действий. В связи с этим, диагностическая карта наиболее предпочтительна для анализа и совершенствования, ведь из-за сложной и разветвленной структуры лежащего в её основе алгоритма, она подразумевает простор для трансформации и преобразования. Исследование существующей практики показывает, что заводские диагностические карты далеко не всегда являются оптимальными [2]. Рассмотрим заводские диагностические карты и их разновидности.

Для рассмотрения диагностирования двигателей на практическом примере автором были использованы диагностические карты [3] для нашедшего широкое применение бензинового атмосферного двигателя ВАЗ 21129, устанавливаемого на автомобиле модели Vesta, X-Ray, Largus, Granta марки Lada.

В качестве объективного критерия оценки алгоритма диагностирования предлагается использовать среднюю трудоемкость диагностирования (далее СТД), которую можно также назвать математическим ожиданием трудоёмкости. СТД является средним (взвешенным по вероятностям возможных значений) значением случайной величины. СТД бу-

дет рассчитываться как сумма произведений вероятности каждого из исходов и трудоемкости выявления этого исхода.

Для преобразования алгоритма предлагается совершить следующие действия:

- привести диагностическую карту к форме древовидного графа путём инженерного анализа;
- дополнить граф информацией о вероятностях исходов и трудоемкости проверочных операций, расширив его;
- перевести граф в цифровую форму, которая по сути своей является базой данных, содержащей необходимые атрибуты для каждого элемента графа;
- оптимизировать структуру графа, обработав данные алгоритмическим языком;
- визуализировать выходные результаты.

Таким образом, на выходе будет получен оптимизированный алгоритм диагностирования в графической форме, пригодный для непосредственного внедрения в практику автосервиса.

Метод оптимизации алгоритмов диагностирования позволяет достичь наименьшего математического ожидания стоимости диагностирования, что обеспечивает существенное снижение затрат при большой выборке проверок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно описанному порядку действий было проанализировано 16 диагностических карт. Были получены следующие результаты: в 3 диагностических картах величина СТД не изменилась, что свидетельствует об их оптимальной структуре. В остальных диагностических картах удалось добиться снижения СТД в среднем на 7–16 %. В одной из диагностических карт снижение СТД составило максимальную величину в 53 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническая диагностика. Термины и определения: ГОСТ 20911-89. – Введ. 01.01.91 (взамен ГОСТ 20911-75). – М: Гос. ком-т по управлению качеством продукции и стандартам, 1989. – 10 с.
2. Серебряков, И. А. Анализ существующих алгоритмов диагностирования силовых установок и их эффективности / И. А. Серебряков // Изобретатель. – 2021. – № 1–2 (242–243). – С. 26–31.

3. Электронная система управления двигателем 21129 автомобилей семейства Lada Vesta с контроллером M86 EBP0-5 – устройство и диагностика [Электронный ресурс] / ОАО «Автоваз». – Режим доступа: https://zinref.ru/avtomobili/VAZ/001_00lada_vesta_rukovodstvo/120.htm/. – Дата доступа: 30.03.2020.

Представлено 16.05.2022

УДК 629.113.3

**МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО
УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ СОВАЛТ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА**

DIAGNOSTICS TECHNIQUE FOR COBALT VEHICLE
ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS USING
A PERSONAL COMPUTER

Махамаджанов Ж. М., магистрант,
Ташкентский государственный транспортный университет,
г. Ташкент, Узбекистан
Zh. Makhamadjanov, Undergraduate,
Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

В статье приводится методика диагностики датчиков электронной системы управления автомобиля Cobalt.

The article provides a method for diagnosing sensors of the electronic control system of a car Cobalt.

Ключевые слова: автомобиль, датчики, электронный блок управления, диагностика, компьютер, интерфейс.

Keywords: car, sensors, electronic control unit, diagnostics, computer, interface.

ВВЕДЕНИЕ

На крупных станциях технического обслуживания диагностика электронных систем управления автомобилями осуществляется современными средствами, т. е. с помощью сканера, мотор-тестер и т. д., которые имеют достаточно высокую стоимость.

По всей нашей республике разбросаны очень большое количество маленьких СТО, которые занимаются диагностикой автомобилей с электронным управлением. Поэтому разработка сравнительно недорогой системы диагностики электронных систем современных автомобилей с использованием персонального компьютера является важной и актуальной задачей.

ДИАГНОСТИКА ДАТЧИКОВ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ СОВАЛТ

Программно-аппаратный комплекс предназначен для настройки калибровок системы управления автомобиля Sobalt производства компании Uzavtomotors (Узбекистан) в реальном времени, проведения диагностических работ на данных типах электронного блока управления (ЭБУ) и перепрограммирования блоков управления. Применение данного комплекса позволяет все изменения калибровочных таблиц и констант в программе непосредственно записывать в ЭБУ через стандартный интерфейс K-Line (рисунок 1), что на порядок сокращает время настройки автомобиля и исключает многократные «перешивки» контроллера для получения нужного результата.



