

## ОТЗЫВ

официального оппонента Власова Юрия Алексеевича на диссертационную работу Колунина Александра Витальевича на тему: «Совершенствование процессов в смазочных системах поршневых автомобильных двигателей в условиях отрицательных температур», представленную к защите в диссертационный Совет 31.1.008.01 при ФГУП «НАМИ», на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели.

Диссертация, представленная на отзыв, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Диссертация изложена на 379 страницах машинописного текста, содержит 75 рисунков, включая 31 таблицу и 60 страниц приложений. Библиографический список составляет 281 источник. Автореферат диссертации составляет 35 страниц, включая 21 рисунок, 3 таблицы, список опубликованных работ соискателя из 33 наименований и 9 свидетельств и патентов.

В результате ознакомления с представленными материалами установлено следующее.

### **Актуальность темы и содержания диссертации**

Автомобили занимают прочное место в вопросе перспективного развития северных территорий. При этом значительное количество автотранспортных средств, при освоении Крайнего Севера и Арктики, приходится на отечественные автомобили КамАЗ. Суровые условия эксплуатации оказывают негативное влияние на состояние автотранспортных средств.

Низкие температуры повышают хрупкость материалов, увеличивают вязкость топливо-смазочных материалов, ухудшают условия работы сопряженных поверхностей, снижают температуру сгорания топлива, образуют химически активные соединения. Все это в итоге снижает надёжность работы агрегатов автомобилей и сокращает их ресурс.

Состоянию смазочной системы, в вопросе эксплуатационной надёжности, отводится особое место, такая система обеспечивает необходимые условия трения, вынос продуктов износа, отвод тепла, защиту от химически активных соединений. Эффективность функционирования состояния смазочных систем зависит от установки термостатов, гидромуфт, шторок жалюзи, утеплителей поддонов, систем вентиляции картера, предпусковых подогревателей, догревателей и т.д.

Низкотемпературный режим работы двигателей внутреннего сгорания способствует активизации тепло- и массообменных, физико-химических процессов в смазочных системах, сопровождающихся снижением свойств работающего масла и образованием низкотемпературных отложений.

Низкотемпературные отложения нарушают работу смазочных систем, снижают пропускную способность масляных магистралей, активизируя процессы изнашивания сопряжённых поверхностей, блокируют элементы масляных фильтров и сетки маслоприёмников. Низкотемпературные отложения образуются в процессе коагуляции – межмолекулярного взаимодействия продуктов с низкой агрегатной устойчивостью. Водный конденсат инициирует усиление таких взаимодействий. Вода образуется в результате окисления водорода атомами кислорода в цилиндрах, где температурные условия обеспечивают высокое давление насыщения и соответственно газообразное состояние. Рабочий процесс предусматривает движение газов через сопряжения деталей цилиндропоршневой группы. Попадая в иную температурную среду, газы охлаждаются. Снижение температуры сопровождается снижением давления насыщения. Относительная влажность достигает максимальных значений, происходит массоперенос между агрегатными состояниями. Направленность и активность такого физического процесса определяется температурным состоянием двигателя. Негативные последствия подобных обводнений имеют накопительный характер, неоправданно повышают динамику старения смазочной среды и процессы образования отложений, снижая пропускную способность масляных магистралей, сокращая эксплуатационную надёжность двигателей.

Слабая исследованность процессов и низкий уровень системности решения вопросов представляют собой проблему важного хозяйственного значения. Решение такой проблемы, совершенствованием тепло- и массообменных, физико-химических процессов, а также на основе научного обоснования, конструирования, мониторинга технического состояния, диагностирования и контроля показателей функционирования смазочных систем поршневых двигателей автотранспортных средств, является актуальным.

