

ОТЗЫВ

официального оппонента Хрящёва Юрия Евгеньевича на диссертационную работу Лукшо Владислава Анатольевича на тему: «Комплексный метод повышения энергоэффективности газовых двигателей с высокой степенью сжатия и укороченными тактами впуска и выпуска», представленную к защите на заседание диссертационного Совета Д 217.014.01 при ФГУП «НАМИ», на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели

На отзыв представлена диссертация общим объемом 365 стр., автореферат объемом 42 стр., основные статьи, две монографии, 10 патентов на изобретения и полезные модели по теме диссертации.

Актуальность темы исследования

В настоящее время тенденция к применению газовых топлив, наметившаяся в начале 90-х годов прошлого века, сохраняет свое развитие вследствие более высоких темпов роста рыночных цен на жидкие моторные топлива по сравнению с газовыми топливами, причем основная доля в замещении моторных топлив нефтяного происхождения приходится на сжатый и сжиженный природный газ. Газовые ДВС находят все большее применение не только в составе стационарных энергетических установок, но и на различных видах автотранспорта, поэтому сегодня практически все моторные заводы мира имеют газовые модификации двигателей на базе дизелей. Газовые автомобили и автобусы выпускают Volvo, Skania, MAN, Iveco, Mercedes, Kenworth, несколько заводов в Китае, IKD (Иран).

Поскольку газовые двигатели занимают все более существенное место в современной автотранспортной энергетике, то совершенствование их конструкции и способов управления с целью улучшения эффективных и топливно-экономических показателей при не превышении уровня вредных выбросов в отработавших газах (ОГ) (окислы азота и кислорода, углеводороды, дымность, шум и др.), соответствующих современным постоянно ужесточающимся требованиям, является актуальной задачей. В связи с этим теме исследования газовых двигателей уделено много внимания. В своей диссертации соискатель ссылается на работы более тридцати отечественных и восемнадцати зарубежных авторов, чьи публикации наиболее известны, что, конечно, подтверждает актуальность этой темы. На самом деле исследователей

гораздо больше, т. к. не все публикуют свои результаты, чтобы, например, не способствовать успехам конкурентов. Применение с этой целью различных методов, например, конструктивно-технологических в сочетании с регулирующими мероприятиями, хотя и обеспечивает получение определенного эффекта, но уже не является достаточно результативным, поэтому очевидно, что для создания газовых двигателей нового поколения необходим комплексный подход, т. е. применение методологии экспериментально-теоретических исследований их рабочего процесса и систем.

Научная новизна исследования

Диссертационная работа построена на понимании того, что только разработка новой конструкции механизмов и систем и новых алгоритмов управления в сочетании с новыми исполнительными механизмами для их осуществления может привести к созданию газовых двигателей нового поколения. Несмотря на то, что многие отечественные и зарубежные предприятия и отдельные исследователи давно занимаются проблемой конвертации дизельных двигателей в газовые, идея использования в газовом ДВС рабочего цикла с продолженным расширением и применение с этой целью известного цикла Миллера с высокой степенью сжатия и укороченными тактами впуска и выпуска применяется впервые в отечественной практике. Для доказательства этой отнюдь неочевидной идеи автором предприняты комплексные экспериментально-теоретические исследования, способствующие углубленному пониманию физической сущности особенностей рабочего внутрицилиндрового процесса газовых двигателей практически всех модификаций, поэтому в качестве научной новизны воспринимается весь комплекс исследований, включая разработанные им методики, логично продолженные в процессе экспериментальных работ. С другой стороны у соискателя на основании теоретических исследований есть предложения конкретных устройств, оформленные в семи патентах на изобретения (где понятие новизны – обязательное условие).

