

ХАРЬКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

ТРИНЁВ Александр Владимирович

**УЛУЧШЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ВЫПУСКНЫХ КЛАПАНОВ
ФОРСИРОВАННЫХ ТРАНТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ**

05.04.02 — Тепловые двигатели

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ХАРЬКОВ 1995



62.4
Диссертация является рукописью

Работа выполнена на кафедре „Двигатели внутреннего сгорания“ Харьковского государственного политехнического университета

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор АБРАМЧУК Ф. И.

Научный консультант — доктор технических наук, профессор МОЛДАВСКИЙ А. А.

Официальные оппоненты — доктор технических наук, профессор РОЗЕНБЛИТ Г. Б.
кандидат технических наук,
доцент ЕРЕМЕНКО С. Б.

Ведущая организация — Харьковский завод тракторных двигателей

Защита состоится „15“ ноября 1995 г. в 13³⁰ часов в ауд. 313 на заседании специализированного совета К02.15.03 по тепловым двигателям при Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта по адресу: 310050, г. Харьков-50, площадь Фейербаха, 7

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта

Автореферат разослан „6“ октября 1995 г.

ЛНБ ім. В. Стефаника

Ученый секретарь
специализированного совета

ПЕЛЕПЕЙЧЕНКО В. И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ, АКТУАЛЬНОСТИ И СТЕПЕНИ ИССЛЕДОВАННОСТИ ТЕМАТИКИ ДИССЕРТАЦИИ

Анализ работ, посвященных изучению нестационарных тепловых режимов деталей камеры сгорания дизелей показывает, что состояние исследования этих режимов в настоящее время находится в начальной стадии. Сказанное в полной мере можно отнести к выпускным клапанам, работающим в условиях низкочастотных режимных и высокочастотных цикловых теплосмен. Трещины термоусталостного характера на поверхности тарелки клапана свидетельствуют о том большом негативном влиянии, которое оказывают на работоспособность клапана нестационарные режимы, сопровождающиеся теплосменами.

Обоснованность такого предположения подтверждается, помимо теоретических исследований, многочисленными испытаниями тракторных и автомобильных двигателей в условиях эксплуатации.

Отсутствие информации о характере изменения температурного и напряженно-деформированного состояния выпускного клапана на переходных режимах сброса и наброса нагрузки, отсутствие соответствующих математических моделей, а также в большинстве своем термоусталостный характер повреждений клапанов подтверждают вывод об актуальности исследования нестационарного теплонапряженного состояния выпускных клапанов на переходных режимах.

ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Улучшение напряженно-деформированного состояния выпускных клапанов форсированных тракторных дизелей за счет уменьшения динамической составляющей термоупругих напряжений на переходных режимах сброса - наброса нагрузки и снижения температуры клапанов за счет использования локального воздушно-

го охлаждения является целью исследования. Для ее достижения в настоящей работе поставлены следующие основные задачи:

1. Разработка математической модели нестационарного теплового и напряженно-деформированного состояния выпускного клапана быстроходного дизеля и ее идентификация.

2. Расчетное исследование влияния конструктивных факторов на температурное поле и термоупругие напряжения в выпускном клапане.

3. Расчетно-экспериментальное исследование влияния локального воздушного охлаждения клапанного узла (клапан, седло, направляющая втулка) на снижение теплонапряженности выпускного клапана.

4. Разработка практических рекомендаций по снижению теплонапряженности выпускных клапанов быстроходных дизелей.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО НАУЧНОЙ НОВИЗНЫ

Теоретическая ценность диссертационного исследования определяется в основном разработкой адекватной математической модели нестационарного теплонапряженного состояния выпускного клапана быстроходного дизеля на переходных режимах сброса - наброса нагрузки. При этом в ходе расчетно-экспериментальных исследований впервые получены управляющие временные функции, задающие изменения граничных условий в задаче теплопроводности, уточнены в ходе решения на ЭВМ обратные задачи теплопроводности граничные условия для установившихся частичных и номинальных режимов.

Практическая ценность проведенной работы сводится к следующему. Разработанные математические модели нелинейной нестационарной теплопроводности и термоупругости вариантов выпускных клапанов могут быть использованы в качестве эле-

ментов системы автоматического проектирования ДЭС.

Полученная информация о характере изменения термоупругого состояния выпускного клапана на переходных режимах позволяет наметить пути устранения динамических забросов напряжения. С этой целью может быть, например, рекомендована пустотелая конструкция клапана.

Проведенная расчетно-экспериментальная оценка эффективности системы локального воздушного охлаждения клапанного узла для снижения теплонпряженности клапана позволяет рекомендовать указанный способ охлаждения как в случае высоких форсировок дизелей ($N_d \geq 25$ кВт/л), так и при необходимости замены дорогостоящих легированных сталей на дешевые клапанные стали с низкой жаростойкостью.