### **Научная новизна исследования**

Научная новизна диссертационной работы А.В. Колунина заключается в:

– разработанной схеме механизма низкотемпературного осадкообразования в смазочных системах, где системно представлены продукты низкой агрегатной устойчивости и водный конденсат, а также такие процессы как: диссоциация, полимеризация, адсорбция, абсорбция, рекомбинация и образование отложений;

– разработанной на основе классических теорий математической модели конденсационного процесса в цилиндре, отличительной особенностью которой является приспособленность к поршневым двигателям и которая позволяет итерационно на основе разниц парциальных давлений и плотности потока массы водного конденсата определять массовое количество воды по смене агрегатного состояния за период прогрева двигателя;

– разработанной математической модели конденсационного процесса в картерном пространстве, отличительной особенностью которой является регрессионная зависимость, описывающая расход картерных газов от температуры охлаждающей жидкости и позволяющая итерационно на основе

разниц влагосодержаний определять массовое количество воды по смене агрегатного состояния за период прогрева двигателя;

– экспериментально полученных новых эмпирических зависимостях массового накопления водного конденсата в смазочной системе от температуры картерных газов, а также установленных закономерностях содержания элементов-индикаторов присадок (Ca, Mg, Zn, P) в зависимости от концентрации воды, которые в свою очередь найдены и идентифицированы в аналитическом образце осадка с определением атомных и массовых долей.

### **Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Степень достоверности научных положений обеспечивается за счет использования в работе современных методов математического моделирования, корректностью принятых в процессе моделирования допущений, результатами экспериментов, сходимостью теоретических выводов с экспериментальными данными, использования поверенного лабораторного оборудования.

Обоснованность результатов исследований подтверждается непротиворечивостью существующим знаниям, достаточным количеством публикаций.

Результаты исследований опубликованы в 33-х научных статьях, в том числе 18 – в изданиях рекомендованных перечнем ВАК, 5 – в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных Scopus и (или) Web of Science, 1-ой монографии, а так же доложены на Всероссийских и Международных научно-технических конференциях 2004...2025 гг. На основе результатов исследований получены 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, 1 свидетельство о государственной регистрации электронного ресурса и 3 патента Российской Федерации.

Основные научные результаты и выводы, представленные в работе, изложены корректно, лаконично, и полностью соответствуют содержанию исследований.

### **Оценка содержания диссертационного исследования**

**Во введении** обоснована актуальность научной проблемы по теме работы, определена область исследований, сформулированы объект и предмет исследования. Оценен значительный вклад в области знаний низкотемпературных рабочих процессов поршневых двигателей известных российских и зарубежных исследователей. Представлены научная новизна, практическая значимость, положения, выносимые на защиту. Приведены сведения об апробации работы, личном вкладе автора, публикациях по теме исследования, а также структура и объём диссертации.

**В первой главе** выполнен обзор опубликованных исследований и научных работ по влиянию отрицательных температур на состояние смазочных систем поршневых автомобильных двигателей и возникновению процессов,

обеспечивающих причинно-следственные связи с образованием отложений, которые блокируют элементы масляных фильтров, сетки маслоприёмников, снижают пропускную способность масляных магистралей. Такие процессы приводят к изменению состояния смазочных систем.

Автор отмечает, что в условиях отрицательных температур повышается вероятность работы двигателя на низкотемпературном режиме, который сопровождается накоплением топливных фракций и сменой агрегатного состояния воды картерных газов. Многократные периодические обводнения суммируют негативные последствия в смазочных системах. Анализом научных трудов определено, что вода инициирует усиление межмолекулярных взаимодействий продуктов с низкой агрегатной устойчивостью. На основе анализа трудов и статистических данных разработана схема механизма низкотемпературного осадкообразования, являющаяся теоретической базой для развития научного направления.

**В первой главе** установлена потребность в совершенствовании процессов в направлении снижения активности поступления топливных фракций и водного конденсата в смазочную систему. Совершенствование реализуется на основе глубокого познания механизма низкотемпературного осадкообразования.

Соискатель отмечает, что накопленные научные знания не позволяют решать проблемный вопрос низкой эксплуатационной надежности автомобильных двигателей в условиях низких температур, что согласно перспективам решения научной проблемы, позволило сформулировать цель научной работы и задачи исследования.