Рисунок 1 – Адаптер K-Line

Программно-аппаратный комплекс состоит из редактора калибровочных параметров, специального инженерного блока управления, адаптера K-Line, специализированной программы для проведения диагностических работ и перепрограммирования блоков управления и комплекта прошивок для автомобиля Cobalt. Все настройки выполняются на «инженерном» блоке, после чего программа сохраняет откалиброванную под конкретный экземпляр автомобиля прошивку в виде, пригодном для заливки в обычный серийный ЭБУ соответствующего типа. Настройку можно осуществлять в любом режиме работы двигателя, от холостого хода до режима максимальной мощности.

Для редактирования доступны следующие калибровки:

- количество топлива от оборотов, нагрузки, температуры охлаждающей жидкости, температуры воды, напряжения бортовой сети в автомобиле, производительности форсунок и некоторых других параметров;

- угол опережения зажигания от оборотов, нагрузки, температуры охлаждающей жидкости, температуры воды и некоторых других параметров;

- обороты холостого хода от температуры охлаждающей жидкости автомобиля;

- ограничение максимальных оборотов двигателя;

- обороты включения и выключения подачи топлива (экономайзера принудительного холостого хода);

- температура включения и выключения вентилятора охлаждения двигателя.

Ячейки определяющие различные константы и биты конфигурации представлены в графической форме со значениями констант. Табличные данные представлены в виде таблиц и двухмерных или трехмерных графиков (рисунок 2). Можно вызвать на экран либо один необходимый параметр, либо сколько необходимо для текущих изменений параметров.

Если на автомобиле возникли неисправности двигателя, то в первую очередь необходимо произвести компьютерную диагностику. Эта процедура позволяет точно выбрать направление дальнейших действий по выявлению неисправности, избежать проведения лишних диагностических процедур и уберечься от ложных диагнозов. В современных автомобилях действует множество электронных систем, многие из которых взаимодей-

ствуют между собой, при этом сигналы многих датчиков используются для управления сразу несколькими агрегатами. Эта особенность современной автомобильной электроники значительно усложняет процесс поиска неисправности, поэтому для правильной диагностики необходимо знание алгоритмов работы всех систем и механизмов их взаимодействия. В программно-аппаратный комплекс входит специализированная программа, которая позволяет производить диагностику автомобиля, записывать основные параметры работы блока управления на диск для последующего анализа или выводить выбранные параметры на экран в графическом виде. С помощью этой программы можно провести полную диагностику работы блока управления, а режим сохранения данных на диск позволяет проанализировать работу двигателя для выявления «плавающих дефектов». В состав программно-аппаратного комплекса входит модуль, позволяющий перепрограммировать инженерный блок управления Cobalt для работы в различных режимах.