Научную новизну исследования составляют следующие положения.

Впервые разработаны математические модели нелинейной нестационарной теплопроводности и термоупругости выпускных клапанов различного конструктивного исполнения (сплошной, пустотелый, с упрочняющей наплавкой на опорной фаске, охлаждаемого воздухом), позволяющие выполнить расчетные исследования теплового и напряженно-деформированного состояния указанных вариантов клапанов с учетом их геометрии, свойств материала, уровня и режимов изменения нагрузки.

Получены количественные значения забросов и просадок термоупругих напряжений в наиболее нагруженных участках сечения клапана при набросах и сбросах нагрузки быстроходного двигателя, исследованы условия возникновения забросов термоупругих напряжений для сплошного варианта клапана.

Расчетно-экспериментальным путем установлено, что выполнение внутренней полости в стержне и тарелке клапана уст-

раняет динамический заброс термоупругих напряжений на переходных режимах.

Проведена экспериментальная оценка эффективности локального воздушного охлаждения клапанного узла на стационарных и нестационарных режимах нагружения.

Проведена расчетная оценка усталостной прочности выпускных клапанов с учетом динамического характера размахов термоупругих напряжений в цикле сброса и наброса нагрузки. Показано, что определяющую роль в разрушении клапана играют низкочастотные аперiodические нагружения на переходных режимах.

УРОВЕНЬ РЕАЛИЗАЦИИ, ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК

Диссертация выполнена в соответствии с государственной программой "Моторерам" (постановление ЦКНТ СССР N 869 P от 18.05.1989 г.). В настоящее время взятое направление продолжается в рамках украинской программы "Моторерам" (программа "Моторерам" ЦКНТ Украины 7.04.01.66).

Результаты расчетно-экспериментальных исследований по теплонапряженному состоянию выпускных клапанов быстроходных дизелей на стационарных режимах нагружения, методика термометрирования выпускного клапана на переходных режимах сброса - наброса нагрузки внедрены на предприятии ХКЕД ЦО "Завод им. Малышева", что подтверждается актом внедрения.

АПРОБАЦИЯ И ПУБЛИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ,

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы доложены на 2-х международных научно-технических конференциях ("Компьютер: наука, техника, технология, здоровье" Харьков - Милшкольц 1993, 1994 г.г.), а также на научно-технических конференциях преподавателей и сот-

рудников ХИИТа (1992, 1994 гг.) и ХПИ (1993, 1994 гг.).

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 6 печатных работ, получено 5 авторских свидетельств СССР и патент Российской Федерации.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных литературных источников и приложения. Работа содержит **223** страниц основного текста, **26** таблицы и 52 рисунка.

**ЛИЧНЫЙ ВКЛАД В РАЗРАБОТКУ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ,
ВЫНОСИМЫХ НА ЗАЩИТУ**

Автором получены следующие новые теоретические и практические результаты, которые выносятся на защиту:

1. Математическая модель нестационарного теплонпряженного состояния выпускного клапана быстроходного дизеля, позволяющая рассчитывать значения термоупругих напряжений в клапане на переходных режимах сброса - наброса нагрузки.

2. Результаты расчетного исследования влияния конструктивных факторов на нестационарное температурное поле и нестационарные термоупругие напряжения на переходных режимах.

3. Результаты расчетно-экспериментального исследования влияния локального воздушного охлаждения клапанного узла (клапан, седло, направляющая втулка) на улучшение его теплонпряженного состояния.

4. Технические решения и практические рекомендации, направленные на снижение теплонпряженности выпускных клапанов быстроходных дизелей на форсированных режимах и в условиях нестационарных низкочастотных нагружений. Предложенные решения защищены пятью авторскими свидетельствами и патентом.

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОЛОГИИ, МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ

ПРЕДМЕТА И ОБЪЕКТА

При выполнении диссертационной работы предполагался системный подход к решению поставленной в исследовании проблемы, что выражается в комплексном анализе условий снижения теплонапряженности выпускных клапанов форсированных дизелей, в разработке новых научных положений, базирующихся на фундаментальных положениях теории упругости и теплопередачи в дизелях, в использовании апробированных численных методов решения задач нестационарной теплопроводности и термоупругости.

Вынесенные на защиту новые научные положения, а именно математическая модель нестационарного теплонапряженного состояния выпускных клапанов и полученные с ее помощью решения, не противоречат фундаментальным положениям теории упругости и теплопередачи, а лишь расширяют представления о динамике термоупругих напряжений в теле клапана на переходных режимах.

Метод проведенного исследования можно охарактеризовать как расчетно-экспериментальный.