**Во второй главе** автор работы предлагает применить концепцию системного подхода, описывает методику выполнения работы, которая включает как теоретические, так и экспериментальные исследования. Примененная методология системного анализа, рассматривает моторное масло в масляной системе двигателя внутреннего сгорания, как полноправный конструктивный элемент системы «двигатель-масло». Такой подход позволяет более глубоко анализировать взаимосвязи между рабочими процессами (сгорание, трение, теплообмен) и состоянием смазочной среды.

Разработанная концепция системного подхода, устанавливает методы и способы научного исследования, которая предусматривает анализ трудов и статистических данных, разработку математических моделей, описывающих реальные процессы, их глубокое познание в том числе через эксперимент, разработку новых решений прикладного характера, создание благоприятных условий для перспективного развития научного направления.

**В третьей главе** автор работы определяет возможные области конденсации в области цилиндра и в области картерного пространства.

Используя классические теории, описывающие массообменные процессы, а именно: соискатель разработал математическую модель конденсационного процесса в цилиндре, которая приспособлена к поршневым двигателям и позволяет итерационно, на основе разниц парциальных давлений и плотности потока массы водного конденсата, определять массовое количество воды по смене агрегатного состояния за период прогрета двигателя.

Автором разработана математическая модель конденсационного процесса в картерном пространстве, которая учитывает расход картерных газов от температуры охлаждающей жидкости, и позволяет итерационно, на основе разниц начального и конечного влагосодержаний, определять массовое количество воды по смене агрегатного состояния за период прогрева двигателя.

Разработанные математические модели позволяют определять расчётные значения водных конденсатов, которые образуются за период прогрева автомобильного двигателя.

**В четвёртой главе** соискатель приводит описание экспериментальных исследований, состоящих из двух самостоятельных исследований – натуральных и лабораторных.

Натурный эксперимент проводится на пяти двигателях автомобилей семейства КамАЗ, выполняющие одинаковые задачи. Двигатели прогревались на холостых оборотах вращения коленчатого вала без применения средств тепловой подготовки. Программой эксперимента предусматривалось осуществлять замеры температур картерных газов и охлаждающей жидкости, а также расход картерных газов. Отбор проб работающего масла для анализа на предмет влагосодержания проводился без остановки двигателей.

Результаты анализов позволили сформировать массив числовых данных, значения которых обрабатывались статистическими методами и аппроксимировались в программе «Origin». Основные числовые показатели статистической обработки результатов позволяли устанавливать функциональные зависимости между параметрами температуры картерных газов, концентрации воды и времени прогрева двигателя.

Лабораторный эксперимент проводится решением задач, оценивающих влияние воды на состояние моторного масла. Для этого соискатель составлял смеси товарного масла с водой в заданных пропорциях. Смеси перемешивались до образования однородной эмульсии, выдерживались в состоянии покоя, после чего фиксировалось расслоение жидкости с образование донного хлопьеобразного осадка жёлто-коричневого цвета.

Для лабораторного эксперимента соискатель применял два метода исследований: для анализа масла – метод атомной эмиссионной спектроскопии; для анализа образовавшегося осадка – метод растровой электронной микроскопии.

Методом атомной эмиссионной спектроскопии определены зависимости содержания элементов-индикаторов присадок (кальций, магний, цинк, фосфор) и зависимость щелочного числа от концентрации воды в товарном масле.

Методом растровой электронной микроскопии аналитического образца осадка обводнённого товарного масла найдены и идентифицированы элементы-индикаторы присадок, вводимых при его производстве (кальций, магний, цинк, фосфор).

Снижение концентрации элементов-индикаторов присадок в масле адекватно согласуется с их выявлением в осадке и выходом из объёма масла.

**В пятой главе** на основе обобщения теоретических и экспериментальных исследований автор работы предлагает разработанные решения по

совершенствованию процессов, направленных на минимизацию активности поступления топливных фракций и водного конденсата в смазочную систему в условиях низкотемпературного режима работы двигателя.

