

ХАРЬКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

СТРОКОВ Александр Петрович

**РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ТИПА СМД
С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ИХ МАССОВОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

05.04.02 — тепловые двигатели

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Харьков — 1995



00761357 (Т)

621.4
Диссертация является рукописью

Работа выполнена на кафедре «Термодинамика и тепловые двигатели» Харьковской государственной академии транспорта.

Научные консультанты — доктор технических наук,
профессор Ерощенко С. А.,
доктор технических наук,
профессор Шокотов Н. К.

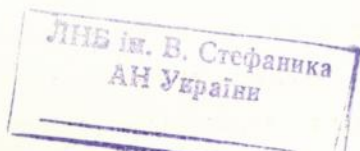
Официальные оппоненты — доктор технических наук,
профессор Кудряш А. П.,
доктор технических наук,
профессор Головчук А. Ф.,
доктор технических наук,
Марченко А. П.

Ведущая организация — ХКБД г. Харьков.

Защита состоится «1» 12 1995 г. в 13 часов
в ауд. 313 на заседании специализированного совета
Д 02.15.02. по тепловым двигателям при Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта по адресу: 310050, г. Харьков, площадь Фейербаха, 7.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта.

Автореферат разослан «27» 10 1995 г.



Ученый секретарь
специализированного совета

В. М. ЛЯЛЮК

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ, АКТУАЛЬНОСТИ И СТЕПЕНИ ИССЛЕДОВАННОСТИ ТЕМАТИКИ ДИССЕРТАЦИИ

В условиях рыночной системы хозяйствования и возрастающей конкуренции весьма актуальной является задача повышения производительности труда и снижения энергозатрат в сельскохозяйственном производстве и на транспорте. При этом особое внимание уделяется экономии энергетических, материальных и трудовых ресурсов. Для решения этой народнохозяйственной задачи важное значение имеет повышение технического уровня двигателей внутреннего сгорания, устанавливаемых на тракторах, комбайнах, автомобилях и других энергетических установках.

Несмотря на непрерывные поиски альтернативных источников механической энергии дизели, по-прежнему, являются наиболее экономичными тепловыми двигателями, далеко не исчерпавшими своих потенциальных возможностей. По мнению отечественных и зарубежных специалистов основным типом силовых установок для сельскохозяйственных и транспортных машин на ближайшие 20 лет останется дизельный двигатель, как наиболее экономичный и имеющий хорошие эксплуатационные показатели. В связи с этим, в полной мере сохраняет свою актуальность задача дальнейшего развития и совершенствования конструкций самого распространенного в Украине и странах СНГ семейства дизелей типа СМД с целью улучшения их топливной и маслянной экономичности, повышения надежности, использования альтернативных топлив и расширения областей применения. Это потребовало проведения комплекса исследований по доводке топливной аппаратуры, системы наддува, конструкции поршня и других узлов и деталей. Анализ достижений опыта мирового дизелестроения показал, что при

решении задачи повышения технического уровня указанных дизелей необходимо учитывать массовый характер производства, уровень технологической базы, уровень развития металлургии, нефтехимии и других отраслей.

Выполненный комплекс исследований позволил усовершенствовать конструкцию дизелей типа СМД, реализованную в опытных образцах, обеспечивших удельный номинальный расход топлива 205..207 г/кВт.ч. Испытания дизеля СМД66 на надежность по методике ускоренных испытаний фирмы "Комацу" показали возможность достижения ресурса 10 тыс. моточасов. За период испытаний дизеля СМД-66 основные параметры: мощность, удельный расход топлива, относительный расход масла на угар не превысили значений, регламентированных технической документацией. Дизель СМД-63 на тракторе Т-150К успешно прошел сертификационные испытания в США по методике лаборатории штата Небраска.

Совершенствование конструкции поршня, поршневых колец, применение прогрессивных технологических процессов обработки внутренних поверхностей гильз цилиндров позволили достичь относительного расхода масла на угар 0,25..0,3%.

Создание модификаций дизелей типа СМД, способных работать на бензине, керосине и дизтопливах широкого фракционного состава, а также по газодизельному циклу существенно расширяют автономность сельскохозяйственных и транспортных машин с такими дизелями.

Реализация концепции дизеля постоянной мощности с коэффициентом запаса крутящего момента 30..35% позволила улучшить тягово-экономические показатели, повысить производительность тракторов, а также снизить напряженность труда трактористов.

Дальнейшее развитие конструкции дизелей типа СМД60 было направлено на увеличение отношения S/D до 0,923 за счет увеличения хода поршня. Это позволяет увеличить агрегатную мощность, повышает надежность и несколько нивелирует недостатки, свойственные короткоходным моделям.

