

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Андриянова Сергея Михайловича по теме «Улучшение эффективности системы вентиляции картера на этапе проектирования и доводки высокофорсированного автомобильного дизеля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7 – «Турбомашины и поршневые двигатели» в диссертационный совет Д.31.1.008.01 при ФГУП «НАМИ»

На отзыв представлена кандидатская диссертация общим объемом 144 стр., а также автореферат объемом 23 стр. и копии основных опубликованных соискателем работ.

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа посвящена актуальной проблеме повышения экологической безопасности окружающей среды при использовании большегрузных автомобильных дизелей в составе транспортных средств и комбинированных стационарных установок, путем разработки современной закрытой системы вентиляции картерных газов.

Диссидентом сформулирована цель и поставлены следующие научные и практические задачи: определить основной поток и объемный расход картерных газов в цилиндропоршневой группе через зазоры в горячем состоянии при работе двигателя; установить современные численные значения к обобщенным требованиям и критериям оценки работоспособности и эффективности закрытой системы вентиляции картера высокофорсированного автомобильного дизеля; разработать современную эффективную закрытую систему вентиляции картерного пространства, соответствующую установленным требованиям и критериям; разработать программу и методику опытной апробации результатов теоретических исследований, в виде стендовых безмоторных и моторных испытаний; выполнить анализ влияния конструктивных параметров основных компонентов закрытой системы вентиляции картера на соответствие установленным численным значениям требований и критериев оценки работоспособности и эффективности системы, и показатели рабочего процесса высокофорсированного автомобильного дизеля; сформировать рекомендации к конструктивным параметрам компонентов закрытой системы вентиляции картера на этапе проектирования и доводки высокофорсированного автомобильного дизеля.

Выбранное диссертационное исследование в целом направлено на выполнение правил ООН №49 с соответствующими поправками и дополнениями. Технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации вредных (загрязняющих) веществ», а также п. 3.4.9 ГОСТ Р 51998–2002 «Дизели автомобильных транспортных средств. Общие

технические условия», в части использование закрытой вентиляции картерного пространства и снижения выбросов вредных веществ.

В целом расчетные и экспериментальные исследования показали не значительное влияние на эффективные и экологические показатели использования закрытой системы вентиляции картерных газов, но при этом полностью исключен выброс неочищенных картерных газов с моторным маслом в окружающую среду.

Диссертационная работа Андриянова С.М. по выбранному направлению исследования, содержанию и разработанным методам исследования отвечает требованиям национальной экономики и экологии в области современного двигателестроения и соответствует критерию «Актуальность исследования».

Научная новизна исследования

Выполненное диссертационное исследование позволило получить ряд новых научных результатов, обладающих научной новизной.

Соискателем разработана и валидирована трехмерная компьютерная модель прорыва картерных газов через цилиндропоршневую группу в горячем (рабочем) состоянии, на основе математических моделей вычислительной гидродинамики, в зависимости от свойств материалов, из которых изготовлены поршни и гильзы цилиндров, геометрии поршневых колец и режимов работы дизеля.

Диссидентом получены результаты теоретического анализа термодинамики рабочего процесса, теплового и напряженно-деформированного состояния цилиндропоршневой группы, газодинамики прорыва картерных газов через цилиндропоршневую группу в зависимости от режимов работы высокофорсированного автомобильного дизеля.

Автором получены результаты экспериментальных исследований влияния закрытой системы вентиляции картерного пространства по принципу сепарации моторного масла с применением маслоотделителя по типу соплового аппарата, на эффективные и экологические показатели высокофорсированного V-образного автомобильного дизеля 8ЧН 12/13.

Таким образом, диссертационная работа Андриянова С.М. соответствует критерию «Научная новизна».

Научная ценность исследования

С позиций современного уровня научных знаний состояния и развития совершенствования системы вентиляции картера современного двигателестроения к числу наиболее значимых научных результатов диссидентанта следует отнести: результаты анализа рабочего процесса дизельного двигателя с закрытой системой вентиляции картерного пространства на эффективные и экологические показатели на режимах внешней скоростной характеристики; трехмерную компьютерную модель течения картерных газов через цилиндропоршневую группу в горячем (рабочем) состоянии, на основе математических моделей вычислительной

гидродинамики; результаты теплового и напряженно-деформированного состояния цилиндропоршневой группы, а также значения объемного расхода картерных газов; результаты экспериментальных исследований влияния закрытой системы вентиляции картерного пространства на технико-экономические и экологические показатели дизеля при работе на режимах внешней скоростной характеристики.