Научная ценность исследования

Современное представление процессов наполнения, смесеобразования и сгорания в газовых двигателях позволяет к числу наиболее значимых научных результатов диссертанта отнести:

- метод расчётной оптимизации фаз газораспределения с укороченным тактом впуска с целью достижения наилучшей топливной экономичности и максимального среднего давления цикла путём установления взаимосвязи граничных условий по максимальным давлению и температуре в конце такта сжатия, условий бездетонационной работы двигателя, условий максимально возможного снижения насосных потерь;

- обоснование способов совершенствования рабочих процессов газовых двигателей путём разработки теоретически и экспериментально оптимизированных алгоритмов управления распределённой фазированной подачей газа и подачей воздуха (т. е. составом топливно-воздушной смеси), а также системой зажигания путем согласования величин и форм управляющих сигналов исполнительными механизмами;

- разработана феноменологическая модель расчёта максимальной температуры и степени повышения давления в цикле с продолженным расширением. Получено расчетное выражение термического КПД и среднего давления цикла для цикла Миллера с политропными процессами расширения и сжатия. Учтен химический состав рабочего тела;

- методы оптимизации систем питания, зажигания и воздухообеспечения высокофорсированного газового двигателя на основе взаимосогласованной работы этих систем путём расчёта;

- метод конвертации дизельного двигателя в газовый двигатель без изменения геометрической степени сжатия. При конвертации дизельных двигателей в газовые в отечественной практике не применялись методы именно комплексной оптимизации всех систем высокофорсированного двигателя на основе взаимосогласованной работы этих систем путём расчёта, а также проведения многофакторного эксперимента. В ходе экспериментальных исследований с помощью САУ доведены до оптимальных значений практически все параметры систем топливоподачи, зажигания, наддува и отработаны алгоритмы управления (главы V - VI).

Практическая ценность исследования

В результате выполненного диссертационного исследования АТС с новым газовым двигателем при испытаниях по городскому циклу имеют расходы газового топлива на 20 % меньше по сравнению с базовыми автотранспортными средствами, оснащёнными серийно-выпускаемыми газовыми двигателями, конвертированными из дизеля традиционным способом, что соот-

ветствует результатам сравнительного анализа многопараметровых характеристик показавшего, что у нового газового двигателя мод. 8212.10.312 имеется достаточно большая область с расходом 200 г/кВт ч в зоне нагрузок 0,7-1,1 МПа, тогда как у сравниваемых двигателей, т. е. у базового дизельного и газового двигателя, конвертированного по циклу Отто, ее нет вообще.

Эксплуатационные качества автотранспортных средств с новыми газовыми двигателями не уступают эксплуатационным качествам АТС с базовым дизельным двигателем и превосходят АТС с газовыми двигателями, конвертированными из дизельных двигателей традиционным способом.

Удельные выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами двигателя НАМИ 821.10 (т. е. газового двигателя с укороченными тактами впуска и выпуска), определенные в цикле переменных режимов ЕТС ниже предельных значений, установленных в строке В2 таблицы 2 Правил № 49-05 ООН (см. табл. 5.9. Удельные выбросы загрязняющих веществ, определенные в цикле ЕТС, г/(кВт·ч)).

Основные результаты диссертационного исследования, полученные соискателем, позволили разработать ряд практических предложений, оформленных как патенты на изобретения и полезные модели, наиболее существенными из которых являются следующие: патент РФ на изобретение № 2338901, от 20.11.2008г., Тепловой двигатель для работы на газовом топливе; патент РФ на изобретение № 2343303, от 10.01.2009г. Система подачи воздуха с горючим газом в тепловой двигатель; патент РФ на изобретение № 2343305, от 10.01.2009г. Устройство для зажигания горючей смеси в газовом двигателе; патент РФ на изобретение № 2353792, от 27.04.2009г. Устройство для подачи горючего газа в двигатель внутреннего сгорания; патент на изобретение № 2537660, от 11.11.2014г. Способ регулирования двигателя внутреннего сгорания.

Разработаны конструкции и изготовлена опытная партия автомобилей Урал и автобусов ЛиАЗ с высокоэкономичными газовыми двигателями, использующими в качестве топлива природный газ.

Основные положения работы использованы при создании парка газобаллонных автомобилей на автотранспортных предприятиях Краснодарского и Ставропольского краёв, Новгородской области, предприятиях ООО «ГАЗ-ПРОМ».

Положения теоретических и практических результатов диссертационной работы были использованы при разработке ряда ОСТ, ГОСТ и разделов в ТР ТС 018-2011.

Таким образом, диссертационная работа Лукшо Владислава Анатольевича соответствует критерию «Практическая ценность».