Следует отметить, что все внедренные конструкторские мероприятия не требовали коренных изменений существующих автоматических линий и обеспечили максимальный уровень унификации.

При проведении исследований были разработаны новые расчетно-экспериментальные методики: многофакторного исследования процессов и систем, определения характеристик впрыскивания и распределения топлива по камере сгорания (КС), определения параметров труднодоступных проточных частей корпуса распылителя форсунки и др.

В настоящей работе изложены основные результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию имеющихся в производстве и развитию новых моделей и модификаций V-образных форсированных дизелей типа СМД, выполненных при непосредственном участии и под руководством автора.

Круг поставленных в данной диссертационной работе задач, направленных на решение крупной научно-технической проблемы, позволяет квалифицировать ее как актуальную и имеющую важное народнохозяйственное значение.

ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Учитывая актуальность поднятой проблемы, цель и задачи данной работы сформулированы следующим образом:

- выполнить комплекс научно-исследовательских работ по определению влияния конструктивных, режимных и регулировочных параметров дизелей типа СМД на их индикаторные и эффективные показатели и на базе этих исследований разработать и внедрить мероприятия, обеспечивающие повышение мощности на 20%, улучшение удельного расхода топлива (g_e) на 10..15%, относительного расхода масла на угар на 40%, повышение моторесурса на 25% по сравнению с имеющимся в производстве уровнем на начало исследований;

- провести исследования по созданию V-образных модификаций дизелей типа СМД с запасом крутящего момента 30..35%;

- провести исследования по созданию многотопливных модификаций дизелей типа СМД;

- создать модель дизеля с увеличенным рабочим объемом для автотранспорта и других отраслей народного хозяйства;

- разработать комплекс расчетно-экспериментальных методик для выбора оптимальных или рациональных параметров перспективных дизелей и их систем.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО НАУЧНОЙ НОВИЗНЫ

Теоретическая ценность диссертационной работы определяется разработанным комплексом расчетно-экспериментальных методик и научными результатами исследований дизелей типа СМД и их систем, научными обобщениями автора, а также рекомендациями по выбору и реализации путей совершенствования технико-экономических показателей этих дизелей. При этом практическая ценность диссертационной работы определяется достигнутыми

результатами исследований, на базе которых технико-экономические показатели серийно выпускаемых V-образных модификаций дизелей типа СМД-60 доведены до уровня лучших мировых образцов, а также разработками, переданными к использованию в промышленности, отраслевых и учебных институтах.

В работе:

1. С помощью разработанных автором расчетно-экспериментальных методик исследованы характеристики впрыскивания топлива, дальнобойность и направленность топливных факелов, распределение топлива по отдельным факелам, характер смесеобразования (объемное или пленочное), характер движения воздушного заряда в цилиндре и степень его использования при сгорании топлива, оказывающие основное влияние на процесс смесеобразования, а соответственно на индикаторный КПД (η_i).

2. Исследовано влияние конструктивных особенностей поршня и поршневых колец на величину механического КПД и расхода масла на угар.

3. Разработана и апробирована система конструкторско-технологических мероприятий, позволившая довести моторесурс дизеля до 10^4 моточасов.

4. Обеспечена возможность использования дизелями типа СМД-60 в качестве моторного топлива бензина, керосина, дизельного топлива утяжеленного фракционного состава (УФС) и сжатого природного газа.

5. На основе базового создана модификация дизеля с постоянной мощностью, что обеспечило повышение производительности тракторного агрегата и снижение напряженности труда тракториста.

6. Разработана конструкция нового дизеля размерностью S/D = 12/13.

Научная новизна

1. Разработаны методики многофакторных исследований влияния конструктивных, режимных и регулировочных параметров на характеристики как отдельных систем и агрегатов, так и двигателя в целом.

2. Разработана новая методика экспериментального определения закона подачи топлива, учитывающая реальный характер изменения давления газов в цилиндре двигателя в период впрыскивания топлива форсункой.

3. Разработана методика экспериментальной оценки взаимодействия топливной струи со стенкой камеры сгорания и распределения топлива в КС в реальном дизельном цикле.