Предметом исследования, как следует из вышеизложенного, является нестационарное теплонапряженное состояние, а объектом исследования - выпускные клапаны быстроходных дизелей тракторного типа, в частности дизелей семейства СМД.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ, ВЫТЕКАЮЩИЕ

ИЗ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Текст рукописи диссертационной работы содержит основные результаты диссертационного исследования. При этом во введении обоснована тема диссертационной работы, дана ее общая характеристика, сформулированы цель и задачи исследования, приведены положения, которые выносятся на защиту.

В основу диссертационной работы положены теоретические

труды и прикладные разработки научных школ и коллективов: ХГТУ (ХПИ), МГТУ, С-ПГТУ, ХГАЖТ (ХИИТ), ГСКБД, ИГМаш НАН Украины, ИПП НАН Украины, ИГМ НАН Украины и др. организаций Украины, а также зарубежных стран.

Диссертационная работа явилась результатом сотрудничества автора с коллективом ученых кафедры ДВС ХГТУ и ИГМаш НАН Украины.

В первой главе приведен анализ известных численных методов, используемых при решении нестационарных задач теплопроводности и упругости при исследовании теплового и напряженно-деформированного состояния деталей камеры сгорания двигателя. Обоснован выбор метода конечных элементов (МКЭ).

Решения задач теплопроводности и термоупругости осуществляется с использованием программного комплекса КРОК, разработанного в ИГМаш НАН Украины и использовавшегося ранее для решения подобных нестационарных задач.

Применительно к осесимметричной задаче теплопроводности, решаемой с помощью МКЭ, на основе уравнения нестационарной теплопроводности составляется функционал, минимизацией которого находится искомое температурное поле клапана. Функционал содержит управляющие функции, зависящие от времени и задаваемые для изменения граничных условий по участкам границы расчетной области.

Решение нестационарной задачи теплопроводности осуществляется с помощью неявной схемы Крэнка-Николсона.

Для расчета нестационарных термоупругих напряжений используется вариационный принцип Лагранжа.

Во второй главе приведены основные результаты экспериментальных исследований на моторном стенде тракторного дизеля СМД-18Н, проведенные для идентификации разработанных ма-

тематических моделей нестационарного теплонапряженного состояния выпускного клапана, а также для количественной оценки эффективности локального воздушного охлаждения клапанного узла и связанных с этим энергетических затрат.

Были проведены сравнительные испытания серийного неохлаждаемого и охлаждаемого воздухом клапанов на установившихся и на переходных режимах, в ходе которых регистрировалась температура клапана в контрольных точках и соответствующие рабочие параметры охлаждающего воздуха. Переходные режимы при этом моделировались сбросом и набросом нагрузки в пределах от режима холостого хода ($N_{\text{э}} = 0$ кВт, $n = 800$ мин⁻¹, $n = 1600$ мин⁻¹) и до режима номинальной мощности ($N_{\text{э}} = 74$ кВт, $n = 1800$ мин⁻¹).

Экспериментальная установка представляла собой моторный стенд тракторного дизеля СМД-18Н (4СН12/14), укомплектованный штатными системами и агрегатами. Изменения, внесенные в конструкцию корпусных деталей, сводились к следующему. При снятой технологической заглушке в теле головки и в предварительно дообработанной направляющей втулке выпускного клапана 4-го цилиндра было выполнено сквозное резьбовое отверстие, в которое ввинчивалась воздухоподводящая втулка.

Охлаждающий воздух по воздухоподводящей втулке поступает от компрессора в полость, образованную внутренней расточкой в направляющей втулке и стержнем клапана, и по сверлениям в теле клапана вытекает в выпускной тракт. Система локального воздушного охлаждения включала также расширительный бачок с термометром и манометром, установленными для контроля параметров воздуха на входе в клапан, и установленный перед расширительным бачком расходомер охлаждающего воздуха.

В качестве термоэлектродов для термопар использовались

пара хромель-алюмель. Термопары были установлены в 4-х контрольных точках.

Токоосъем осуществлялся с помощью прерывистого токоосъемника, смонтированного на дообработанной для этого тарелке клапана.

Обработка первичных сигналов (термо-ЭДС) от термопар производилась при помощи тензометрической системы СИИТ-3, доукомплектованной специальной приставкой для термометрирования с быстродействием - 20 измерений в секунду.

По результатам термометрирования были построены зависимости температуры выпускного клапана от нагрузки для неохлаждаемых и охлаждаемых вариантов клапанов, а также динамические температурные кривые для режимов сброса и наброса нагрузки.

Проведена оценка погрешностей измерений, получены эмпирические формулы, описывающие законы изменения температуры на переходных режимах от времени.

В третьей главе приводятся результаты расчетно-экспериментального исследования влияния конструктивных и режимных факторов на теплонапряженное состояние неохлаждаемого выпускного клапана.

В исследовании рассмотрены влияние материала клапана, наличие специальной наплавки на опорной фаске и влияние внутренней полости в клапане на величину термоупругих напряжений.

