



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

*федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования*

**«Алтайский государственный
технический университет
им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ)**

пр-т Ленина, 46, г. Барнаул, 656038

Телефон: (3852) 29-07-10

Факс: (3852) 36-78-64

E-mail: politeh@altgtu.ru

<http://www.altgtu.ru>

ОКПО 02067824

ОГРН 1022201517854

ИНН/КПП 2224017710/222401001

05.03.2025 № МехО-54-427

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и
инновационной работе
ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический
университет
им. И.И. Ползунова»,
кандидат химических наук,
доцент

Беушев А.А.

«07» / «03» 2025 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова» (ФГБОУ ВО «АлтГТУ») на диссертационную работу
Наумова Алексея Владимировича
на тему «Снижение тепловой и механической нагруженности
конвертированного дизеля в составе инверторной энергоустановки»,
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 2.4.7 – «Турбомашины и поршневые двигатели»

Актуальность темы исследования

В современных условиях в отрасли малой энергетики Российской Федерации актуальными являются задачи повышения эффективности энергоустановки, в первую очередь, топливной экономичности. Одним из способов решения проблемы повышения энергоэффективности средств малой энергетики является создание и внедрение инверторных гибридных энергоустановок, включающих дизель-генератор (ДГ), работающий с оптимальной, с точки зрения топливной экономичности, частотой вращения, зависящей от нагрузки. Снижение частоты вращения при сохранении номинальной мощности из стандартного ряда влечет повышение крутящего момента, средних и максимальных значений давления и температуры газов в камере сгорания (КС), что негативно отражается на показателях надежности дизеля. Решение задач по снижению тепломеханической нагруженности

элементов первичного ДВС, по мнению автора, может быть достигнуто уменьшением геометрической степени сжатия при одновременном повышении давления наддува. Однако снижение степени сжатия требует решения проблемы ухудшения пусковых качеств первичного двигателя.

В соответствии с вышеизложенным тема диссертационного исследования Наумова А. В., посвященная снижению тепловой и механической нагруженности конвертированного дизеля в составе инверторной энергоустановки, является актуальной, имеет перспективы к дальнейшему развитию, а её результаты представляют большой теоретический и практический интерес.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация Наумова А. В. на соискание ученой степени кандидата технических наук состоит из введения, пяти глав и заключения, списка литературы, включающего 272 наименования использованных работ отечественных и зарубежных авторов, и двух приложений. Диссертация изложена на 190 страницах машинописного текста, содержит 7 таблиц и 89 рисунков.

Во **введении** автором обоснована актуальность темы диссертации, показана степень её разработанности, сформулированы цели и задачи, изложены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, основные методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и сведения об апробации и публикации результатов работы.

В **первой главе** содержатся результаты анализа современного состояния разработки и производства поршневых ДВС для средств малой и возобновляемой энергетики, исследований в области совершенствования инверторных ДГ, особенностей функционирования дизелей в их составе, методов обеспечения нормативных пусковых качеств поршневых ДВС, методов математического моделирования процессов первичных дизелей в составе энергоустановок. Сформулирована научная проблема, решаемая в исследовании: разрешение противоречия, заключающегося в противоположном влиянии частоты вращения коленчатого вала ДВС в составе инверторной энергоустановки на показатели его топливной экономичности и тепломеханической нагруженности. Предложена гипотеза исследования: научная проблема может быть решена путем снижения геометрической степени сжатия двигателя при одновременном повышении давления наддува с учетом необходимости обеспечения нормативных значений пусковых качеств. Основными критериями тепловой и механической нагруженности двигателя, по мнению автора, являются: максимальные значения давления и температуры рабочего цикла;

температура характерных точек поршня и отработавших газов до и после турбины.

Вторая глава посвящена совершенствованию методов математического моделирования процессов дизеля в составе инверторной энергоустановки. Автором предложена и обоснована зависимость термического КПД цикла Тринклера от степени сжатия поршневой части и компрессора с учетом ограничения максимального давления. Выявлены зависимости предельных величин степеней повышения давления и последующего расширения, исходя из условия роста максимально возможной величины термического КПД при снижении степени сжатия поршневой части. С применением разработанной феноменологической модели, включающей новые уравнения для определения относительного изменения показателей процессов в зависимости от степени сжатия, показано, что одновременное уменьшение геометрической степени сжатия и увеличение давления наддува влекут уменьшение нагрузок на основные детали цилиндра-поршневой группы дизеля.

В третьей главе приведены описание разработанной экспериментальной установки, методика экспериментального исследования дизеля на базе 4ЧН15/20,5 (Д 180), конвертированная модификация которого используется в качестве первичного двигателя в составе энергоустановки ДГУ100С.

В четвертой главе приведены результаты натурных испытаний первичного конвертированного дизеля 4ЧН15/20,5 и их анализ. Обоснована эффективность технического решения, заключающегося в снижении степени сжатия при одновременном повышении давления наддува, с учетом необходимости обеспечения требуемых пусковых качеств ДВС в составе инверторной энергоустановки. Реализация оптимального алгоритма управления частотой вращения коленчатого вала позволяет снизить текущий и эксплуатационный расход топлива. Снижение степени сжатия при прочих равных условиях приводит к улучшению экологических характеристик первичного дизеля. Предлагаемое техническое решение позволяет повысить ресурс первичного двигателя.