4. Для определения научно обоснованных технических решений по созданию автотракторных дизелей с улучшенными эксплуатационными качествами и расширенными функциональными возможностями выполнен следующий комплекс исследований, направленный на улучшение рабочего процесса и применение альтернативных топлив:

- определены рациональные параметры системы топливоподачи, обеспечивающие интенсификацию процесса впрыскивания топлива;

- исследовано влияние распределения топлива по КС на параметры рабочего процесса дизеля со смещенной и наклоненной к оси цилиндра форсункой;

- выбраны рациональные параметры системы воздухообеспечения при создании новой схемы охлаждения наддувочного воздуха;

- отработана конструкция овално-бочкообразного поршня и скорректирована величина дезаксиального смещения поршневого пальца;

- внедрена конструкция винтового канала в головке цилиндров дизеля;

- изучен характер изменения расхода масла на угар в дизеле с $S/D = 0,885$ и поршнем с короткой юбкой, а также влияние на его величину конструктивных и технологических факторов;

- исследован рабочий процесс и температурное состояние головки цилиндров, выбраны регулировочные параметры топливной аппаратуры газодизеля автотракторного типа с турбонаддувом;

- разработана схема подачи топлива и изучен рабочий процесс дизеля при работе на легкофракционных топливах.

УРОВЕНЬ РЕАЛИЗАЦИИ, ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК

Диссертация выполнена в соответствии с отраслевыми координационными планами НИР и ОКР Минтракторосельхозмаша СССР по проведению научных исследований и созданию перспективных тракторных двигателей (постановление ГКНТ СССР № 555 от 30.10.85г.), а также постановлениями СМ СССР от 28.08.86г. № 1041 и СМ УССР от 04.10.86г. № 385.

Результаты научного исследования переданы на ХЗТД (г.Харьков), ЧЗТА (г.Чугуев), ДЗТ (г.Дергачи), ЛАЗ (г.Львов), Автогрузмаш (г.Львов), АТП 16332 (г.Харьков). Они используются в практике научно-исследовательских работ ГСКБД (г.Харьков), а также в учебном процессе для студентов специальности 15.01 - двигатели внутреннего сгорания при чтении курсов "Теория рабочих процессов в ДВС", "Конструкция ДВС".

Годовой экономический эффект от внедрения результатов диссертационного исследования оценен более чем 5 триллионов крб. в ценах на 1995 год.

АПРОБАЦИЯ И ПУБЛИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ, СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы доложены на Всесоюзных конференциях и семинарах: "Проблемы создания и использования двигателей с высоким наддувом (Харьков, ХПИ, 1979г.), "Повышение эффективности использования автомобильного транспорта и автомобильных дорог в условиях жаркого климата" (Ташкент, ТАДИ, 1982г.), "Современный уровень и пути совершенствования экономических показателей ДВС" (Москва, НАТИ, 1985г.), "Практика улучшения очистки воздуха, масла и топлива в ДВС" (Саратов, СИМСХ, 1987г.), "Перспективы развития комбинированных ДВС и двигателей новых схем и на новых топливах" (Москва, МВТУ, 1987г.), "Альтернативные топлива в ДВС" (Киров, КСХИ, 1988г.), "Стандартизация и пути повышения качества машиностроительной продукции для агропромышленного комплекса" (Бердянск, 1988г.), "Проблемы электронизации тракторов и сельхозмашин" (Одесса, ОФ НАТИ, 1989г.), межотраслевых научно-технических конференциях: "Проблемы повышения технического уровня и надежности тракторных и комбайновых двигателей" (Владимир, НИКТИД, 1980г.), "Проблемы форсирования и надежности тракторных и комбайновых дизелей" (Владимир, НИКТИД, 1985г.), "Научно-техническая конференция посвященная 50-летию МАМИ" (Москва, 1989г.),

"Проблемы экономичности и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания в АПК СССР (Саратов, СИМЭСХ, 1990г.), международных конференциях: "Компьютер: наука, техника, технология, здоровье" (Украина, Харьков, ХПИ; Венгрия, Мишкольский университет, 1993г.), "Перспективы и проблемы развития автобусов, автопогрузчиков и агрегатов" (Львов, Укравтобуспром, 1991г.), "Перспективы и проблемы развития автомобилестроения (Львов, Укравтобуспром, 1993г.), научно-технических конференциях преподавателей и сотрудников ХИИТа, ХПИ (1979 - 1991г.г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 57 печатных работ, в т.ч. три книги и 9 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных литературных источников и приложений. Работа содержит 214 стр. основного текста, 11 таблиц, 73 рисунка.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД В РАЗРАБОТКУ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЗАЩИТУ

В ходе выполнения диссертационной работы автором получены новые теоретические и практические результаты, которые и выносятся на защиту. К ним относятся:

1. Методики многофакторных исследований влияния конструктивных, режимных и регулировочных параметров на характеристики как отдельных систем и агрегатов, так и двигателя в целом.