Обоснованность и достоверность научных положений диссертационной работы

Оценка достоверности основных выводов соискателем проведена на основании сопоставительного анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в диссертационной работе, актов о внедрении результатов исследований, действующих стандартов и нормативных документов, в том числе акты об использовании результатов диссертационной работы в ОАО «Автодизель», ПАО «КАМАЗ», ООО «Д.В.С.эко», ООО «Русские автобусы – Группа ГАЗ».

Достоверность результатов эксперимента обуславливается использованием поверенных и аттестованных комплексов измерительных приборов и оборудования, используемых, в том числе при сертификации продукции по международным Правилам ООН, например, испытания по определению экологической составляющей работы газового двигателя 8211.10 – 321 согласно Правилам ООН № 96-3 проводились на сертифицированном моторном стенде №16 ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ».

Оценка эколого-экономической эффективности затрат на создание АТС с газовыми двигателями и снижение ущерба выброса вредных веществ произведена в соответствии с Методикой оценки эколого-экономической эффективности применения антитоксичных систем и устройств, утвержденной Минпромнауки РФ в 2003 г. В ходе проведения эксплуатационных испытаний по стандартным методикам автополигона НАМИ убедительно подтверждена не только функциональность систем воздухо- и топливоснабжения газовых ДВС нового поколения, но и экономическая целесообразность их использования.

Оценка содержания диссертационного исследования

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, общих выводов и заключения. Она изложена на 365 страницах основного текста, содержит 162 рисунка, 44 таблицы и списка использованной литературы (166 наименований, в том числе 108 иностранных).

Во введении справедливо указано, что вопросы экономической целесообразности, в том числе, достижение высокой топливной экономичности газовых двигателей при переходе на альтернативные виды топлива, имеют наибольшее значение, являются актуальными, а также указано, что для улучшения топливной экономичности необходима коренная оптимизация рабочего внутрицилиндрового процесса через конструктивные и регулировочные параметры двигателя. Анализ проблемы создания газовых ДВС при конвертации дизельных двигателей в газовые заключается в их высокой теплонапряжённости. Способ решения проблемы, ставший традиционным, заключается в дефорсировке двигателя по наполнению. При этом оказывается невозможным сохранять мощность двигателя с одновременным повышением топливной экономичности. Поиск новых способов решения проблемы является одной из главных задач данного научного исследования. Предметом исследования являются газовые ДВС, конвертируемые из дизельных. Изложены цель и поставлены задачи исследования, научная новизна и практическая ценность работы.

Первая глава диссертационного исследования посвящена истории применения газовых топлив в ДВС, анализу состояния производства газовых ДВС и газобаллонных АТС в Российской Федерации, анализу технических проблем при создании газовых ДВС, а также их технических характеристик и возможности применения цикла Миллера при конвертации дизельных двигателей в газовые. В результате анализа отечественного и зарубежного опыта эксплуатации газовых двигателей на городских и пригородных автобусах сделан вывод о том, что газовые двигатели имеют на 30% худшую топливную экономичность, чем дизели (стр. 21), и что современные газовые двигатели оснащаются турбонаддувом, системой перепуска отработавших газов (EGR) (стр. 32), в их рабочем процессе используются стехиометрические смеси и адаптивное регулирование.

На основании анализа зарубежных и отечественных литературных источников автор прогнозирует, что перевод бензиновых двигателей легковых и лёгких коммерческих автомобилей, находящихся в частном владении, на газовые топлива ещё достаточно длительное время будет происходить по двухтопливной схеме, а газовые однотопливные двигатели наиболее целесообразно использовать для городского общественного, коммунального транспорта и для стационарных промышленных силовых установок. Отмечено, что газовые двигатели для этого вида транспорта создаются на базе дизелей, поскольку бензиновых двигателей такого класса в мире не существует, и сдела-

но предположение, что только на однотопливных газовых двигателях возможно применение бескомпромиссных решений, способных обеспечить наиболее эффективные показатели.