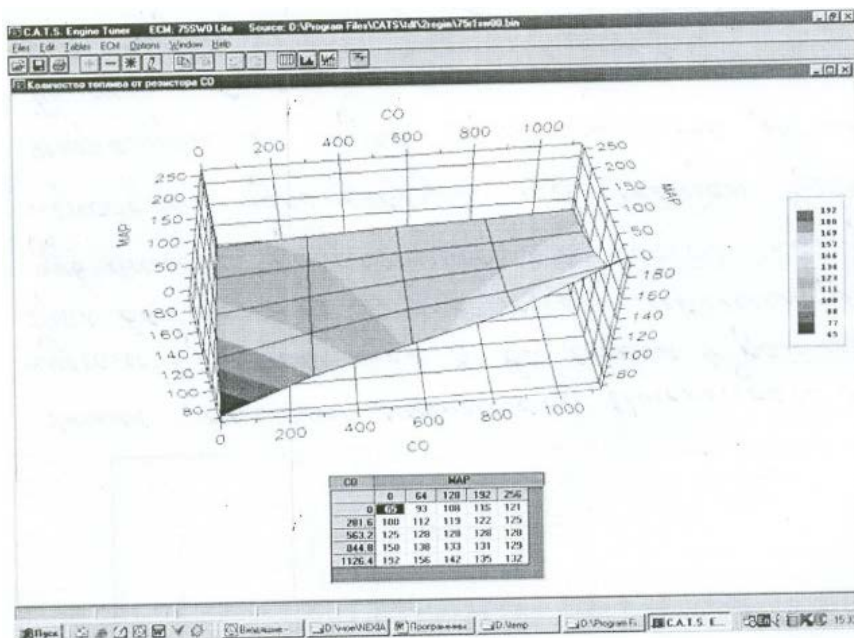


Рисунок 2 – График калибровки программы управления двигателя

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный программно-аппаратный комплекс предназначен для настройки калибровок системы управления автомобиля Cobalt в реальном времени, проведения диагностических работ и перепрограммирования блоков управления. Применение комплекса позволяет на порядок сократить время настройки автомобиля и исключает многократные «перешивки» контроллера для получения нужного результата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диагностика технического состояния автомобиля. Практикум контроллера технического состояния автотранспортных средств. Профессиональное образование: учебное пособие / А. В. Боролюк [и др.]. – Ростов на Дону: Феникс, 2007. – 208 с.
2. Инструментальный контроль и государственный технический осмотр автотранспортных средств: учеб. пособие / Е. Л. Савич, А. С. Кручек. – М.: 2008. – 409 с.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avtocol.ru/kak-proverit-datchiki-avtomobilya>. – Дата доступа: 22.04.2022.

Представлено 12.05.2022.

УДК 629.3.016; 629.017

**РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО РЕСУРСА
ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ТРАНСПОРТА**

**CALCULATION OF THE OPTIMAL RESOURCE
OF THE OPERATING TRANSPORT**

Матвиенко И. В.,

Государственный комитет по науке и технологиям
Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь

I. Matvienko,

State Committee on Science and Technology of the Republic of Belarus,
Minsk, Belarus

Приведены результаты расчета оптимального ресурса грузовых автомобилей.

The results of the calculation of the resources of trucks are given.

Ключевые слова: предельное состояние, нормативный ресурс, расчетный ресурс.

Keywords: limit state, normative resource, design resource.

ВВЕДЕНИЕ

Соответствие технического состояния автомобиля параметрам регламентированным его предприятием-изготовителем в значительной степени влияет на значения параметров эксплуатационной надежности и безопасности, экономической эффективности выполняемых перевозок грузов, и непосредственно обуславливается условиями и интенсивностью эксплуатации транспорта, которые в комплексе определяют показатели ресурса и срока эксплуатации автомобиля. Достоверность прогнозирования значений ресурса и наиболее оптимального срока эксплуатации автомобиля определяет точность расчетов производственных программ автотранспортных предприятий (программ работы ремонтной зоны, зоны технического обслуживания, построения логистических схем движения транспорта и т. д.) [1, 2, 3].

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО РЕСУРСА ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Нормативный ресурс эксплуатации автомобиля регламентируется рядом технических нормативных правовых актов, в том числе технических условий предприятия-изготовителя, технических регламентов таможенного союза, Законом Республики Беларусь «О бухгалтерском учете и отчетности» и иных документов. Оптимальный ресурс эксплуатации принципиально определяется по затратам предприятия на приобретение автомобиля, его эксплуатацию и прибыли (доходности) от осуществляемых перевозок. Уровень затрат на эксплуатацию в значительной степени определяется техническим состоянием базовых агрегатов, узлов и деталей, т. е. от состояния грузовой платформы, рамы, кабины и силового агрегата.

Согласно отраслевым нормам предельным состоянием грузовой платформы (кузова) принято считать наличие более 60 % отбракованных (дефектных) элементов ферм, лонжеронов каркаса платформы, шпангоутов, облицовочных панелей. Условием предельного эксплуатационного состояния рамы определены сквозные поперечные трещины горизонтальных полок с выходом на стенки лонжеронов. Предельное состояние кабины – усталостное разрушение передних стоек, сквозная коррозия силовых балок.

При этом, фактический эксплуатационный ресурс автомобиля и экономическая целесообразность его дальнейшего использования имеет отличие от нормативного ресурса, регламентированного предприятием-изготовителем.

Для реальной оценки эксплуатационного ресурса применяют критерий, характеризующий экономически целесообразный ресурс эксплуатации. Таким критерием является условие минимальных суммарных затрат на приобретение и эксплуатацию автомобиля, учитывающее затраты на техническое обслуживание, ремонт, запасные части и эксплуатационные материалы, и т. д.

Указанный критерий определяет оптимальный эксплуатационный ресурс как пробег с начала эксплуатации при котором значение суммарных удельных затрат является минимальным.

Величина затрат, связанная с приобретением автомобиля, определяется его отпускной стоимостью без учета стоимости

автомобильных шин, аккумуляторных батарей, дополнительного оборудования, а также без учета утилизационной стоимости.

Величина затрат на последующую эксплуатацию автомобиля определяется суммированием затрат на запасные части, материалы и оплату труда ремонтных рабочих.

Величина суммарных удельных затрат, являющаяся экономическим выражением текущих изменений общих затрат, приведенная к единице пробега, обеспечивает мониторинг экономических параметров функционирования подвижного состава в процессе его эксплуатации. На основании результатов их анализа принимается решение о дальнейшей целесообразности эксплуатации, ремонте или списании.