2. Методика и устройство для определения характеристики впрыскивания топлива с учетом противодействия (А.С. № 1574890).

3. Технические решения, обеспечившие возможность использования в дизелях типа СМД-60 бензина, керосина, дизельного топлива утяжеленного фракционного состава и сжатого природного газа в качестве моторного топлива.

4. Способ исследования взаимодействия факелов распыленного топлива с воздушным зарядом и стенками КС (А.С. № 1268780).

5. Способ финишной обработки гильз цилиндров двигателей (А.С. № 1767804).

6. Устройство для изменения интенсивности процесса впрыскивания топлива, основанного на эффекте гидроудара (А.С. № 1281724).

7. Концепция и основные результаты исследований по созданию дизеля с запасом крутящего момента 35%.

8. Новая модель дизеля с размерностью $S/D = 12/13$.

9. Комплекс внедренных конструкторско-технологических мероприятий, обеспечивших достижение удельного эффективного расхода топлива дизеля типа СМД-60 205 г/кВт.ч. и относительного расхода масла на угар 0,3% от расхода топлива.

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОЛОГИИ, МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДМЕТА И ОБЪЕКТА

Примененная в диссертационной работе совокупность методов, приемов и средств базируется на принципах системности, которые предусматривают комплексный подход к проблеме совершенствования процессов топливоподачи, воздухообеспечения, смесеобразования в ДВС. Расчетно-экспериментальный метод научного исследования, позволяющий в сочетании с известными

методами, достигнуть сформулированной цели диссертационной работы.

Объектом научного исследования являются V-образные модификации дизелей типа СМД с газотурбинным наддувом, жидкостным охлаждением, транспортного и стационарного назначения.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ, ВЫТЕКАЮЩИЕ ИЗ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Во введении диссертации обоснована тема диссертационной работы, дана общая ее характеристика, определены основные направления исследования.

Подчеркнуто, что определяющая роль в создании дизелей семейства СМД принадлежит доктору технических наук, профессору Ковалю И.А. и возглавляемому им длительные годы коллективу исследователей и конструкторов.

Первая глава посвящена обоснованию метода оценки технического уровня базового дизеля 6ЧН13/11,5 (СМД), его соответствия мировому техническому уровню и определения резервов дальнейшего повышения его технико-экономических показателей. При этом в основу метода положены "Единая методика оценки технического уровня продукции машиностроения" и методика сертификации самоходной сельскохозяйственной техники отдела сельскохозяйственного производства университета штата Небраска (США).

В качестве аналогов выбраны двигатели, выпускаемые фирмами Катерпиллер - США; Фиат - Италия; МАН, Мерседес, Дойц - Германия; Перкинс, Листер Петер - Англия; ЯМЗ - Россия и др.

Определены граничные оценочные параметры отечественных и зарубежных аналогов по мощности, частоте вращения коленчатого вала, литражу, топливной экономичности, расходу масла на угар, надежности и массе дизелей (рис.1).

Определены основные тенденции в развитии зарубежных аналогов:

- повышение их топливной экономичности за счет совершенствования процессов топливоподачи, сгорания и воздухообмена, перехода на четырехклапанные головки с винтовыми впускными каналами, а также за счет уменьшения механических потерь при профилировании юбки поршней и снижения частоты вращения коленчатого вала двигателя;

- достижение высокой масляной экономичности за счет совершенствования конструкции цилиндро-поршневой группы двигателя;

- обеспечение возможности работы выпускаемых двигателей на бензине, керосине, природном газе, топливах УФС;

- создание на базе основной модели, двигателей многоцелевого назначения, в том числе как тракторных, так и автомобильных модификаций.

Показано, что по ряду параметров базовый дизель СМД60 уступает его современным зарубежным аналогам: по цилиндровой, литровой и поршневой мощности, по уровню среднего эффективного давления, топливной и масляной экономичности, по возможности использования нетрадиционных топлив, по экологическим показателям.

С учетом этого сформулированы задачи исследования, учитывающие основные тенденции в развитии зарубежных аналогов и их современный технический уровень.

Вторая глава разделена на две части. В первой части излагаются теоретические основы исследования, во второй части - предлагаемые мероприятия по совершенствованию систем и агрегатов базового дизеля с целью повышения его топливной экономичности. Теоретическую часть работы представляет комплекс расчетно-экспериментальных методик для исследований дизеля, его систем и элементов.