Автор подробно анализирует зарубежный опыт повышения эффективности газовых ДВС, конвертированных из дизельных, поскольку газовые двигатели, изготовленные на базе дизелей, для автотранспорта там начали выпускать уже в 90-х годах. Им проведен анализ возможности применения цикла Миллера (стр. 46) для конвертации дизельных двигателей в газовые, в результате которого, по существу, произведено изучение этой возможности, и в выводах к первой главе для дальнейшей разработки выбрана концепция газового двигателя с нерегулируемым циклом Миллера как основная версия, реализованная в конструктивной схеме с ранним закрытием впускного клапана, эффективной степенью сжатия 12-14 и геометрической степенью расширения 17,5 (стр.65). Однако отмечается, что цикл Миллера имеет один существенный недостаток – укороченный такт впуска приводит к снижению наполнения на полных нагрузках, и, как следствие, к снижению максимального крутящего момента.

Во второй главе приведены термодинамические исследования рабочих процессов газовых двигателей, конвертированных из дизелей. Для сравнения индикаторных показателей всех анализируемых здесь циклов, в том числе с укороченным тактом впуска, применены как классические тепловые расчёты, так расчёты, выполненные с помощью специально разработанной феноменологической модели для расчёта максимальной температуры и степени повышения давления в цикле с продолженным расширением.

Известно, что результаты термодинамического моделирования зависят от многих факторов, поэтому точность вычислений зависит от степени достоверности этих факторов, причём, поскольку установить их на данном этапе исследований не представляется возможным, то необходимо сравнивать результаты вычислений с экспериментальными данными. В последующих главах автором представлены убедительные результаты экспериментальных исследований, подтверждающие выдвинутые им предположения о протекании характеристик проектируемых двигателей с новыми термодинамическими циклами на различных видах топлива. В последующем результаты исследований использованы автором с целью конструирования вала ГРМ, турбокомпрессора и системы питания.

В третьей главе рассмотрены результаты исследования рабочих процессов газовых двигателей на основе выводов и рекомендаций отечественных и зарубежных исследователей. Приведена расчётная математическая мо-

дель газового двигателя, полученные с помощью ее результаты расчётных исследований параметров газового двигателя с укороченным тактом впуска, и их экспериментальная проверка, т. е. выполнены трудоёмкие поисковые научные исследования с целью достижения необходимой компетенции по этой проблеме, без которой дальнейшие действия по созданию газового ДВС нового поколения невозможны.

В четвертой главе приведены результаты параметрического анализа газового двигателя с высокой степенью сжатия и укороченными тактами впуска и выпуска. По существу, эта глава является последовательным продолжением третьей главы, т. е. на основании теоретических предпосылок автор доводит исследования до конкретных конструкторских разработок, (а именно - до определения расчетных характеристик и основных геометрических размеров) пользуясь как классическими методами расчетов, так и новыми, предлагаемыми им методиками. Так, раздел «Выбор и оптимизация фаз газораспределения» логично завершается конкретной конструкторской разработкой нового распределительного вала; «Оптимизация процессов топливоподдачи и смесеобразования» - оптимизацией конструкции газовых форсунок и оптимизацией управляющего сигнала; «Выбор и оптимизация системы воздухообращения» - разработкой нового дроссельного узла и дроссельной заслонки, а так же выбором оптимальной системы турбонаддува. Все это и должно являться неизбежным результатом любой научной разработки прикладного характера.

Пятая глава «Экспериментальные исследования и оптимизация параметров газового двигателя с высокой степенью сжатия и укороченными тактами впуска и выпуска» занимает особенное место в диссертационном исследовании, т.к. ее назначение – это доказательство предварительных научных изысканий, т. е. доказательство их достоверности. Соискатель в качестве исходного двигателя для конвертации в газовый выбрал самый современный в отечественном двигателестроении дизель ЯМЗ-5362, что является несомненной удачей для перспективного использования предлагаемых им новых разработок. Экспериментальные исследования проведены всесторонне и тщательно, при этом использована новая аппаратура и средства измерений и регистрации собираемых данных. «Комплексный метод...», предложенный и использованный Лукшо В.А., в данной главе дополнен адаптацией каталитического нейтрализатора для конкретного газового двигателя мод.821.10 и доработкой алгоритмов управления САУ для реализации корректировок по

управлению топливо- и воздухообеспечением (что представляет собой отдельную весьма трудоемкую проблему).

