

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук профессора Драгомирова Сергея Григорьевича на диссертацию Микерина Никиты Алексеевича «Разработка методов расчета и алгоритмов управления загрузкой адсорбера систем вентиляции топливного бака автомобилей с подключаемой гибридной силовой установкой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7 – «Турбомашины и поршневые двигатели» в диссертационный совет 31.1.008.01 при ФГУП «НАМИ»

### *1. Актуальность диссертационной работы*

Поршневые двигатели внутреннего сгорания различного назначения утратили перспектив своего развития даже на фоне расширяющегося применения «зеленых технологий» в энергетике и на транспорте. Однако на их развитие оказывают значительное влияние постоянно ужесточающиеся нормы выбросов токсичных компонентов, предъявляемые как к самому двигателю, так и к автотранспортному средству. Достижение требуемых экологических показателей двигателей и автотранспортных средств в целом невозможно без проведения комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

В связи с совершенствованием структуры и конструкции двигателей и автотранспортных средств, а также использованием устройств бортовой электроники и микропроцессорной техники, появляются новые возможности для снижения токсичных выбросов из разных источников (вентиляция картера двигателя, испарения из топливного бака, выбросы с отработавшими газами и др.).

В свете вышесказанного, диссертационная работа Микерина Н.А. обладает **несомненной актуальностью и важностью**. Более того, эта работа **является первой в нашей стране**, выполненной по данной тематике.

### *2. Научная новизна исследования и полученных результатов*

Научную новизну работы составляют следующие основные положения.

1. Созданная автором новая комплексная модель термодинамической системы «топливный бак автомобиля», учитывающая процессы нестационарного теплообмена при постоянной массе топлива.

2. Предложенные подходы к моделированию процессов в системе вентиляции топливного бака для автомобилей с подключаемой гибридной силовой установкой и методы расчета генерации испарений для открытой и закрытой системы вентиляции топливного бака.

3. Разработанные автором алгоритмы оптимального управления клапаном изоляции топливного бака, в том числе для подключаемой гибридной силовой установки, отличающиеся более эффективным регулированием топливных испарений в системе вентиляции топливного бака.

### **3. Достоверность и обоснованность научных положений и выводов**

При выполнении диссертационного исследования применялись: апробированные теоретические и экспериментальные методы, основанные на использовании основных положений теории газовой динамики, термодинамики, современных численных методов математического моделирования. Эффективно использовался программный комплекс *Simcenter Amesim*.

Экспериментальные исследования проводились в сертифицированной лаборатории на безмоторном стенде НАМИ, а также в специальной климатической камере при исследовании насыщения автомобильного адсорбера.

Достоверность результатов работы обусловлена выполненным сопоставлением данных теоретических расчетов и экспериментальных исследований при их многократной проверке, устойчивой воспроизводимостью экспериментов при требуемых погрешностях измерений.

### **4. Теоретическая и практическая ценность полученных результатов**

Наиболее важными теоретическими и практическими результатами данной работы, выносимыми на защиту, являются.

- термодинамическая модель топливного бака автомобиля, описывающая процессы нестационарного теплообмена при постоянной массе топлива для установившихся режимов работы;
- методика расчета системы вентиляции топливного бака автомобиля углеводородами для открытой и закрытой системы вентиляции топливного бака;
- разработанный алгоритм управления загрузкой адсорбера клапаном изоляции топливного бака для закрытой системы вентиляции.

### **5. Общий анализ диссертации**

Диссертационная работа выполнена в Государственном научном центре Российской Федерации - Федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ» (ФГУП «НАМИ») под руководством доктора технических наук Тер-Мкртчяна Георга Георговича. Диссертация состоит из введения, 4 глав основного текста, общих выводов, списка использованных источников и приложения. Общий объем работы с приложением составляет 166 страниц машинописного текста, включая 127 рисунков, 16 таблиц, 81 формул, список использованных источников включает 85 наименований. Приложения включают 2 Акта использования результатов работы.

По теме исследования опубликовано 12 печатных работ в научных журналах и сборниках, из которых 5 работ в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, 2 работы в зарубежных изданиях.

**Введение** посвящено краткому изложению сути решаемой в диссертации проблемы, дано обоснование ее актуальности, степень разработанности темы исследования, указаны цель и задачи работы, изложены научная новизна и практическая ценность исследования, обоснована достоверность результатов

работы, даны сведения по апробации и реализации результатов исследования.