Таким образом, диссертационная работа Андриянова С.М. соответствует критерию «Научная ценность».

Практическая ценность исследования

Основные результаты диссертационного исследования представляют практический интерес.

Диссидентом предложена методология выбора комбинации расчетных моделей, описывающих внутрицилиндровые процессы, тепловое и напряженно-деформированное состояние цилиндропоршневой группы, а также течения газов через цилиндропоршневую группу в рабочем (горячем) состоянии, позволяющие создавать компьютерные модели, которые с достаточной точностью описывают процессы истечения картерных газов через цилиндропоршневую группу, предназначенных для теоретического исследования рабочего процесса двигателя с закрытой системой вентиляции картерного пространства, на этапе проектирования и доводки современных двигателей. Конструктивные рекомендации при разработке современной закрытой системы вентиляции картера показали достаточную эффективность отделения и осаждения моторного масла от картерных газов в составе двигателя «КАМАЗ» 740.735–400 (Акт внедрения, утвержденный главным конструктором – директором НТЦ ПАО «КАМАЗ» к.т.н., Е.Г. Макаровым).

Основные положения работ применяются в учебном процессе кафедры ААДиД НЧИ К(П)ФУ при чтении курса «Конструирование двигателей» и «Экологическая безопасность двигателей с воспламенением от сжатия», а также при выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ по направлению 13.04.03 – Энергетическое машиностроение.

Диссертационная работа Андриянова С.М. соответствует критерию «Практическая ценность».

Обоснованность и достоверность научных положений диссертационной работы обеспечиваются:

-использованием современных математических моделей, в основу которых положены фундаментальные законы термо-, гидро- и газодинамики, теплопередачи и прочности;

- применением современного поверенного измерительного оборудования;

-сопоставлением результатов расчетных и экспериментальных исследований.

Наиболее ценные научно-практические результаты, достигнутые в работе, следующие:

1. Выполнена оценка рабочего процесса высокофорсированного автомобильного дизеля с открытой и закрытой системой вентиляции картерного пространства, позволяющая определить влияние перепуска картерных газов на эффективные показатели двигателя. Применение закрытой системы вентиляции в составе V-образного дизельного двигателя 8ЧН 12/13 мощностью 440 л.с. несущественно ухудшает топливную экономичность двигателя (до 0,2%), снижает максимальное давление сгорания (до 0,3%). Установлено, что отношение расхода масла на угар по отношению к допустимому значению уноса масла из системы вентиляции картера составляет менее 1%, а отношение расхода картерных газов к общему расходу воздуха двигателя составляет до 3%.

2. Разработана компьютерная модель теплового и напряженно-деформированного состояния цилиндропоршневой группы V-образного дизельного двигателя 8ЧН 12/13 мощностью 400 л.с., которая с достаточной точностью позволила определить максимальные значения температур поршня (305°C) и гильзы цилиндров (218°C), а также максимальную деформацию поршня, до 0,32 мм и гильзы цилиндров до 0,41 мм. Представлены требования к геометрии, материалу и обработке для снижения деформации и повышения прочности компонентов.

3. Разработана компьютерная модель прорыва картерных газов через цилиндропоршневую группу в горячем (рабочем) состоянии V-образного дизельного двигателя 8ЧН 12/13 мощностью 400 л.с., которая с достаточной точностью позволила определить объем картерных газов, попадающий в картерное пространство при различных частотах вращения коленчатого вала, максимальное значение 180 л/мин при 1900 1/мин (100% нагрузки). Расчетным путем подобран оптимальный комплект поршневых колец и оптимизирован расход картерных газов через элементы цилиндропоршневой группы до 27,2%.

4. Установлены современные численные значения к обобщенным требованиям и критериям оценки работоспособности и эффективности закрытой системы вентиляции высокофорсированного автомобильного дизеля на базе семейства V-образных двигателей «КАМАЗ» 8ЧН 12/13: соответствие ГОСТ Р 51998-2002 (исключить унос КГ в окружающую среду), применение закрытой системы вентиляции; обеспечить расход КГ попадающих в КП на уровне мировых аналогов в соответствии с рабочим объемом (например, 11 л в районе 110-130 л/мин); обеспечить унос масла на выходе из СВК не более 0,3 г/ч (на всех режимах), для выполнения требований ISO 17536; повысить эффективность СВК не ниже 95% (на всех режимах), для выполнения требований ISO 17536; обеспечит давление КГ в КП близкое к атмосферному, в диапазоне ± 100 мм.вод.ст.