В шестой главе приведены расчётные исследования режимов работы газового двигателя в условиях работы на автомобилях и автобусах в различных ездовых циклах, которые не являются необходимыми. Они не подтверждают никаких теоретических предположений и не выносятся в частные выводы по главе и в основные выводы по диссертации. Зато результаты экспериментальных исследований АТС с газовыми двигателями различных моделей и разных способов конвертации, выполненные в дорожных условиях на комплексе автомобильных дорог автополигона, убедительно показывают экономическую целесообразность внедрения газового двигателя нового поколения, т. е. с высокой степенью сжатия и укороченными тактами впуска и выпуска.

Недостатки работы, замечания, пожелания

1. Разработанный газовый двигатель нового поколения создан как двигатель, конвертированный из дизельного, что по современным понятиям является вполне приемлемым, однако в то же время автор не экстраполирует результаты на конструкцию перспективного двигателя, изначально проектируемого в качестве газового.
2. Комплекс математических моделей рабочих процессов двигателя с различными термодинамическими циклами при использовании газовых топлив представлен автором как самостоятельное достижение, тогда как на самом деле он является лишь средством для безошибочного проектирования новых газовых двигателей.
3. В шестой главе расчётные исследования режимов работы газового двигателя в условиях работы на транспортных средствах в различных ездовых циклах представляются избыточными, так как ничего существенного не приносят ни для доказательства полученных результатов, ни для усовершенствования уже достигнутых конструкторских решений, однако не хватает экспериментальной доказательности для сравнительной оценки внутрицилиндровых рабочих процессов, т.к. не представлено индикаторных диаграмм, снятых с нового газового двигателя с полным арсеналом предлагаемых регулировок и изменений конструкции.

4. Вариант создания газового двигателя как энергоэффективного за счет высокой степени сжатия и с укороченными тактами впуска и выпуска автором представляется как единственно возможный, тогда как на самом деле могут быть и другие варианты, например, современный газовый двигатель, недавно появившийся в ОАО «Автодизель», созданный путем конвертации также из дизеля ЯМЗ-536.
5. В диссертации большое внимание уделено аппаратной части системы автоматического управления, например, всесторонне исследована функциональность исполнительных механизмов, в том числе электроуправляемых форсунок (обоснованы даже технические требования на их конструкцию), предложены оригинальные алгоритмы управления, однако не раскрыты алгоритмы именно адаптивного управления двигателем;
6. Требуется дополнительное пояснение пример обобщённого идеализированного цикла с политропным процессом расширения и без теплообмена, приведенный в разделе 2.2., процесс сжатия тоже рассматривается как политропный. Однако известно, что идеальные циклы – это циклы с адиабатическими процессами сжатия и расширения (т.е. без теплообмена). Что же здесь рассматривается? Там же сделано противоречивое допущение, что рабочий цикл замкнутый и обратимый (т.е. рабочее тело не меняется), но химический состав и стехиометрическое соотношение меняются, значит и рабочее тело меняется. Требуется пояснения и еще одно допущение, что «рабочее тело – реальный газ, теплоемкость которого постоянна (не зависит от температуры T и давления p)». Однако есть же известные зависимости теплоемкости от температуры, которые могли бы быть использованы. Далее «влияние топлива учитывается через показатели адиабат, молекулярный вес, низшую теплоту сгорания». Вопрос к терминологии: молекулярный вес – это вес (масса) одной молекулы. Принято употреблять термин – молярная масса. Кроме того, «процессы сжатия и расширения протекают без теплообмена с внешней средой по политропам сжатия и расширения» (стр.73), однако политропные процессы – это процессы с теплообменом.
7. Возникают вопросы относительно формулы (3.29), т.е. уравнения Ньютона-Рихмана:
$$\frac{dQ}{dt} = (\alpha_{конв} + \alpha_{mn})(T_{рт} - T_{стц})F_e$$
, где: $\alpha_{рад}$ – коэффициент теплоотдачи при лучистом теплообмене; $\alpha_{конв}$ – коэффициент теплоотдачи при конвекции; F – площадь теплопередающей поверхности цилиндра, определяемой по зависимости (3.4). Во-первых, обычно используют поня-

тие приведенного коэффициента теплоотдачи, а не сумма двух коэффициентов теплоотдачи; во-вторых, для F нет зависимости в (3.4) и нет в диссертации вообще.