Содержание данной главы является одним из существенных признаков научной новизны диссертационной работы.

В пятой главе выполнено технико-экономическое обоснование предлагаемого технического решения на примере инверторной энергоустановки. Автором показан годовой экономический эффект 408 тыс. руб., что составляет 3,67 % от затрат на топливо и расход ресурса базовой энергоустановки.

В заключении приведены выводы, отражающие основные итоги диссертационной работы. Приведенные результаты сформулированы, соответствуют целям и задачам исследования, отражают её научную новизну, практическую ценность и перспективы дальнейшей разработки.

Материалы автореферата полностью отражают содержание диссертации, охватывают все разделы и отвечают требованиям ВАК РФ. Диссертация и автореферат написаны ясным, грамотным научным языком.

Научная новизна полученных результатов

Новыми научными результатами, которые были получены автором при выполнении диссертационного исследования, являются зависимости, связывающие термический КПД цикла Тринклера со степенью сжатия поршневой части и компрессора и максимальным давлением цикла; зависимости для определения относительного изменения периода задержки воспламенения топлива в камере сгорания, показателя характера тепловыделения в уравнении И.И. Вибе и критерия теплонапряженности дизеля от относительного изменения геометрической степени сжатия и давления наддува; экспериментальные зависимости показателей топливной экономичности и тепломеханической нагруженности от его конструктивных и режимных параметров; экспериментальная зависимость пусковых качеств двигателя от степени сжатия и мощности электронагревателей во впускном коллекторе при различных температурах окружающей среды, полученная по результатам исследований в климатической камере.

Новизна предлагаемых технических решений подтверждается патентом на полезную модель и свидетельством о регистрации программы для ЭВМ.

Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертации

Теоретическая значимость работы, по-нашему мнению, заключается в теоретическом обобщении результатов исследования процессов в системах и механизмах конвертированного первичного ДВС на режимах эксплуатации инверторного дизель-генератора, что дает возможность их использования при решении широкого спектра научных задач в области энергетического машиностроения, связанных с повышением топливной экономичности, надежности, обеспечением пусковых качеств ДВС в составе энергетических установок.

Значимый практический результат исследования составляют – техническое решение по снижению степени сжатия при одновременном повышении давления наддува с учетом обеспечения требуемых пусковых качеств ДВС в составе инверторной энергоустановки; методы расчетного и экспериментального определения рациональных величин степени сжатия и давления наддува ДВС в составе инверторной энергоустановки;

рекомендации по способам обеспечения требуемых пусковых качеств ДВС в составе инверторной энергоустановки; программное обеспечение для определения влияния степени сжатия на показатели рабочих процессов в камере сгорания дизеля.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность результатов подтверждена валидацией разработанных математических моделей с использованием данных экспериментальных исследований, применением аттестованного испытательного оборудования и методов стендовых и пусковых испытаний, соответствующих нормативно-техническим документам, сопоставлением результатов с данными других исследователей.

Результаты диссертационного исследования обсуждались на научных конференциях и семинарах, они с достаточной полнотой изложены в 26 печатных работах, в том числе, в трех работах, опубликованных в научных рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК Минобрнауки РФ, а также в двух работах, входящих в международные базы данных Scopus.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты исследования используются в ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», ООО «ЧТЗ-УРАЛТРАК», филиале ФГКВОУ ВО «Военная академия МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва» МО РФ (г.Омск), ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет». Результаты исследования могут найти практическое применение в области двигателестроения, энергетического машиностроения при создании модификаций ДВС для работы в составе инверторных энергоустановок.

Личный вклад автора

На основании анализа содержания диссертации, публикаций можно утверждать, что научная новизна, все выносимые на защиту положения отражают личный вклад соискателя в проведенных научных исследованиях.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа Наумова Алексея Владимировича «Снижение тепловой и механической нагруженности конвертированного дизеля в составе инверторной энергоустановки» соответствует паспорту научной специальности 2.4.7 – «Турбомашины и поршневые двигатели», в частности, пунктам 1, 2.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе практически не упоминаются современные способы критериальной оценки уровня теплового состояния деталей двигателя, разработанные и внедренные в практику двигателестроения отечественными учеными (например, критерии Костина А.К., Стефановского Б.С., Розенблита Г.Б., Батурина С.А. и других авторов). В работе для оценки теплонапряженности двигателя было бы целесообразным и достаточно обоснованным использование проверенного временем и практикой критерия теплонапряженности профессора ЛПИ Костина А.К., который учитывает геометрию деталей ЦПГ, параметры рабочего процесса, уровень форсирования двигателя и другие параметры рабочего процесса. Такие критерии позволили бы автору без проведения сложных расчетных исследований уже на стадии проектирования теплонапряженных деталей цилиндропоршневой группы двигателя (например, поршня) дать предварительную оценку уровня его теплонапряженности.