5. Разработана конструкция эффективной закрытой системы вентиляции картерного пространства, соответствующая установленным современным численным значениям обобщенных требований и критериев оценки работоспособности и эффективности системы. Получены 4 патента на

полезные модели различных вариантов маслоотделителей и новую схему картерного пространства.

6. В результате стендовых безмоторных испытаний определен наилучший вариант маслоотделителя для закрытой системы вентиляции картера с наименьшей эффективностью до 98% при значениях расхода КГ до 500 л/мин, при этом давление в КП составило 300 мм.вод.ст.

7. Результаты стендовых моторных испытаний разработанной закрытой системы вентиляции картерного пространства в составе высокофорсированного V-образного автомобильного дизельного двигателя «КАМАЗ» 8ЧН 12/13 мощностью 400 л.с. подтвердили отсутствие существенного влияния на эффективные показатели двигателя (N_e , M_e , g_e , p_z , G_v и др.), в пределах погрешности стендового оборудования. Установлено незначительное влияние на выбросы вредных веществ при применении закрытой системы вентиляции картера (в зависимости от цикла испытаний двигателя): снижение оксидов азота (NO_x) до 5,6%, углеводородов (CH) до 2,7%; рост оксидов углерода (CO) до 4,1%, взвешенных (твердых) частиц до 4,1%.

8. Сформированы рекомендации к конструктивным параметрам компонентов закрытой системы вентиляции картера на этапе проектирования и доводки высокофорсированных автомобильных дизелей. Для дальнейшего повышения эффективности разработанной закрытой системе вентиляции картера, рекомендовано применение специального волокнистого материала для фильтрующего элемента и индикационного клапана, срабатывающего при повышении определенного давления в системе и сообщающего о засоренности фильтрующего элемента. Разработанная в рамках научной работы закрытая система вентиляции картера может быть применима для других двигателей внутреннего сгорания, в зависимости от значений расхода картерных газов и компоновочных ограничений.

Оценка содержания диссертационного исследования

Диссертация состоит из введения, 4 глав основного текста, основных результатов работ, списка использованных источников литературы и приложения. Общий объем диссертационной работы составляет 144 страницы машинописного текста, включая 93 рисунка, 28 таблиц, 49 формул, список использованных источников литературы из 151 наименований и одного приложения.

Во введении представлен общий анализ исследуемой проблемы, обоснована актуальность проведения работ, направленных на улучшение эффективности процессов, протекающих в закрытой системе вентиляции картерного пространства высокофорсированных автомобильных дизелей, формированию критериев оценки работоспособности и эффективности системы с применением современных расчетных моделей и испытательного оборудования, дана общая характеристика работ.

В первой главе рассмотрены существующие проблемы закрытой системы вентиляции картерных газов. Произведен обзор расчетно-

экспериментальных работ, в которых рассмотрены процессы влияния закрытого исполнения системы вентиляции картерного пространства на рабочий процесс двигателей. На основе произведенного анализа научных работ поставлена цель диссертационной работы и определены задачи.

Во второй главе проведено теоретическое исследование процессов, протекающих в двигателях и системе вентиляции картерного пространства. Расчетные модели позволили определить действительный объем картерных газов, поступающий в картерное пространство, в зависимости от режимов работы двигателя, что позволило сформировать требования к компонентам и системе вентиляции картера.

В третьей главе представлена разработка конструкции закрытой системы вентиляции картерного пространства высокофорсированного автомобильного дизеля. Разработана и запатентована новая схема картерного пространства и маслоотделители для закрытой системы вентиляции картера по типу соплового аппарата. Определен состав компонентной базы закрытой системы вентиляции картерного пространства для дальнейших стендовых безмоторных и моторных испытаний в составе двигателя внутреннего сгорания.

В четвертой главе рассмотрены результаты стендовых безмоторных и моторных испытаний высокофорсированного V-образного автомобильного двигателя «КАМАЗ» 8ЧН 12/13. Разработаны программы и методики испытаний компонентов и закрытой системы вентиляции картера в составе стендовой безмоторной и моторной установки. Определена погрешность испытательного оборудования и оценка точности экспериментальных исследований. Анализом результатов стендовых моторных испытаний по влиянию на рабочий процесс и значениям выбросов вредных веществ установлено, что закрытое исполнение системы вентиляции оказывает незначительное влияние на эффективные и экологические показатели двигателя. Предложены рекомендации к дальнейшему повышению эффективности маслоосаждения в системе вентиляции картера.