Пробег, соответствующий значению минимальной величины суммарных удельных затрат, соотносится с максимально экономически целесообразным ресурсом до списания автомобиля.

Результаты расчета оптимального ресурса автомобилей моделей МАЗ-6501А5, МАЗ-555142, МАЗ-642208, МАЗ-544069, МАЗ-544019, полученные в процессе подконтрольной эксплуатации, представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты расчета оптимального ресурса исследуемых автомобилей

Модель АТС	Ресурс АТС, тыс. км	
	оптимальный (экспериментальный)	назначенный (нормативный)
Автомобили-самосвалы грузоподъемностью до 20 т		
МАЗ-6501А5	364,2	380,0
Автомобили-самосвалы грузоподъемностью до 10 т		
МАЗ-555142	343,5	380,0
Автомобили седельные тягачи		
МАЗ-544069	912,9	800,0
МАЗ-544019	983,8	800,0
МАЗ-642208	326,7	600,0

Источник: собственная разработка.

Минимальный результат суммарных удельных затрат обусловлен снижением в удельном исчислении первоначальных затрат на приобретение автомобиля при увеличении его наработки. При этом затраты, связанные с обеспечением эксплуатационной надежности и работоспособности при этих же условиях, увеличиваются. С учетом того, что первая функция постоянно убывает, а вторая –

возрастает, их сумма имеет точку минимума значения. Одновременно допускается, что постоянные затраты на техническое обслуживание автомобиля не изменяет закономерности.

На основании анализа результатов расчета оптимального ресурса автомобилей, а также анализа комплексной информации о надежности и эксплуатационных показателей наблюдаемых объектов (эксплуатационные показатели, конструкционные характеристики, технологические, ремонтные и технические параметры, и т. д.), разрабатывается комплекс мероприятий по повышению уровня качества эксплуатируемых транспортных средств. В общем случае комплекс мероприятий формируется по направлениям:

- организационные мероприятия;
- техническое мероприятия;
- конструкторские мероприятия;
- мероприятия по менеджменту качества поставщиков комплектующих изделий, агрегатов и деталей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Традиционно чтобы определить, насколько автомобиль долговечен, оценивается его пробег. У каждого автомобиля установлен свой предел максимального километража, который зависит от условий эксплуатации, качества технического обслуживания и от многих других причин. Вместе с тем у каждого автомобиля заметно отличается заложенный и возможный его ресурс. Одновременно существует и понятие, как срок службы, что не одно и то же, как долговечность.

Таким образом, вопрос определения экономически эффективно-го оптимального ресурса автомобиля остается актуальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болтин, В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. / В. В. Болтин. – М.: Машиностроение, 1984. – 250 с.
2. Костенко, Н. А. Прогнозирование транспортных машин. / Н. А. Костенко. – М.: Машиностроение, 1989. – 215 с.
3. Лукинский, В. С. Прогнозирование надежности автомобилей. / В. С. Лукинский, Е. И. Зайцев. – Л.: Политехника, 1991. – 224 с.
4. Балгабеков, Т. К. Влияние возрастное структуры автопарка на эффективность автотранспортного предприятия. /

Т. К. Балгабеков // Труды БГТУ, 2017, серия 1, № 2. – С. 225–231.

5. Кузнецов, С. М. Повышение эффективности применения машин и механизмов в строительстве : монография / С. М. Кузнецов. – М. – Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 203 с.

Предоставлено 28.04.2022

УДК 621.3

ВЛИЯНИЕ ЖАРКОГО И СУХОГО КЛИМАТА НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

IMPACT OF HOT AND DRY CLIMATE ON ELECTRIC VEHICLE OPERATION

Мирзаабдуллаев Ж. Б., доц.,

Даминов О. О., канд. техн. наук, доц.,

Мирзажонов Р. И., магистрант,

Ташкентский государственный технический университет,
г.Ташкент, Узбекистан

J. Mirzaabdullaev, Associate Professor,

O. Daminov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

R. Mirzajonov, Master Student,

Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

В статье проведены обзор и анализ выполненных работ по эксплуатации электромобилей различных погодных условиях и рекомендации по их применению.

The article provides a review and analysis of the work performed on the operation of electric vehicles in various weather conditions and recommendations for their use.

Ключевые слова: электромобиль, аккумулятор, зарядное устройство, тепло, холод, безопасность, хранение.

Keywords: electric vehicle, battery, charger, heat, cold, security, storage.