Кроме того, ошибочно используется формула (3.31): значения критерия Нуссельта могут быть определены: $Nu = 0,2 Re^{0,21} Pr^{0,43} \left[\frac{Pr}{Pr_{\chi}} \right]^{0,25} \varepsilon$, однако здесь коэффициент в уравнении « 0,021 », а не 0,2, а степень у Рейнольдса «0,8», а не «0,21».

Публикации и соответствие содержания диссертации и автореферата

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

Публикации, приведенные в автореферате, включают материалы по основным разделам диссертации. Основные положения и результаты исследований изложены в 51 печатной публикации (в том числе 29 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ), а также в двух монографиях, в двух работах, индексируемых в базе данных Scopus, в 10 патентах на изобретения и полезные модели по теме диссертации.

Результаты работы прошли апробацию на международных и отечественных научно-технических конференциях, симпозиумах и научно-технических форумах начиная с 2003 г. по настоящее время, в том числе на Международной конференции «Альтернативные источники энергии для больших городов» 2006 г., Москва; IV Международном автомобильном научный форуме, 2006 г., Москва; VII Международная научно-практическая конференция «Сжатый и сжиженный газ - 2004» Мальта; Конференциях Национальной газомоторной ассоциации GasSUF - 2004, 2006, 2007 г.г., Москва; Всероссийской научно-практической конференции «Основные направления развития технической политики в АПК на 2006 год», 2006 г., Москва; Российском автомобильном форуме конференций Адама Смита, 2015г., Москва; 39, 82 и 90 Международных научно-технических конференциях ААИ.. 2002, 2013 и 2014 г.г., Москва, Дмитров, Иркутск и др.

Диссертационная работа выполнена на хорошем методическом и научном уровне, содержит всесторонний анализ обозначенных в ней актуальных проблем национальной экономики в области повышения топливной экономичности и экологической безопасности российских автомобилей. Диссер-

тант владеет современными методами моделирования термодинамических процессов, расчетов и анализа и обработки полученных результатов численных и реальных экспериментов.

Полученные результаты диссертации не содержат дискуссионных материалов по предмету исследования и изложены просто для понимания их сущности специалистами данной области науки.

К сожалению, некоторые разделы диссертации не отредактированы, применяются недопустимые сокращения, несистемные единицы измерения, допущены опечатки. В диссертации имеются неточности в использовании терминов и определений, отклонения от стандартных обозначений. Объем автореферата превышает установленный (2 п.л., т. е. 32 стр.) и представлен на 42 стр.

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

Отмеченные недостатки и замечания не снижают научной и практической значимости, а также научной ценности выполненной работы. Диссертационная работа Лукшо Владислава Анатольевича на тему «Комплексный метод повышения энергоэффективности газовых двигателей с высокой степенью сжатия и укороченными тактами впуска и выпуска» представляет законченное научное исследование, результаты которого имеют важное практическое значение для конструкторов и специалистов современного двигателестроения и реализованы в промышленности.

Впервые наиболее полно, обстоятельно и всесторонне рассмотрены основополагающие вопросы конвертации дизельных двигателей в газовые, с использованием в газовом двигателе рабочего цикла с продолженным расширением, высокой степенью сжатия и укороченными тактами впуска и выпуска.

Диссертантом решена крупная научно-практическая проблема, имеющая важное социально-экономическое хозяйственное значение для национальной экономики, а именно, задача повышения конкурентоспособности современных газовых двигателей на основе комплекса мер по совершенствованию их конструкции с целью получения нового качества.

В целом по актуальности, научной новизне, объему материалов, научной ценности теоретических и экспериментальных исследований, а также практическому значению полученных результатов выполненная работа отве-

чает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор Лукшо Владислав Анатольевич заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели..

Доктор технических наук, профессор

Ю.Е. Хрящёв

03.12.2015 г.

Подпись доктора технических наук, профессора
Хрящёва Юрия Евгеньевича
заверяю:

Проректор по научной работе ФГБОУ ВПО «ЯГТУ»

доктор химических наук, профессор Игорь Витальевич Голиков



Справочные данные

Хрящёв Юрий Евгеньевич - доктор технических наук, профессор кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» ФГБОУ ВПО «Ярославский государственный технический университет».

150023, г. Ярославль, Московский пр-т, 88, тел. 8 910 662 08 35,

e-mail: khr.u.e@mail.ru