

## ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертационную работу Миренковой Елены Александровны  
«Улучшение энергетических, экологических и экономических показателей силовых  
установок, работающих на альтернативных топливах, полученных из природного  
газа», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели

Диссертация состоит из введения, 4 глав основного текста, общих выводов и рекомендаций, заключения, списка использованных источников из 99 наименований и 1 приложения. Объем диссертационной работы составляет 168 страниц, работа включает 80 рисунков и 16 таблиц.

Автореферат диссертации соответствует содержанию работы. Общая характеристика работы и заключение, приводимые в автореферате, отражают соответствующие разделы диссертации.

### **Актуальность темы диссертации**

Ужесточение требований по экологии в отношении выбросов вредных веществ и парниковых газов, законодательная база многих стран мира, эффективное использование природных энергетических ресурсов, уменьшение эксплуатационных затрат и многое другое способствуют поиску альтернатив традиционным нефтяным топливам в транспортном секторе.

Известно, что применение альтернативных топлив, полученных из природного газа, является одним из перспективных направлений развития транспортных средств в области повышения энергоэффективности и экологической безопасности.

Актуальность темы определяется необходимостью обоснованного принятия решений по выбору наиболее эффективного альтернативного топлива, полученного из природного газа, по энергетическим, экологическим и экономическим показателям в полном жизненном цикле.

**Целью работы** является разработка комплексной методики оценки эффективности силовых установок, работающих на различных альтернативных топливах, полученных из природного газа, в полном жизненном цикле, для улучшения их энергетических, экологических и экономических показателей.

Для реализации поставленной цели автором работы сформулированы пять основных задач, решение которых отражено в основных выводах по работе.

### **Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту**

Основные результаты исследования и защищаемые научные положения являются новыми. Научной новизной обладают следующие положения:

- разработанный комплекс математических моделей единичных процессов, стадий и полного жизненного цикла в целом силовых установок, использующих различные альтернативные моторные топлива, полученные из природного газа;
- результаты расчетных исследований, которыми подтверждена целесообразность применения альтернативных моторных топлив, полученных из природного газа, для снижения выбросов токсичных веществ и парниковых газов, уменьшения расхода природных ресурсов и энергии в полном жизненном цикле;

- разработанная комплексная методика оценки эколого-экономического эффекта в полном жизненном цикле силовых установок городских автобусов, работающих на альтернативных моторных топливах, полученных из природного газа.

### **Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность основных положений, изложенных в диссертации, основана на использовании комплекса современных теоретических методов, применяемых в работе. Достоверность полученных результатов подтверждается верификацией данных математического моделирования по разработанным моделям в сравнении с результатами расчетных оценок из различных источников.

### **Научная и практическая значимость результатов диссертации**

**Научная** значимость работы заключается в разработанном в ходе настоящего исследования комплексе математических моделей единичных процессов, стадий и полного жизненного цикла в целом силовых установок, использующих различные альтернативные моторные топлива, полученные из природного газа: КПГ, СПГ, метаноле, диметиловом эфире, синтетическом дизельном топливе и водороде.

Научную ценность работы также представляет предложенная комплексная методика оценки эколого-экономического эффекта в полном жизненном цикле, позволяющая производить оценку негативного воздействия на окружающую среду различных типов силовых установок городских автобусов и других транспортных средств, работающих на альтернативных моторных топливах, полученных из природного газа.

#### **Практическая** значимость работы:

Использование на практике предлагаемой комплексной методики оценки эколого-экономического эффекта в полном жизненном цикле, а также результатов проведенных расчетных исследований с помощью разработанных математических моделей, позволяют оценить энергетическую эффективность, уровень негативного воздействия на окружающую среду различных типов силовых установок, технико-экономическую эффективность применения альтернативных топлив, полученных из природного газа, и конкурентоспособность силовых установок, работающих на альтернативных топливах, полученных из природного газа. На основе результатов диссертационного исследования можно сделать заблаговременный выбор наилучшего альтернативного топлива еще на стадии концепции силовой установки.