Автор работы утверждает, что проблему эксплуатации автотранспортных средств в условиях низких температур можно решать не только совершенствованием конструкций двигателей, ориентированных на применение в северных регионах, но и за счет эффективной организации рабочих процессов, повышающих полноту сгорания топлива, путем внедрения новых разработок и современных высокотехнологичных методов и средств: теплового аккумулятора фазового перехода индукционного типа; газоэлектрофакельного устройства; приточно-нагреваемой системы вентиляции картера; ультразвуковой очистки поверхностей картерного пространства.

На основе анализа работ, статистических данных, теоретических положений и экспериментальных исследований автором разработаны научные основы по совершенствованию тепло- и массообменных, физико-химических процессов в смазочных системах поршневых двигателей автотранспортных средств в условиях отрицательных температур.

Разработанная методика определения мощности индукционного устройства теплового аккумулятора фазового перехода индукционного типа, обеспечивающего тепловую подготовку, чем позитивно влияющего на полноту сгорания топлива и активность поступления топливных фракций в смазочную систему при пусковых режимах. На основе методики разработана таблица численных значений мощностей и временных продолжительностей тепловой подготовки двигателя КамАЗ-740.30 в зависимости от температурных условий.

Применение газоэлектрофакельного устройства, позволяет повысить температуру впускного воздуха на режимах пуска, что обеспечивает повышение полноты сгорания топлива и снижение активности поступления топливных фракций в смазочную систему. Введение газоэлектрофакельного устройства в рабочий процесс двигателя КамАЗ-740.30 позволило повысить температуру впускного воздуха в 1,7 раза по отношению к штатным условиям. Определена минимальная температура пуска без тепловой подготовки двигателя при прочих равных условиях, которая составила минус 21 °С. В то же время применение газоэлектрофакельного устройства обеспечило успешный пуск при минимальной температуре минус 25 °С, что ниже значения, соответствующего штатному устройству.

Применение управляемой приточно-нагреваемой системы вентиляции картера позволяет снижать активность конденсационных процессов и температуру точки росы картерных газов за счет нагнетания нагреваемого низкотемпературного воздуха. На примере двигателя КамАЗ740.30 автор разработал таблицу численных значений параметров смеси газов в картерном пространстве в зависимости от технических характеристик системы.

Внедрение ультразвуковых технологических процессов обеспечивает безразборное разрыхление, отрыв и удаление отложений с поверхностей картерного пространства.

Перечисленные выше изобретения и полезные модели защищены патентами Российской Федерации.

Основные положения диссертации изложены в достаточном числе публикаций, автореферат соответствует ее содержанию.

### **Значимость диссертационной работы для практики**

Практическая значимость заключается в возможности службам эксплуатации транспортных предприятий применять на практике рекомендации по мониторингу и диагностике состояния смазочных систем, алгоритмы и разработанные на их основе компьютерные программы, позволяющие прогнозировать количественные характеристики конденсационных процессов паров воды в картерном пространстве поршневого двигателя, что может определять периодичность технического обслуживания и позволяет корректировать эту периодичность в зависимости от условий эксплуатации. Разработанные и научно обоснованные технические решения по совершенствованию процессов, направленных на минимизацию активности поступления топливных фракций и водного конденсата в смазочную систему апробированы и внедрены ряде автотранспортных предприятий и на заводах промышленности: бюджетном учреждении Омской области «Автобаза здравоохранения», г. Омск; обществе с ограниченной ответственностью «Автокамтехобслуживание», г. Омск; публичном акционерном обществе «Автодизель», г. Ярославль; обществе с ограниченной ответственностью «Ремсервис», г. Екатеринбург; научно-техническом центре публичного акционерного общества «КАМАЗ», г. Набережные Челны.

Результаты и выводы диссертационного исследования имеют важное научно-практическое значение для разработчиков и конструкторов научных коллективов области двигателестроения современных автотранспортных средств.