ВВЕДЕНИЕ

Наши современные транспортные технологии обеспечивают свободное перемещение людям во всем мире. К сожалению, быстрое внедрение автомобилей также вызвало множество проблем. Некоторые из основных проблем включают зависимость от ископаемого топлива и присущую ей экономическую уязвимость к скачкам цен на нефть. Еще одним серьезным воздействием эксплуатации автомобилей на ископаемом топливе является загрязнение воздуха с его доказанным негативным воздействием на экономику и благосостояние общества. Хотя технология экологически чистых автомобилей с двигателями внутреннего сгорания с годами постоянно совершенствовалась, качество воздуха по-прежнему нуждается в улучшении [1]. Автомобильная промышленность предлагает множество различных типов электромобилей (ЭМ), которые могут работать более экономично, чем автомобили с двигателем внутреннего сгорания, и с нулевым уровнем выбросов, если ЭМ производятся и заряжаются с использованием электроэнергии, вырабатываемой исключительно из возобновляемых источников энергии. Переход от производства электроэнергии из ископаемых видов топлива к возобновляемым источникам энергии значительно сократит выбросы и зависимость от ископаемых видов топлива, что снизит риск экономической уязвимости. Хотя продажи электромобилей неуклонно растут, в настоящее время на дорогах их очень мало. Что касается Узбекистана, то импорт электромобилей в Узбекистан увеличивается день ото дня, электромобили в основном сталкиваются с проблемами из-за различных погодных условий, таких как холодный, сухой и жаркий климат (в зависимости от сезона) [2]. За последние годы в Узбекистан импортировали около 1000 машин, при этом 2020 году составило 164 и 2021 году 809 электромобилей (рост более чем 6 раз).

Летом в Узбекистане встречается жаркая и сухая погода. Такая погода может влиять на электромобиль не должным образом. Жаркая погода может иметь ряд негативных последствий для электромобиля, но знание того, чего ожидать, может помочь сохранить исправное состояние автомобиля.

Ниже перечислим некоторые воздействия тепла на электромобиль.

1. Запас хода. Согласно исследованию, проведенному Американской автомобильной ассоциацией (AAA), экстремальные погодные условия оказывают значительное влияние на запас хода. При температуре 35 °C и включенном кондиционере запас хода уменьшается на 17 %. В любом случае, меньший запас хода имеет два важных последствия для владельцев автомобилей. Во-первых, они должны быть рассудительны в отношении того, как далеко они путешествуют, прежде чем зарядиться. Во-вторых, более частая зарядка увеличит стоимость эксплуатации автомобиля. Водители электромобилей могут принять несколько мер, чтобы максимально увеличить запас хода в жаркую погоду. Рекомендуем следующие меры:

- ограничить использование кондиционера и умных стереосистем;
- поддерживать постоянную скорость, чтобы свести к минимуму ускорение и торможение, и избегать высоких скоростей;
- по возможности использовать энергосберегающих настроек;
- ограничить вес в машине.

Заблаговременное планирование поездки может помочь. Охладите кабину, пока автомобиль все еще подключен к зарядному устройству, настройте нужную климатическую условия на вашей усмотрения. Это создает более благоприятные условия вам и вашим пассажирам, и снизит нагрузку на аккумулятор.

2. Срок службы батареи. Аккумуляторы электромобилей со временем изнашиваются, как и аккумуляторы любого другого типа. Однако определенные обстоятельства могут способствовать более быстрой деградации. Исследование 6000 электромобилей, проведенное Geotab [3], показало, что в жарком климате состояние аккумуляторов ухудшается быстрее, чем в умеренном климате. Кроме того, люди, которые использовали быстрое зарядное устройство постоянного тока в жарком климате, увидели еще более высокую скорость деградации батареи. Быстрая зарядка батареи создает более высокие температуры из-за ускоренных электрических токов. Это может усугубить влияние жаркой погоды на батарею. Предлагается, чтобы водители электромобилей использовали методы зарядки с меньшей мощностью, когда это возможно, чтобы продлить срок службы батареи.

3. Состояния шин. Жаркая погода может снизить надежность и безопасность любой автомобильной шины. Неправильно накачанные шины летом могут перегреться, а в худшем случае это может привести к их разрыву. Кроме того, шины с неправильным накачиванием могут снизить эффективность. Чтобы убедиться, что ваши шины в хорошем состоянии, ежемесячно проверяйте давление в шинах с помощью манометра. Накачайте шины в соответствии со спецификациями автомобиля, которые обычно можно найти на табличке двери водителя или по книжке обслуживание автомобиля.