Диссертационная работа завершается основными результатами работы.

Замечания по работе

1. Невозможно назвать предложенный комплект поршневых колец оптимальным решением. Задача оптимизации не решалась, просто расчетным путем был выбран комплект колец, который показал уменьшение расхода картерных газов на 27,2% через элементы цилиндропоршневой группы. Методика проведения расчетов не представлена, неясно в каких сечениях и на сколько уменьшились протечки.

2. Не учёт формирования масляной пленки под поршневыми кольцами вносит большую погрешность в моделирование работы кольцевого уплотнения и соответственно в определение прорыва газов в картер.

3. При выборе конструкции и расположения колец на поршне, кроме фактора прорыва газов в картер, не менее важными факторами являются –

механические потери и угар масла. Неясно, как предложенный комплект поршневых колец влияет на эти параметры.

4. Графики, представленные на рис. 12 (стр. 13 автореферата) и рис. 76 (стр. 89 диссертации) не имеют обозначений по оси ординат, а также отсутствует их анализ.

5. На стр. 79 в табл. 14 диссертации представлены граничные условия по поверхностям поршня – коэффициенты теплоотдачи и температуры. Неясно, каким образом, они назначались. Вызывает сомнение постоянство коэффициента теплоотдачи по огневой поверхности днища поршня.

6. На рис. 39 стр. 52 диссертации представлены зависимости скорости тепловыделения в дизеле. На этих зависимостях практически отсутствует диффузационная фаза сгорания. С чем это связано?

7. При измерении температур в поршне неясно, каким образом передавался сигнал от термопар к измерительному прибору.

8. В обзорной главе рассмотрено достаточно большое количество различных маслоотделителей, некоторые из которых представляются более эффективными, чем предложенный автором. Желательно было бы провести более детальное обоснование выбора конструкции маслоотделителя.

Отмеченные недостатки и замечания по диссертационной работе не снижают её научной и практической значимости.

Публикации и соответствие содержания диссертации и автореферата

Публикации, приведенные в автореферате, включают материалы по основным разделам диссертации.

По теме диссертации опубликовано 23 печатные работы, в том числе 5 в изданиях, рекомендованных ВАК и 4 патента на полезную модель (111582, 108805, 111583, 169135).

Диссертация прошла достаточную апробацию, её существование изложено в достаточном числе публикаций, автореферат диссертации соответствует её содержанию. Результаты работы прошли упомянутую апробацию на научно-технических конференциях и семинарах.

Автореферат содержит основные положения и результаты диссертационного исследования по улучшению эффективности закрытой системы вентиляции высоконагруженных автомобильных дизелей.

Диссертационная работа выполнена на хорошем методическом и научном уровне.

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

Диссертация Андриянова С.М. на тему «Улучшение эффективности системы вентиляции картера на этапе проектирования и доводки высоконагруженного автомобильного дизеля» является законченной

научно-квалификационной работой, содержит новые научные положения, обладает теоретической и практической значимостью.

Диссертантом в целом решена важная научно-практическая задача национальной экономики России – улучшение технико-экономических и экологических показателей дизеля.

Впервые наиболее полно, обстоятельно и всесторонне рассмотрены сложные процессы истечения картерных газов через цилиндропоршневую группу в горячем (рабочем) состоянии и установлены современные численные значения к обобщенным требованиям и критериям оценки работоспособности и эффективности закрытой системы вентиляции картера высокофорсированного автомобильного дизеля.

В целом по актуальности, научной новизне, объему материалов, научной ценности теоретических и экспериментальных исследований, а также практическому значению полученных результатов, выполненная работа Андриянова С.М. на тему «Улучшение эффективности системы вентиляции картера на этапе проектирования и доводки высокофорсированного автомобильного дизеля» соответствует требованиям и критериям, установленным пунктами 9-14 постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842 «О порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор Андриянов Сергей Михайлович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7 – «Турбомашины и поршневые двигатели».

Официальный оппонент:

доктор технических наук,
профессор
Ю.В. Галышев

4 декабря 2023 г.

Диссертация доктора технических наук защищена по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели.

Место работы и должность: профессор высшей школы энергетического машиностроения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

Адрес организации: Россия, 195251, г. Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, дом 29.

Сайт: <https://www.spbstu.ru/>
Телефон +7 (812) 297-20-95
E-mail: office@spbstu.ru