**В первой главе** проведен анализ принципов построения систем улавливания паров топлива, выполнен обзор мирового и отечественного опыта в области исследований улавливания топливных испарений, расчетных методик определения поглощающей способности адсорбера, дан анализ технических решений ведущих автопроизводителей и экспериментальных исследований загрузки адсорбера топливными испарениями.

При этом сформулирована основная проблема исследования – необходимость в совершенствовании и обновлении отечественных методик расчета и испытаний системы вентиляции топливного бака.

Автором были проанализированы следующие нерешенные задачи:

- генерация углеводородов в топливном баке при росте температуры топлива;
- истечение топливо-воздушной смеси (ТВС) из резервуара с разными площадями поперечного сечения компонентов системы вентиляции;
- загрузка автомобильного адсорбера парами топлива, определение критических скоростей истечения ТВС из системы для полного улавливания углеводородов.

На основе обширных материалов первой главы сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

**Вторая глава** содержит описание моделирования процессов, происходящих в системе вентиляции топливного бака и автомобильном адсорбере при его загрузке парами топлива.

Автором представлена общая картина распределения энергии в системе низкого давления топлива и составлено уравнение энергетического (теплого) баланса системы «топливный бак автомобиля».

Выявлено, что испарение имеет две составляющие – статическую и динамическую. Статическая составляющая испарений определяется исключительно процессом нагрева топлива, зависящим от изменения его температуры, и может с достаточной точностью быть определена аналитически. Динамическая составляющая – это испарения топлива за счет интенсивного перемешивания и разбрызгивания струйными насосами, регулятором давления топлива, движением автомобиля и т.д.

Выполнен сравнительный анализ двух принципиально разных подходов к управлению системой вентиляции топливного бака – открытой системы (бак сообщен с атмосферой) и закрытой (бак изолирован от атмосферы). Получены уравнения генерации паров в топливном баке для этих двух систем.

Установлено, что переход от организации загрузки адсорбера с открытым паровым пространством к парообразованию в пространстве постоянного объема позволяет значительно уменьшить количество углеводородов, поступающих в адсорбер. Однако, при этом топливный бак находится под определенным избыточным давлением, что не всегда допустимо, особенно для пластиковых баков. Сформулирована гипотеза о том, что проблема может быть решена при дискретной, циклической загрузке адсорбера.

**В третьей главе** приведены результаты экспериментальных исследова-

ний нагрева топливного бака и генерации испарения, истечения ТВС из резервуара для различных начальных давлений, насыщения автомобильного адсорбера углеводородами.

Описана созданная лабораторная установка для проведения комплекса исследований и испытаний системы вентиляции топливного бака.

В экспериментальных исследованиях с открытой системой вентиляции бака определялись величины статической активности адсорбента и длины зоны массопереноса.

В результате комплекса экспериментальных исследований загрузки адсорбера автором было установлено, что фронт сорбции последовательно перемещается по участкам, причем скорость перемещения увеличивается.

Еще один комплекс исследований был проведен автором для условий автомобиля с подключаемой гибридной силовой установкой. Особенность этого режима работы в том, что при движении на электрической тяге, топливный бак не вентилируется и находится под избыточным давлением.

На разработанном лабораторном стенде был смоделирован режим движения на электротяге, во время которого топливо в баке испаряется, тем самым в паровом объеме появляется избыточное давление.

Исследования показали, что при работе бака под избыточным давлением 20 кПа, количество адсорбированных испарений, снизилось на 75%, по сравнению с системой вентиляции традиционного (открытого) типа.

В четвертой главе проведено подтверждение расчетных моделей экспериментальными исследованиями.

Автор показал, что расчетные модели генерации топливных испарения открытой и закрытой системы вентиляции топливного бака, нагрева топлива от источника тепла, истечения смеси из резервуара под давлением для разных проходных сечений сходятся с результатами испытаний, проведенными на лабораторных установках.

Расхождение между расчетными и экспериментальными данными менее 5% автор объясняет тем, что в процессе проведения экспериментов топливо деградировало и давление паров по Рейду уменьшилось, что привело к снижению генерации углеводородов.

В ходе экспериментов автором было установлено, что истечение ТВС из парового пространства стального топливного бака в атмосферу происходит в результате процесса, близкого к изотермическому процессу с показателем политропы  $n \approx 1,05$ .