4. Способы хранения. Когда вы не используете свой электромобиль, убедитесь, что он хранится в не слишком жарком месте. Тепло вызывает чрезмерную нагрузку на батарею, что сокращает срок ее службы, а также разряжает ее заряд. В лучшем случае вы можете оставить свой автомобиль в тени или в крытом гараже. Если это невозможно, солнцезащитные экраны или автомобильные чехлы могут помочь защитить автомобиль от солнечных лучей. Когда он хранится, подумайте о том, чтобы держать его подключенным к зарядному устройству. Это позволит функциям климат-контроля продолжать охлаждать аккумулятор автомобиля по мере необходимости. Установка автомобильного зарядного устройства для электромобилей в вашем доме – это хороший способ обеспечить все необходимое для поддержания вашего автомобиля в исправном состоянии в летние месяцы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы также пытаемся исследовать влияние погодных условий на эффективность электромобилей и запас хода в Узбекистане. Тем не менее, мы собираемся провести это исследование в зависимости от нашего регионального изменения климата, такого как западная, восточная и центральная части Узбекистана. В результате мы принесем обществу множество не только образовательных, но и экономических выгод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tillahodjaev, R. R. Analysis of the feasibility of using solar energy in the climatic conditions of Uzbekistan / R. R. Tillahodjaev, J. B. Mirzaabdullaev, A. A. Mirzaev. – International conference on Agricultural Engineering and Green Infrastructure Solutions (AEGIS-2021), 2021.

2. Mirzajonov, R. I. Ways to increase the energy efficiency of electric vehicles / R. I. Mirzajonov, O. O. Daminov. – Proceedings of the Republican scientific and practical conference on «Current issues of ensuring the continuity of maintenance of modern cars in our country and their effective solutions». – Fergana, 2021. – P. 246–249.

3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geotab.com/blog/ev-range>. – Дата доступа: 5.03.2022.

Представлено 14.04.2022

УДК 621.785.5

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

SELECTION OF OPTIMAL ELECTROLYTIC-PLASMA NITROGEN MODES FOR HIGH-SPEED STEEL

Мухамедов А. А., канд. техн. наук, доц., **Даминов Л. О.**, ст. преп.,

Усмонов Б. Ш., магистрант

ТГТУ имени И.Каримова, г.Ташкент, Узбекистан

A. Mukhamedov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

L. Daminov, senior lecturer

B. Usmonov G., Master's student,

I.Karimov TSTU, Tashkent, Uzbekistan

На наш взгляд, в результате решения поставленных задач, удастся сделать важный вклад в области плазменно-электролитического модифицирования сталей и сплавов, по крайней мере, в совершенствовании процесса плазменно- электролитического азотирования и в понимании основных закономерностей формирования поверхностного модифицированного слоя легированных сталей при электролитно-плазменном азотировании.

The prices of crypto-related assets like Bitcoin have skyrocketed in recent months and many speculative investors understandably appear to want upside exposure to the space. However, the risk of a downwards correction

is high, as a result of solving the tasks, it will be possible to make an important contribution.

Ключевые слова: азотирования, сталь, шероховатость, инструмент, диффузионного слоя, нитридного слоя

Keywords: nitriding: steel, roughness, instrument, diffusion layer, nitride.

ВВЕДЕНИЕ

Азотирование является процессом многоцелевого назначения, которым упрочняется широкая гамма металлов и сплавов. Получающийся после азотирования диффузионный слой обеспечивает широкий диапазон физико-механических характеристик упрочняемых материалов [1]. Однако конкретные условия эксплуатации требуют создания регулируемого диффузионного слоя с формированием тех или иных фазовых и структурных составляющих, которые обеспечивают работоспособность изделий при повышенных износе, коррозии и знакопеременных нагрузках.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для режущего и штампового инструмента, а также деталей из высоколегированных сталей, режим эксплуатации которых сопровождается повышенным износом и ударными нагрузками, желательно формирование развитой высокопрочной зоны внутреннего азотирования без хрупкого поверхностного нитридного слоя [1, 3].

В связи с этим, с целью получения диффузионного слоя на базе твердого раствора и нитридов легирующих элементов без образования хрупких нитридов железа были исследованы влияния режимов электролитно-плазменного азотирования на структуру и свойства образцов быстрорежущей стали Р6М5.

Процесс обработки проводили в электролите из водного раствора, содержащего 20 % карбамида, 10 % карбоната натрия в следующем режиме: температура азотирования образцов – 450–550 °С, подаваемое напряжение между анодом и образцом при нагреве до температуры азотирования – 320 В, а при выдержке при 450–550 °С – 180–200 В, время азотирования варьировалось от 3 до 12 минут.

На рисунке 1 приведена зависимость микроструктуры стали Р6М5 от продолжительности азотирования при температуре 550 °С. Видно, что микротвердость в зависимости от времени азотирования возрастает

ет, и, после 7 минут азотирования рост микротвердости становится незначительным.