2. Из представленной диссертации не ясно, какими граничными условиями пользовался автор при расчете теплового состояния поршня дизеля 4ЧН 15/20,5 методом конечных элементов (МКЭ) и получил снижение температуры поршня над первым поршневым кольцом 35 – 45 К.

3. Утверждение автора, что (стр. 29 предпоследний абзац) «..... ДВС с переменной частотой вращения КВ работают в условиях повышенной, по сравнению с традиционными, механической и тепловой напряженности, что может негативно отразиться на их ресурсе.....», в диссертации ничем и никак не подтверждается.

4. В работе присутствуют нечеткие, слишком общие формулировки, например:

- непонятно, о каких математических моделях, о моделях каких процессов двигателя, в каких системах и механизмах идет речь (задачи исследования);

- в работе присутствует не совсем точный и, тем более, не раскрытый полностью термин «тепловая нагруженность» двигателя, который следовало бы заменить на «температурное состояние поршня», так как анализ теплонапряженности деталей цилиндропоршневой группы и других деталей исследуемого дизеля в полном объеме в работе не рассматривается;

- основные результаты исследования и сделанные на основании этого выводы, на наш взгляд, слишком растянуты, часть выводов неконкретны, некоторые – констатируют известные положения (например, на стр. 152 : «снижение степени сжатия при одновременном повышении давления наддува влечет уменьшение максимального давления газов в камере

сгорания, максимальной температуры газов в камере сгорания, температуры поршня над первым поршневым кольцом».

5. В материалах диссертации, по-нашему мнению, слишком большое внимание уделено оптимизации только одного параметра, характеризующего эффективность рабочего процесса дизеля – степени сжатия. При этом должного внимания не уделено другим важным параметрам (например, частота вращения и др.), определяющим степень эффективности рабочего процесса дизеля, его экономические и экологические показатели.

6. В работе не представлено ни одной характеристики исследуемого дизеля (скоростные, нагрузочные), которые бы позволили провести сравнительный анализ мощностных, экономических и экологических показателей дизеля 4ЧН15/20,5 в исходной комплектации и при измененной степени сжатия и давлении наддува.

7. Некоторую часть представленного теоретического материала можно отнести к общеизвестным для специалистов в данной отрасли знаниям (кинематика КШМ, анализ сил, действующих в КШМ) и, по-нашему мнению, можно было бы исключить из текста диссертации.

8. К сожалению, в работе имеются отдельные неточности при оформлении, написании формул и некорректное использование ряда технических терминов и выражений. Например, в выражении (1.8, стр. 39) коэффициент α_T – это коэффициент теплоотдачи, а не теплообмена; «ДВС может выполнять свои функции только, если он запустился» (стр. 28, абзац 3); в автореферате отсутствует страница 12; обозначение двигателя «4ЧН15/20,2» на с.14 автореферата.

Отмеченные замечания не снижают научной и практической ценности выполненных автором исследований и не ставят их под сомнение.

Заключение

Рассматриваемая диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором расчетных и экспериментальных исследований обосновано техническое решение по снижению теплового состояния и механических нагрузок деталей цилиндропоршневой группы конвертированного дизеля в составе инверторной энергоустановки, заключающееся в уменьшении геометрической степени сжатия двигателя при одновременном повышении давления наддува с обеспечением нормативных значений пусковых качеств.

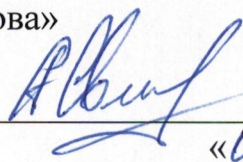
Диссертационная работа «Снижение тепловой и механической нагруженности конвертированного дизеля в составе инверторной энергоустановки» содержит новые научные результаты и положения,

соответствует критериям, установленным п.п. 9...14 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 16.10.2024) "О порядке присуждения ученых степеней" (изм. и доп. 01.01.2025), а её автор Наумов Алексей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7 – «Турбомашины и поршневые двигатели».

Отзыв утвержден на заседании кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова» (протокол № 07 от 04.03.2025 г.).

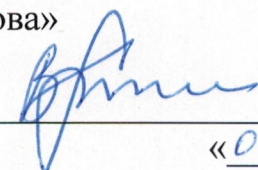
Отзыв составлен:

д.т.н., профессором
Свистулой Андреем Евгениевичем,
заведующим кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания»
ФГБОУ ВО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»


А.Е. Свистула
«04» марта 2025 г.

Докторская диссертация защищена
по специальности 05.04.02 – «Тепловые двигатели»

д.т.н., профессором
Синицыным Владимиром Александровичем,
профессором кафедры «Двигатели внутреннего сгорания»
ФГБОУ ВО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»


В.А.Синицын
«04» марта 2025 г.

Докторская диссертация защищена
по специальности 05.04.02 – «Тепловые двигатели»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
Адрес организации: 656038, Алтайский кр., г. Барнаул, пр. Ленина, 46
Рабочий телефон: +7(3852)29-07-10. Адрес эл. почты: politeh@altgtu.ru