Решению нестационарной задачи теплопроводности предшествовал анализ температурного состояния клапана на стационарных режимах: номинальной мощности, частичных и холостого хода. В ходе проводившегося анализа ставились задачи уточнения коэффициента теплоотдачи α_{Σ} и результирующей по теплоот-

даче $t_{г\text{рез}}$ температуры.

В первых вариантах расчета температурного поля значения α_{Σ} и $t_{г\text{рез}}$ со стороны камеры сгорания задавались на основании расчетно-экспериментальных исследований нестационарных режимов, проведенных Ф.И. Абрамчуком и Г.В. Розенблитом для дизелей семейства СМД. Значение коэффициента контактного теплообмена, усредненного за цикл, определялось по формуле Г.В. Розенблита, учитывающей прерывистый характер контакта, переменный закон изменения давления в контакте в течение цикла, а также шероховатость контактирующих поверхностей и присутствие дымовых газов в межконтактном промежутке. Граничные условия теплообмена в дальнейшем уточнялись расчетом на ЭВМ при решении обратной задачи теплопроводности с использованием температурных полей клапанов, полученных в эксперименте.

При анализе стационарного теплонапряженного состояния детали с любой сложной геометрией наиболее объективным критерием прочности является критерий Циссеренко-Лебедева. Напряженное состояние материала определяется при этом как функция касательных напряжений и максимального нормального. При этом главное нормальное напряжение (интенсивность) определяется по формуле

$$\sigma_1 = \sqrt{2} \sqrt{\frac{1}{2} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 \right]},$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - главные напряжения. Интенсивность напряжений позволяет с учетом всех компонентов тензора напряжений оценить уровень напряженности в той или иной зоне детали, однако не дает возможности учесть знакопеременный характер нагрузки. Для тел вращения, каковым является выпускной клапан, наибольший вклад в формирование напряженного состояния вносят окружные напряжения. Знакопеременный характер окружных

напряжений позволяет оценить величину размахов напряжений, т.е. амплитуду напряжений в цикле сброс - наброс нагрузки. Поэтому, основываясь на вышеизложенное, анализ напряженно-деформированного состояния клапана на стационарных режимах нагружения проводится по интенсивностям напряжений и окружным напряжениям, а анализ нестационарных режимов нагружения по величине окружных напряжений.

Для анализа теплонапряженного состояния выпускного клапана дизеля СМД-18Н был выбран режим номинальной мощности с $P_e = 0,773$ МПа и форсированный режим с $P_e = 1,2$ МПа, соответствующий форсированному по мощности дизелю СМД-23. Температурное поле на форсированном режиме восстанавливается по нагрузочным характеристикам, полученным в ходе эксперимента для серийного клапана, путем экстраполяции в область повышенных P_e .

Температурное поле серийного (сплошного) клапана на номинальном режиме является типичным по виду изотерм для выпускных клапанов быстроходных дизелей. Уровень температур тарелки клапана достаточно высок ($720 + 750$ °С), что свидетельствует о недостаточном теплоотводе через седло серийного клапана.

Термоупругие напряжения, если судить по интенсивности напряжений, далеки от критических на номинальном режиме ($\sigma_1 = 200$ МПа при $t^\circ = 700$ °С) и приближаются к ним на форсированном режиме ($\sigma_1 = 60 + 81,5$ МПа, $\sigma_e = 100$ МПа при $t^\circ = 900$ °С). Среди компонентов тензора напряжений преобладают окружные и радиальные напряжения.

При сбросах и набросах нагрузки быстроходного дизеля обнаружены заметные забросы и просадки термоупругих напряжений (Рис.1). Например, такие забросы и просадки в зоне кром-

ки серийного клапана превышают уровень напряжений на установленных режимах в 3 + 5 раз, имеют знакопеременный характер с размахом до 260 МПа.

При перспективном форсировании дизеля 4ЧН12/14 до литровой мощности $N_{л} = 16,3 + 20,5$ кВт/л (дизели СМД-22, СМД-31) температура тарелки клапана достигает $900 + 950$ °С, а размахи термоупругих напряжений $350 + 370$ МПа.

Впервые обнаружено, что в пустотелых неохлаждаемых клапанах в цикле сброса - наброса нагрузки динамический размах окружных напряжений уменьшается по сравнению с серийным клапаном для точек на кромке в 10 раз, а для других термически нагруженных точек тарелки в среднем в 3 раза (Рис.2). Наличие замкнутой полости устраняет опасный с точки зрения усталостных разрушений знакопеременный характер окружных напряжений.

С использованием расчетной методики А.Ф. Шеховцова проведена сравнительная оценка относительной долговечности зоны кромки серийного, охлаждаемого и пустотелого клапанов.