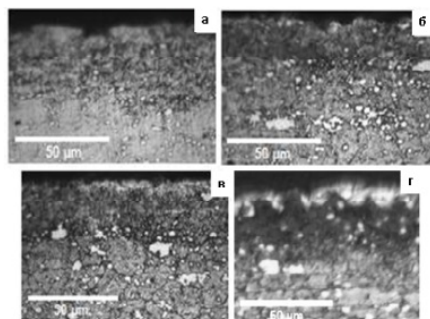


Рисунок 1 – Микроструктура поверхностных модифицированных слоев стали P6M5 после азотирования при 550°C в течение 3 мин (а), 5 мин (б), 7 мин (в) и 9 мин (г)

На рисунке 2 показана зависимость шероховатости поверхности образцов стали P6M5 от продолжительности процесса азотирования. Видно, что параметр шероховатости увеличивается с увеличением времени азотирования. Металлографический анализ, данные микротвердости и шероховатости показывают, что азотирование с продолжительностью до 7 мин позволяет получить упрочненный слой необходимой толщины и допускаемой шероховатости для режущих инструментов из быстрорежущих сталей. Таким образом, можно установить, что оптимальное время электролитно-плазменного азотирования быстрорежущей стали P6M5 в рассматриваемом электролите на основе карбамида составляет 7 минут. В связи с этим, далее исследовали только те образцы, которые были азотированы в течение 7 мин.

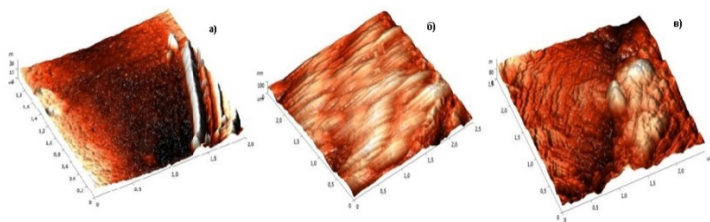


Рисунок 2 – Изображения рельефа поверхности образцов стали P6M5, азотированных электролитно-плазменным воздействием при 550°C с продолжительностью 3 мин (а), 5 мин (б) и 7 мин (в)

На рисунке 3 представлены изменения интенсивности изнашивания J , относительной износостойкости к абразивному износу $K_{и}$ и микротвердости H в зависимости от температуры азотирования при постоянной длительности процесса – 7 минут.

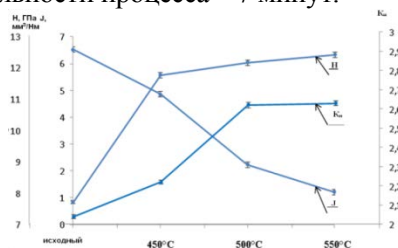


Рисунок 3 – Изменения интенсивности изнашивания J , относительной износостойкости к абразивному износу $K_{и}$ и микротвердости H от температуры азотирования

Видно, что образцы стали Р6М5, азотированные при температуре 550 °С показывают наивысшую микротвердость и минимальную интенсивность изнашивания по сравнению с остальными образцами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основе экспериментальных исследований, выбраны оптимальные режимы электролитно-плазменного азотирования быстрорежущих сталей, в которых формируется равномерный модифицированный слой, состоящий из диффузионного слоя на базе твердого раствора без слоя хрупких нитридов железа: температура азотирования – 500...550 °С, продолжительность процесса азотирования – до 7 минут.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. – М.: Металлургия, 1983. – 527 с.
2. Badisch, E. Abrasive wear of high speed steels: influence of abrasive particles and primary carbides on wear resistance / E. Badisch, C. Mitterer // Tribology International, 2003. – V. 36. № 10. – P. 765–770.
3. Chau, A. S. Wear resistance of high-speed steels and cutting performance of tool related to structural factors / A. S. Chau, M. Hudakova // Wear, 2009. – V. 267. – P. 1051–1055.
4. Новые идеи о механизме образования структуры азотированных сталей / С. А. Герасимов [и др.]. – МиТОМ, 2004.

Представлено 20.04.2022

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**
TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF TOOL MATERIALS

Мухамедов А. А., доц., **Даминов Л. О.**, ст. преп.,
Мирзарахимова З. Б., асс., **Усмонов Б. Ш.**, магистрант,
ТГТУ имени И.Каримова, г.Ташкент
A. Mukhamedov, Associate Professor, L. Daminov, Senior Lecturer,
Mirzarakhimova Z. B., assistant, B. Usmonov, Master's student,
TSTU named after I. Karimov, Tashkent

В данной статье анализируется выбор материалов для инструментов, используемых в промышленности и производстве, а также способы и приемы повышения их точности.

This article analyzes the choice of materials for tools used in industry and production, as well as methods and techniques for improving their accuracy.

Ключевые слова: легирование, азотирования, сталь, шероховатость, инструмент, твердость, термообработка, закаливаемость, прокаливаемость.

Keywords: alloying, nitriding, steel, roughness, tool, hardness, heat treatment, hardenability, hardenability.

Условием производства качественного и долговечного инструмента является выбор инструментального материала, соответствующего назначению и нагрузкам, возникающим при его работе. При этом следует учитывать структурные, металлургические, эксплуатационные и технологические факторы, определяющие поведение материала в процессе эксплуатации.