### **Соответствие научной специальности**

Содержание представленной диссертационной работы соответствует п. 1. «Разработка научных основ и экспериментальные исследования термодинамических, механических, тепло- и массообменных, физико-химических, гидрогазодинамических процессов в турбомашинах и поршневых двигателях, исследования общих свойств и принципов функционирования отдельных систем, элементов, вспомогательного оборудования турбомашин и поршневых двигателей», п. 2. «Разработка физико-математических моделей, пакетов прикладных программ, цифровых двойников, методов экспериментальных исследований, теоретические и экспериментальные исследования с целью повышения эффективности, надежности и экологичности рабочих процессов турбомашин, поршневых двигателей, их систем и вспомогательного оборудования в составе объектов применения» и п. 4. «Совершенствование систем управления, регулирования, мониторинга технического состояния, диагностирования и контроля показателей

### **Замечания по работе**

1. Не ясно почему диссертация ориентирована лишь на двигатели грузовых автомобилей, а двигатели легковых транспортных средств остались без внимания.

2. На рисунке 4.7 представлена зависимость концентрации воды в работающем масле от температуры картерных газов построенная по результатам замеров при прогреве двигателя. Экстремум достигает значения 338 ppm, что этому соответствует 0,0338 % по массе, или 10,1 г. При этом не ясно то, как дальнейшая работа двигателя влияет на влагосодержание масла.

3. В четвёртой главе работы описан лабораторный эксперимент включающий в себя спектральный анализ обводнённого моторного масла. В результате эксперимента построены графические зависимости содержания элементов-индикаторов присадок от концентрации воды. Не ясно чем объясняется характер кривых, а именно: изначально, при концентрации воды 0,1 % активный спад, а затем пологая нисходящая зависимость?

4. В разделе 4.1 осуществляется выбор подконтрольных автомобилей. Автор утверждает, что 5 автомобилей достаточно для проведения натуральных испытаний, однако никак это не обосновывает. Исходя из технических возможностей автомобилей, насколько достоверен размер выборки?

5. В пункте 7 одной из решаемых задач ставится вопрос о разработке диагностики состояния смазочных систем поршневых двигателей автотранспортных средств. Прошу уточнить, какие методы и средства диагностики разработал автор диссертационной работы?

Указанные недостатки достаточно весомы, однако работа вполне логична, лаконична и оригинальна, а отмеченные недостатки не ставят под сомнение аргументированность решений, значимость, и научную новизну и практическую значимость диссертации в целом и не влияют на общую положительную оценку работы.

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положением о порядке присуждения ученых степеней**

Диссертация, представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, является завершённой научно-квалификационной работой, выполнена автором самостоятельно. В работе предложены новые решения актуальных проблем в области низкотемпературного применения поршневых автомобильных двигателей. Диссертационная работа выполнена на высоком научном и методическом уровне. Результаты диссертации не содержат дискуссионных материалов по предмету исследования, имеют важное

практическое значение для научных работников, конструкторов и специалистов в области эксплуатации автотранспортных средств с поршневыми двигателями.

Диссертантом впервые наиболее полно и системно рассмотрены основополагающие вопросы всесторонних методов совершенствования процессов в смазочных системах в условиях отрицательных температур, тем самым решена крупная научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение в программе стратегического планирования, определённого Президентом Российской Федерации № 645 от 26 октября 2020 г. «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года».

На основании изложенного считаю, что работа соответствует критериям п. 9...14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденному постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в отношении требований, предъявляемых к докторским диссертациям, а её автор – Колунин Александр Витальевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.7 – Турбомашин и поршневые двигатели.

Доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой  
«Автомобильный транспорт и электротехника»,  
Специальность: 05.22.10 (2.9.5) – Эксплуатация автомобильного транспорта

Против включения персональных данных, содержащихся в отзыве, в документы, связанные с защитой указанной диссертации, и их дальнейшей обработки не возражаю.

Власов Юрий Алексеевич  
10.03.2026

Подпись Власова Ю. А. заверяю  
Ученый секретарь ученого совета,  
кандидат технических наук, доцент



Какушкин Юрий Александрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Томский государственный архитектурно-строительный университет»  
Адрес: 634003, г. Томск, пл. Соляная 2  
Телефон: +7 (3822) 65-32-61; 8-913-803-73-81  
E-mail: [canc@tsuab.ru](mailto:canc@tsuab.ru); [yury2006@yandex.ru](mailto:yury2006@yandex.ru)  
Сайт: <http://www.tsuab.ru>