Применение пустотелой конструкции, устраняющей, как отмечалось ранее, опасный размах напряжений, на порядок снижает относительную величину накопленных повреждений (0,0469 против 0,81126) по сравнению с серийным клапаном. Как следует из проведенных расчетов, пустотелый клапан целесообразно применять на форсировках, ограниченных величиной $N_{л} = 20 + 22$ кВт/л. Дальнейшее форсирование рабочего процесса приводит к росту рабочих температур серийного клапана ($900 + 950$ °С), а у пустотелого клапана эти температуры в среднем на $40 + 50$ ° выше. При таком уровне температур причиной разрушения могут стать не только термоусталостные, но и стационарные нагружения, т.к. $\sigma_{с}$ и $\sigma_{ос}$ заметно снижаются с

ростом температуры от 700 °С и выше.

В четвертой главе выполнено расчетно-экспериментальное исследование теплового и напряженно-деформированного состояния выпускного клапана, охлаждаемого воздухом.

Для проверки адекватности расчетной модели охлаждаемого клапана выполнено его термометрирование на моторном стенде для стационарных и нестационарных режимов нагружения при избыточном давлении охлаждающего воздуха на входе в клапан $P_B = 0,1 + 0,3$ МПа и изменяющемся в зависимости от нагрузки давлении за клапаном P_T . Давление P_T (абсолютное) для исследуемых нагрузочных режимов дизеля СМД-18Н изменяется в пределах $P_T = 0,11 + 0,16$ МПа.

Для режимов с $P_B = 0,1$ МПа и $n = 1600$ мин⁻¹ снижение температуры при нагрузке, близкой к номинальной ($P_B = 0,783$ МПа), $P_T = 0,16$ МПа) по контрольным точкам составило (Рис.3): точка 1 - 157 °С, точка 2 - 114 °С, точка 3 - 180 °С.

Вследствие интенсивного охлаждения центральной части пустотелой тарелки направленным потоком воздуха, температура в центре (точка 1 на Рис.3) становится ниже, чем на периферии (точка 2), в среднем на 20 + 25 °С, что свидетельствует о большем влиянии на этот участок поверхности тепловода с охлаждающим воздухом, по сравнению с тепловодом через седло. Дальнейшее повышение давления P_B до значений 0,2 + 0,3 МПа приводит еще к большему снижению температуры в контрольных точках.

В работе проведена оценка энергетических затрат дизеля на функционирование системы локального воздушного охлаждения. Предполагается, что источником сжатого воздуха является приводной поршневой компрессор, создающий на входе в систему локального воздушного охлаждения избыточное давление $P_B =$

0,1 + 0,3 МПа. Значения расходов охлаждающего воздуха G_B в пересчете на 4-е выпускных клапана (дизель СМД-18Н) определявшиеся в эксперименте, изменяются в зависимости от нагрузки и давления P_B . Так, например, при наиболее оптимальном значении $P_B = 0,15$ МПа на режиме с $n = 1600$ мин⁻¹ в зависимости от нагрузки $G_B = 14,4 + 18$ г/с. На тех же режимах расход воздуха через дизель составляет $G_B = 120 + 140$ г/с. Ухудшение экономичности, вызванное энергетическими затратами на привод компрессора составит $\Delta g_e = 1,6 + 2$ г/(кВт·ч). В то же время снижение температуры клапана в наиболее нагретых участках тарелки по данным термометрии достигает $\Delta t^{\circ} = 150 + 200^{\circ}\text{C}$.

Нестационарное состояние охлаждаемого клапана исследовалось на переходных режимах сброса - наброса нагрузки ($N_e = 66,3$ кВт, $n = 1800$ мин⁻¹ \leftrightarrow $n = 800$ мин⁻¹) при давлении охлаждающего воздуха $P_B = 0,1$ МПа. При выбранных режимных параметрах переходного процесса отсутствуют забросы и просадки напряжений по отношению к статической составляющей. Изменение окружных напряжений в наиболее нагруженных точках имеет плавный характер.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель нестационарного напряженно-деформированного состояния выпускного клапана быстроходного дизеля для переходных процессов сброса - наброса нагрузки.

2. При сбросе и набросе нагрузки быстроходного дизеля обнаружены существенные забросы и просадки термоупругих напряжений. Например, такие забросы в зоне кромки зернистого клапана превышают уровень напряжений на установившемся режиме в 3 + 5 раз, имеют знакопеременный характер с размахом до 260 МПа.

3. При перспективном форсировании дизеля 4ЧН12/14 до литровой мощности $N_{л} = 16,3 + 20,5$ кВт/л (дизели СМД-22, СМД-31) температура тарелки клапана достигает $900 + 950$ °С, а размахи термоупругих напряжений на кромке клапана - $350 + 370$ МПа.