Материал изделия целесообразно рассматривать как интегральное понятие, объединяющее в себе вещество, технологию его получения, конструкцию, технологию изготовления и обработки.

Мировая практика свидетельствует о том, что для получения гарантированных необходимых эксплуатационных свойств инструмента целесообразно создавать специализированные предприятия, осуществляющие проведение в полностью автоматизированном режиме всех видов объемной и поверхностной термической и химико-

термической обработки (вакуумный отжиг, упрочнение и отпуск в вакууме и в атмосфере защитных газов, насыщение поверхности углеродом, азотом, углеродом и азотом), а также упрочнение поверхности с использованием высококонцентрированных источников энергии (лазерных и плазменных технологий). Это обеспечит высокое качество на каждом этапе технологического процесса, что позволит практически отказаться от контроля готовых изделий, обеспечит более полную загрузку оборудования и, следовательно, снижение стоимости обработки материалов.

Современный инструмент является инновационной, наукоемкой продукцией. Весьма важной составляющей его частью как системы, является инструментальный материал, который прошел достаточно длинный исторический этап развития от камня до сверхтвердых материалов, искусственного алмаза и нитрида бора, наноструктурных материалов.

Основными технологиями, обеспечивающими получение оптимального сочетания свойств инструментальных материалов на стадии их изготовления, являются технологии оптимального выбора исходного состава компонентов сплава, легирования, выбора соответствующего вида и режима термической обработки.

Технология легирования позволила существенно улучшить свойства инструментальных сталей и решать такие задачи, как повышение твердости, износостойкости, красностойкости (характерное свойство инструментальных сталей, определяющее способность сплава при нагреве до красного каления, т. е. 600–650 °С, сохранять высокую твердость и износостойкость).

Так, увеличение износостойкости инструментальных сталей обеспечивается легированием вольфрамом, хромом, кремнием и марганцем. Увеличение красностойкости достигается легированием сталей вольфрамом, молибденом, ванадием, хромом.

Повышенная теплостойкость данных сталей предопределяется комплексным легированием – введением в их состав легирующих элементов (W, Mo, Cr, V, Co), образующих сложные карбиды, которые связывают практически весь углерод.

Основными видами ТО инструментальных сталей являются отжиг (промежуточный вид ТО, если инструменты после обработки резанием термически упрочняются); термическое упрочнение, состоящее из закалки и последующего отпуска.

Особенности ТО инструментальных сталей связаны с выбором режима термообработки (температуры, времени выдержки, скорости охлаждения), применением специальных сыпучих или газовых защитных сред, применением вакуумной ТО, специальных охлаждающих сред, скорости охлаждения и т.д. Важнейшими характеристиками сталей, формируемыми на стадии термической обработки (закалки) являются закаливаемость и прокаливаемость.

Закаливаемость определяется твердостью поверхности закаленной детали и зависит главным образом от содержания углерода. При повышении содержания углерода увеличивается число атомов, «насильственно» удерживаемых в кристаллической решетке железа, т. е. увеличивается степень пересыщения твердого раствора углерода в железе. При закалке поверхность инструментов охлаждается, как правило, с большей скоростью, чем скорость кристаллизации, и на поверхности образуется мартенсит, обладающий высокой твердостью.

Прокаливаемостью называют способность стали закаливаться на определенную глубину. Прокаливаемость зависит от химического состава. Для улучшения прокаливаемости в сталь вводят Mn, Cr, Ni, Mo и другие элементы. Особенно эффективно комплексное легирование. Для повышения прокаливаемости карбиды должны быть растворены в аустените, поэтому температуру нагрева при закалке значительно увеличивают.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башков, В. М. Испытания режущего инструмента на стойкость / В. М. Башков, П. Г. Кацев. – М. : Машиностроение, 1985. – 136 с.
2. Халет, Г. Л. Прочность режущего инструмента / Г. Л. Халет. – М. : Машиностроение, 1975. – 168 с.
3. Фальковский, В. А. Твердые сплавы / В. А. Фальковский, Л. Н. Клячко. – М.: Издательский дом «Руда и металлы». –2005. – 416 с.

Представлено 15.05.2022

СОДЕРЖАНИЕ

Конструирование, испытания, производство и дизайн транспортных средств.....	3
Тепловые двигатели.....	105
Тракторы, мобильные машины и комплексы.....	169
Гидравлические и пневматические системы мобильных машин и оборудования.....	241
Эксплуатация, обслуживание и ремонт автомобилей.....	263

Научное издание

**АВТОТРАКТОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМОБИЛЬНЫЙ
ТРАНСПОРТ**

Сборник научных трудов

В 2 томах

Том 1

Подписано в печать 19.10.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 19,82. Уч.-изд. л. 14,01. Тираж 60. Заказ 602.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.