Созданные в ходе настоящего исследования комплекс математических моделей, комплексная методика, результаты расчетных исследований применяются в ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» и НТЦ ПАО «КАМАЗ» при проведении прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, а также научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, что подтверждается актами внедрения.

Работа прошла значительную апробацию на научно-исследовательских конференциях и научных форумах.

#### **Опубликованность результатов диссертационной работы в научной печати**

Основные научные результаты опубликованы в четырех работах в действующих изданиях, входящих в «Перечень рецензируемых научных журналов», рекомендованных ВАК РФ.

Содержание всех выводов по диссертации и всех положений, выносимых на защиту, полностью раскрыто в публикациях соискателя.

## **Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК**

Требования ВАК РФ к оформлению диссертации и автореферата выполнены.

### **Оценка содержания диссертационной работы**

**В главе 1** представлен обзор и анализ отечественных и зарубежных исследований по перспективам использования альтернативных топлив, полученных из природного газа, технологиям получения различных альтернативных топлив, проблемам повышения энергоэффективности силовых установок, работающих на альтернативных топливах, полученных из природного газа, применению альтернативных топлив с точки зрения полного жизненного цикла и использованию методик оценки в полном жизненном цикле. Отмечены преимущества и недостатки имеющихся методик оценки продукции по ПЖЦ.

По результатам аналитической работы были сформированы задачи исследования, решению которых посвящены остальные главы диссертации.

**В главе 2** представлен комплекс функциональных и математических моделей процессов, стадий и полного жизненного цикла в целом силовых установок, использующих в качестве топлива: компримированный природный газ; сжиженный природный газ; метанол; диметиловый эфир; синтетическое дизельное топливо и водород. Приведена последовательность алгоритма проведения инвентаризационного анализа полного жизненного цикла (методика).

**В главе 3** показана верификация разработанного комплекса математических моделей путем сравнения данных математического моделирования по разработанным моделям с опубликованными данными расчетных оценок из различных источников.

Приведены результаты расчетных исследований показателей силовых установок на каждой стадии и в полном жизненном цикле в целом при использовании альтернативных топлив, полученных из природного газа. В качестве объекта исследования принята дизельная силовая установка. Помимо базового варианта рассматривались силовые установки, работающие на КПГ, на СПГ, по газодизельному циклу (КПГ+ДТ), на метаноле, на ДМЭ, на синтетическом ДТ, на водороде, на водороде на базе водородного топливного элемента. Отмечено, что наименьшие затраты энергии в ПЖЦ у силовой установки, работающей по газодизельному циклу (на 5% ниже по сравнению с дизельной силовой установкой), применение метанола в качестве топлива способствует снижению приведенного выброса токсичных веществ в ПЖЦ на 32%, работа силовой установки по газодизельному циклу - на 29%, применение КПГ и СПГ - на 6-8% в сравнении с дизельным топливом. Результаты расчетных исследований приведенного выброса парниковых газов за ПЖЦ показали, что работа силовой установки по газодизельному циклу обеспечивает его снижение на 19%, на метаноле - на 12%, на КПГ и СПГ - до 4% по сравнению с силовой установкой, работающей на дизельном топливе.

**В главе 4** представлена комплексная методика оценки эколого-экономического эффекта в полном жизненном цикле силовых установок городских автобусов, работающих на альтернативных моторных топливах, полученных из природного газа. Показаны результаты оценки эколого-экономического эффекта в ПЖЦ силовых установок городских автобусов, работающих на альтернативных моторных топливах, полученных из природного газа. Положительный эколого-экономический эффект в ПЖЦ получен от применения силовых установок, работающих: на КПГ в размере 3,3

млн руб.; на СПГ в размере 3,7 млн руб.; по газодизельному циклу в размере 3,5 млн руб. в сравнении с силовой установкой, работающей на дизельном топливе. В заключении представлены основные выводы и результаты поисследованию, среди которых следует выделить:

- комплекс математических моделей полного жизненного цикла силовых установок, работающих на альтернативных моторных топливах, полученных из природного газа: КПГ, СПГ, метаноле, ДМЭ, синтетическом ДТ и водороде, который позволяет рассчитывать энергетические и материальные потоки в ПЖЦ силовых установок, определять расход затрачиваемых природных ресурсов, энергии, выбросы токсичных веществ и парниковых газов в окружающую среду, сравнивать различные варианты топлив и выбирать наиболее эффективные с учетом ПЖЦ.
- результаты расчетных исследований (по разработанным математическим моделям) показателей силовых установок в ПЖЦ при использовании альтернативных моторных топлив, полученных из природного газа, необходимые для сравнительной оценки и выбора наиболее перспективных видов моторных топлив по критериям энергетической эффективности и уровню загрязнения окружающей среды токсичными веществами и парниковыми газами.
- комплексную методику, позволяющую провести инвентаризационную оценку материальных и энергетических потоков в ПЖЦ силовой установки и расчет эколого-экономического эффекта на всех стадиях полного жизненного цикла силовой установки путем исследования экономической эффективности и расчета предотвращенного экологического ущерба, наносимого окружающей среде в результате применения альтернативных топлив.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. При рассмотрении нефтяных и альтернативных топлив не попали в перечень рассматриваемых топлив попутные газы (пропан, бутан), для которых в перспективе рассматривается расширение использования в качестве топлива для ДВС.
2. Представленные результаты по затратам энергии на стадии получения (рис. 3.34 диссертации или рис.2 автореферата) приводятся без дополнительных пояснений и зависимостей, по которым они получены. В результате они воспринимаются как потребность в затратах энергии на добычу, которая превышает на 20% получаемую энергию и делает процесс добычи бессмысленным.
3. При оценке затрат энергии в полном жизненном цикле силовых установок (рис. 3.22 диссертации или рис.3 автореферата) приведенная размерность г/кВт\*ч не соответствует размерности энергии и из диссертации не ясен физический смысл представленных потерь 8...12 г/кВт\*ч на стадии использования топлива в полном жизненном цикле.
4. Выполняя эколого-экономическую оценку в полном жизненном цикле, автор рассматривает стоимости различных двигателей (табл.4.3 диссертации) и не понятно, почему при проведении анализа стоимость двигателя, работающего на дизельном топливе, принимается 664812 руб., а на газе - 478640 руб., т.е. на 186172 руб. меньше. С чем связана такая большая разница в стоимости?
5. Из текста диссертации не ясно, какая силовая установка сравнивается с установкой на водороде (рис. 4.13 диссертации), затраты на приобретение которой превышают 10 млн. руб.

## **Заключение**

Отмеченные недостатки и замечания не снижают научной и практической значимости, а также научной ценности выполненной работы.

Диссертация Миренковой Елены Александровны является актуальной и завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи комплексной оценки экологической безопасности, энергоэффективности и экономической эффективности силовых установок, работающих на альтернативных топливах, полученных из природного газа, в полном жизненном цикле.

Диссертация Миренковой Елены Александровны, представленная к соисканию ученой степени кандидата технических наук, соответствует научной специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели.

В целом по актуальности, научной новизне, объему материалов, научной ценности теоретических и экспериментальных исследований, а также практическому значению полученных результатов выполненная работа отвечает 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 кандидата технических наук, а ее автор Миренкова Елена Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели.

Официальный оппонент,  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры «Теплотехника  
и автотракторные двигатели»  
ФГБОУ ВО «Московский  
автомобильно-дорожный  
государственный технический  
университет (МАДИ)»

/ Андрей Александрович Савастенко /

Кандидатская диссертация по специальности 05.04.02 - Тепловые двигатели.

Подпись А.А. Савастенко удостоверяю

Ученый секретарь Ученого совета МАДИ, к.т.н., доцент

/ С.В. Зайцев /

30.10.2019



ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»  
125319, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 64.  
Тел. 8 (903) 128-25-13, e-mail: dozentrudn@mail.ru