4. Впервые обнаружено, что в пустотелых неохлаждаемых клапанах в цикле сброс - наброс нагрузки динамический размах окружных напряжений уменьшается по сравнению с серийным (сплошным) клапаном для точек на кромке клапана в 10 раз, а для других термически нагруженных точек тарелки в среднем в 3 раза. Наличие полости устраняет опасный с точки зрения усталостных разрушений знакопеременный характер окружных напряжений.

5. Впервые разработана и испытана на быстроходном дизеле семейства СМД система локального воздушного охлаждения клапанного узла, получены следующие результаты:

5.1. Обнаружено, что при избыточном давлении сжатого воздуха в системе $P_{в}$, изменяющемся от 0,1 МПа до 0,3 МПа, (давление за клапаном изменяется в пределах $P_{т} = 0,11 + 0,16$ МПа) снижение температуры в наиболее термически нагруженных точках тарелки соответственно составляет в среднем $160 + 250$ °С.

5.2. Как показали расчетные исследования, применение воздушного охлаждения расширяет возможности использования для изготовления выпускных клапанов сталей из числа низколегированных, работоспособность которых при длительной эксплуатации ограничена температурой $500 + 550$ °С.

5.3. Анализ нестационарного термоупругого состояния показал, что при выбранных параметрах охлаждающего воздуха в теле клапана отсутствуют динамические взрывы и просадки на

ЛІБ ім. В. Стефаника
АН України

пряжений. Изменение напряжений носит плавный характер.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Шеховцов А.Ф., Абрамчук Ф.И., Тринев А.В. Программа расчета нестационарного теплового и напряженно-деформированного состояния клапанов для САПР ДВС // Тез. докл. международной конф. "Компьютер: наука, техника, технология, здоровье" Харьков - Мишкольц, 1993.

2. Математическая модель расчета нестационарного теплового и напряженно-деформированного состояния выпускного клапана форсированного двигателя / А.В. Тринев, А.Ф. Шеховцов, Ф.И. Абрамчук, А.А. Молдавский // Тез. докл. международной конф. "Компьютер: наука, техника, технология, здоровье" Харьков - Мишкольц, 1994.

3. Шеховцов А.Ф., Абрамчук Ф.И., Тринев А.В. Экспериментальное исследование теплового состояния охлаждаемого воздухом выпускного клапана быстроходного дизеля. Рукопись деп. в ГНТБ Украины N 1244 - Ук 94 Деп. 1994. 12 с.

4. Шеховцов А.Ф., Абрамчук Ф.И., Тринев А.В. Методика термометрирования клапана дизеля на нестационарных режимах. Рукопись деп. в ГНТБ Украины N 1245 - Ук 94 Деп. 1994. 9с.

5. Анализ теплонапряженного состояния выпускного клапана на переходных режимах / А.Ф. Шеховцов, Ф.И. Абрамчук, А.А. Молдавский, А.В. Тринев // Рукопись деп. в ГНТБ Украины N 1225 - Ук 95 Деп. 1995. 17 с.

6. Шеховцов А.Ф., Абрамчук Ф.И., Тринев А.В. Возможности улучшения теплонапряженного состояния охлаждаемого воздухом выпускного клапана. Рукопись деп. в ГНТБ Украины N 1225 - Ук 95 Деп. 1995. 12 с.

7. А.с. N1305423 СССР. Головки цилиндров. / Тринев А.В.

// опубл. Б.И. 1987 N 15.

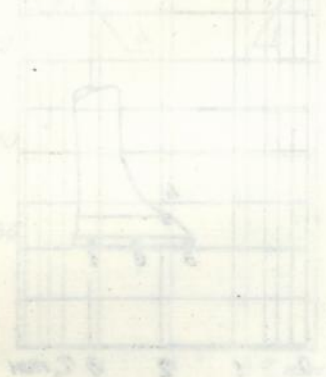
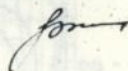
8. А.с. N1348553 СССР. Головка цилиндров для двигателя внутреннего сгорания с газотурбинным наддувом / Тринев А.В., Разлейцев Н.Ф. // опубл. Б.И. 1987 N 40.

9. Патент N 2005892 Российская Федерация. Головка цилиндров теплонапряженного дизеля / Шеховцов А.Ф., Тринев А.В., Абрамчук Ф.И., Гонтаровский П.П. // опубл. Б.И. 1994, N 1.