В этой главе даны рекомендации к конструктивным параметрам системы вентиляции топливного бака для автомобилей с подключаемой гибридной силовой установкой. Описаны преимущества открытой и закрытой системы топливного бака.

Предложен и описан алгоритм управления системой вентиляции бака при его заправке топливом.

## *6. Замечания по содержанию материала диссертации и автореферата*

При общем, бесспорно, положительном впечатлении от материалов диссертации и автореферата, нельзя не сделать и некоторые замечания по их содержанию.

1. При создании энергетической модели топливного бака автором не учтен поток нагретого топлива, возвращаемого в бак от рампы с форсунками через обратную топливную магистраль. В настоящее время применяются 2 гидравлические схемы подачи топлива к рампе в системах впрыска бензина:

- с обратной магистралью для возврата топлива в бак от рампы;
- без обратной магистрали для возврата топлива в бак (топливо сбрасывается от регулятора давления прямо в топливном баке).

Вторая схема является частным случаем первой. Обе схемы широко применяются на практике. Поэтому следовало бы учесть долю тепла, вводимого в бак с топливом, возвращаемым от рампы. И, как частный случай, рассмотреть вариант без обратной сливной магистрали.

2. В процессе исследования автор не привел марки используемого бензина и его химмотологические характеристики по ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия». Учитывая разброс химмотологических показателей на современном рынке топлив, это необходимо было сделать. Тогда, возможно, нашлось бы корректное объяснение расхождений между экспериментальными и теоретическими данными.

3. Предлагаемая процедура (алгоритм) заправки топливного бака при использовании закрытой системы вентиляции, на наш взгляд, неоправданно усложнена. Автор предлагает при заправке топливного бака использовать информацию, выводимую на приборную панель, ввести задержку открытия крышки бензобака на 10...15 секунд для сброса давления в баке, использовать блокирование открытия крышки бензобака (с. 19-20 автореферата). Учитывая, что при такой сложной процедуре заправки топливного бака возможны сбои и неисправности как программного обеспечения, так и датчиков с исполнительными устройствами, возникает опасность отказа при открытии бензобака на заправке со всеми вытекающими последствиями.

4. Автор диссертации неоправданно использует очень широкий по значению термин – «двигатели внутреннего сгорания». В соответствии с общепринятой классификацией, к двигателям внутреннего сгорания (ДВС) относятся:

- дизельные двигатели (с самовоспламенением от сжатия);
- бензиновые двигатели (с искровым зажиганием);
- газовые двигатели (дизели или с искровым зажиганием);
- свободно поршневые генераторы газа;
- роторно-поршневые двигатели;
- газотурбинные двигатели.

Поэтому использование в тексте диссертации термина «двигатели внутреннего сгорания» слишком неконкретно и дезориентирует читателя, затрудняет возможность понять, о каких двигателях идет речь. Термин «ДВС» проходит через всю диссертационную работу.

## 7. Общая оценка работы

С учетом материалов, представленных в диссертации и автореферате, можно констатировать, что работа оформлена в соответствии с существующими требованиями ВАК РФ и изложена технически грамотным языком. Автореферат диссертации и опубликованные автором материалы в полной мере отражают содержание диссертации.

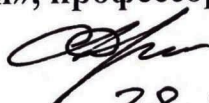
Указанные выше замечания имеют больше частный, а не концептуальный характер, и не затрагивают основного существа диссертации, достоверности ее выводов, актуальности, научной новизны и практической значимости выполненной работы.

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей научно обоснованные теоретические и прикладные результаты, совокупность которых вносит существенный вклад в решение проблемы снижения токсичных выбросов автотранспортными двигателями в процессе их эксплуатации. Диссертация отвечает всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. (№842, с изменениями), а ее автор – Микерин Никита Алексеевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7 – «Турбомашинны и поршневые двигатели».

### Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича  
Столетовых», кафедры «Тепловые двигатели  
и энергетические установки», профессор

Драгомиров С.Г.

  
28.04.25

Докторская диссертация по специальности  
05.04.02. – «Тепловые двигатели»

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Владимирский  
государственный университет имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича  
Столетовых»,

Адрес: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87

Тел. (4922)-53-25-75, 47097-37, 33013-91

E-mail: [oid@vlsu.ru](mailto:oid@vlsu.ru), [ds33@bk.ru](mailto:ds33@bk.ru)