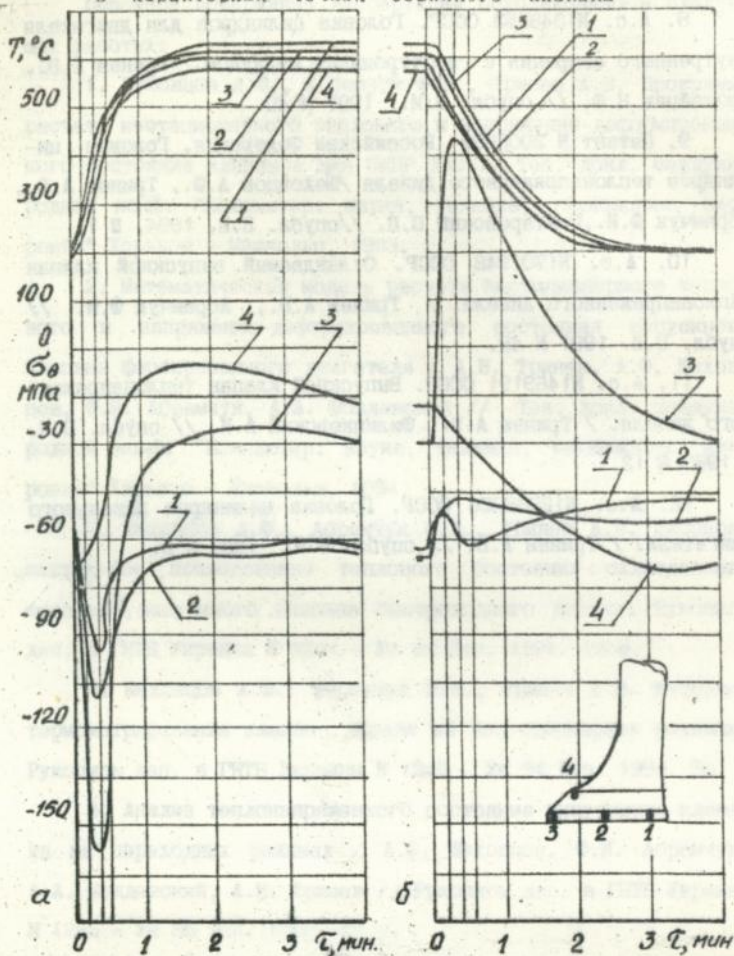
10. А.с. N1701948 СССР. Охлаждаемый выпускной клапан теплонапряженного дизеля. / Тринев А.В., Абрамчук Ф.И. // опубл. Б.И. 1991 N 48.

11. А.с. N1469191 СССР. Выпускной клапан теплонапряженного дизеля. / Тринев А.В., Филипповский А.И. // опубл. Б.И. N 1989 N 12.

12. А.с. N12088326 СССР. Головка цилиндров дизельного двигателя. / Тринев А.В. // опубл. Б.И. 1987 N 5.



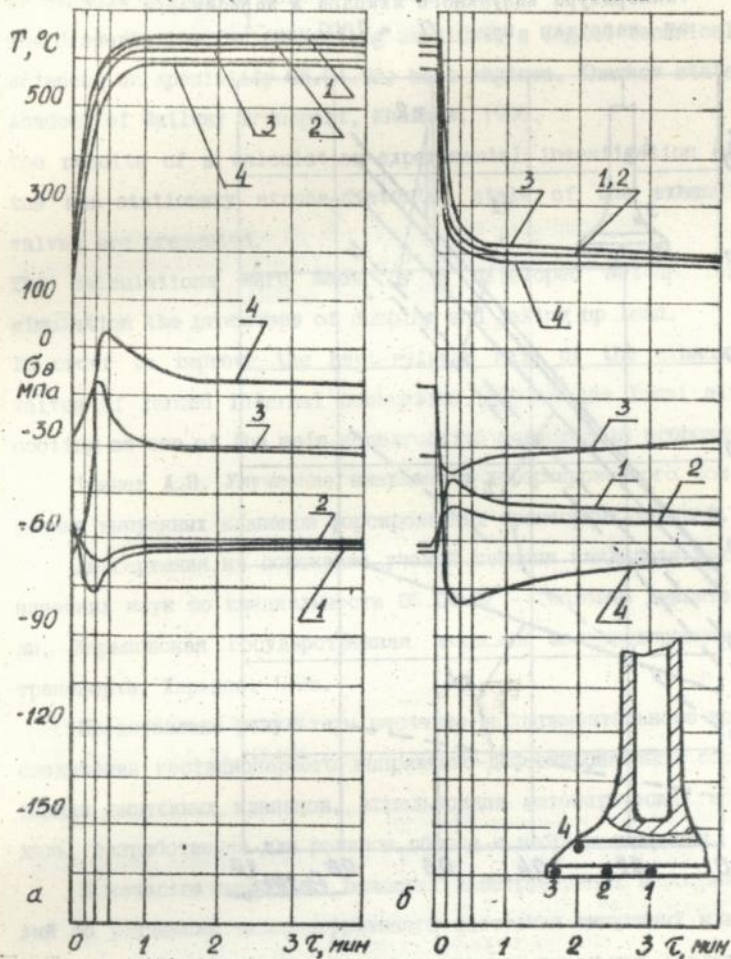
Изменение температуры T и окружных напряжений σ_{θ} в характерных точках серийного клапана



а- наброс нагрузки $n = 800 \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_e = 66 \text{ кВт}$, $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$;
 б- сброс нагрузки $n_e = 66 \text{ кВт}$, $n = 1800 \text{ мин}^{-1} \rightarrow n = 800 \text{ мин}^{-1}$

Рис. I

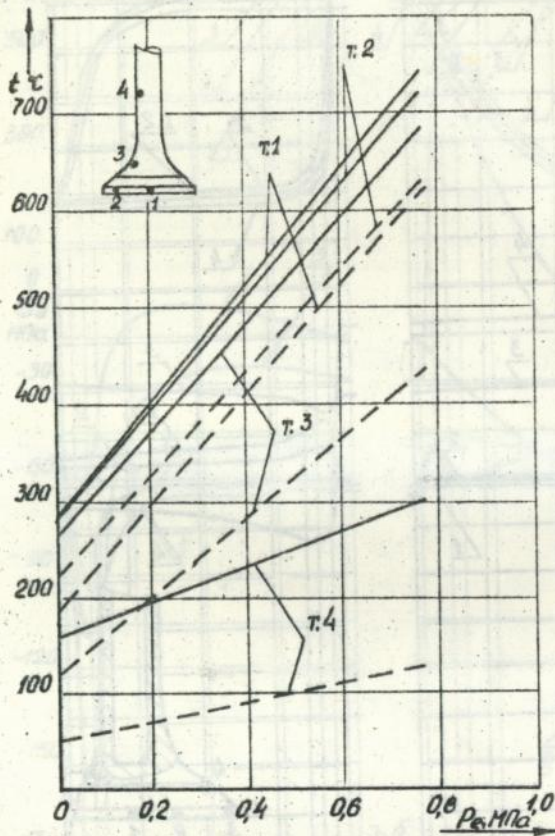
Изменение температуры T и окружных напряжений σ_θ в характерных точках пустотелого клапана



а- наброс нагрузки $n = 800 \text{ мин}^{-1} \rightarrow n = 1800 \text{ мин}^{-1}$; $N_c = 66 \text{ кВт}$, $n = 1800 \text{ мин}^{-1} \rightarrow n = 800 \text{ мин}^{-1}$;
 б- сброс нагрузки $N_c = 66 \text{ кВт}$, $n = 1800 \text{ мин}^{-1} \rightarrow n = 800 \text{ мин}^{-1}$

Рис. 2.

Температура выпускного клапана в зависимости от нагрузки при $n = 1300 \text{ мин}^{-1}$



----- серийный клапан;
 ----- охлаждаемый клапан ($P_B = 0, 1 \text{ МПа}$,
 $P_T = 0 \text{ II} + 0, 16 \text{ МПа}$)

Рис. 3

Trinew A.W. The improvement of the stress-distorted state of exhaust valves in forced tractor diesels.

The dissertation for presenting candidate's degree technical sciences on speciality 05.04.02, heat engines, Kharkov state Academy of Railway Transport, Kharkow, 1995.

The results of a calculation-experimental investigation of the non-stationary stress-distorted state of the exhaust valves are presented.

The calculations were made by a developed set-up for simulation the processes of dumping and taking up load.

In order to improve the heat-release rate of the exhaust valves of forced internal combustion engines the local air cooling as one of the main constructive measures is proposed.

Тринев А.В. Улучшение напряженно-деформированного состояния выпускных клапанов форсированных тракторных дизелей.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 - Тепловые двигатели, Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 1995.

Представлены результаты расчетно-экспериментального исследования нестационарного напряженно-деформированного состояния выпускных клапанов, использована математическая модель, разработанная для режимов сброса и наброса нагрузки.

В качестве одного из основных конструктивных мероприятий по улучшению теплонапряженного состояния выпускных клапанов форсированных ДВС предлагается их локальное воздушное охлаждение.

Ключові слова: випускний клапан, локальне повітряне охолодження, перехідні режими.

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

**УЛУЧШЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ВЫПУСКНЫХ КЛАПАНОВ ФОРСИРОВАННЫХ
ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ**

ТРИНЁВ Александр Владимирович

Ответственный за выпуск
к.т.н., ст.н.с. Минак А.Ф.

Подписано к печати 24.07.95.

Формат 60x84 1/16. Бумага для множительных аппаратов.

Печать офсетная. Усл. печ. лист. 1,0. Уч.-изд. лист. 1,0.

Заказ 1147. Тираж 100. Бесплатно.

АО Полиграфическая фирма «Принтал».

310093, Харьков, ул. Свердлова, 115.

4462 21

AB 33.241

AB 33.241