На базе основных положений теории математического планирования экспериментов разработаны методики многофакторного исследования влияния конструктивных, режимных и регулировочных параметров на характеристики как отдельных систем и агрегатов, так и двигателя в целом. Получаемые при этом регрессионные зависимости позволяют решать задачи анализа, синтеза и оптимизации.

Функционалы качества и ограничительные параметры представлялись в виде мультипликативных функций типа:

$$Y = \frac{1}{Y_0^{n-1}} \prod_{i=1}^n f(x_i)$$

С помощью разработанных методик в работе проведены многофакторные исследования параметров процесса топливоподачи, анализ потерь мощности на привод топливного насоса, получены зависимости для определения приведенных показателей дизеля и обработаны результаты пассивного эксперимента по определению износа гильз цилиндров, позволяющие прогнозировать ресурсные показатели дизеля.

В работе приводится разработанная в ходе исследований методика определения интегральной характеристики впрыскивания топлива, защищенная авторским свидетельством. Ее особенностью является изменяющаяся от P_c до P_z величина противодавления

впрыскиванию, что позволяет при безмоторных испытаниях получить результаты, адекватные результатам моторных испытаний.

Излагается методика оценки распределения топлива по камере сгорания работающего дизеля, также защищенная авторским свидетельством. Сущность методики заключается в том, что в дизельное топливо вводится присадка (нафтенат цинка), которая позволяет визуально определить характер распределения топлива в пристеночной зоне камеры сгорания по следам его выгорания. При этом по концентрации белого налета на стенках камеры сгорания определяется направление движения частиц топлива, выделяется ядро струи и характер выгорания топлива. Испытаниями была подтверждена высокая стабильность и хорошая воспроизводимость получаемых результатов.

Анализ экспериментальных данных по этой методике позволил получить информацию о взаимодействии каждой из четырех струй топлива (длинных и коротких) со стенкой камеры сгорания с учетом газодинамических возмущений в условиях реального рабочего цикла.

Далее рассматривается методика определения параметров проточной части распылителя форсунки, которая основана на изучении резиновых слепков, представляющих собой объемную модель проточной части корпуса распылителя. Она позволяет с достаточной точностью определять геометрические параметры труднодоступной подигольной полости распылителя и вносить коррективы в технологический процесс для повышения качества изготовления сопловых отверстий.

Поскольку распылитель, будучи конечным элементом топливной аппаратуры, оказывает существенное влияние на формирование и параметры топливного факела, важной является

изложенная во второй главе методика определения степени влияния каждого соплового отверстия распылителя на характер смесеобразования и сгорания в дизеле. В основе этой методики лежит принцип последовательного глушения одного из отверстий распылителя. Методика позволяет изучить условия распределения топлива в камере сгорания.

Во второй части главы в результате анализа регрессионных зависимостей оценивается эффективность применения топливной аппаратуры с интенсивным впрыскиванием для форсированных наддувом дизелей. Там же рассматривается и топливная аппаратура с элементами, обеспечивающими реализацию эффекта гидравлического удара на линии нагнетания, повышающая величину объемной скорости подачи топлива в 2..3 раза по сравнению с серийной топливной аппаратурой без увеличения усилий в деталях привода. Кроме того, изучается влияние максимального давления впрыскивания топлива, количества штуцеров, частоты вращения кулачкового вала на величину затрат мощности на привод топливного насоса. Показано, что при увеличении давления впрыскивания топлива до 100..130 МПа потери мощности на привод топливного насоса возрастут в 3,5..4 раза, что снижает эффект от повышения давления впрыскивания.

В работе показано использование разработанной с участием автора методики оценки эффективности распределения топлива по камере сгорания и полученные им регрессионные зависимости для дизеля с форсункой, смещенной относительно оси камеры и разной длиной топливных струй (рис.2,3). В процессе исследований определено рациональное соотношение между долями цикловой подачи топлива, обеспечивающими объемное и пленочное смесеобразование (пленочная доля должна составлять 55..60%). За

ЛНБ ім. В. Стефанишин
АН України

счет этого мероприятия улучшение топливной экономичности составляет 3 г/кВт.ч.

В этой же главе рассматриваются резервы улучшения смесеобразования и сгорания за счет организации рационального движения воздушного заряда в цилиндре при применении винтовых впускных каналов (рис. 4). Предложенная конструкция впускных каналов позволила улучшить топливную экономичность на 2г/кВт.ч. Головки цилиндров с винтовыми впускными каналами внедрены в массовое производство.

Исследования систем промежуточного охлаждения наддувочного воздуха показали, что по сравнению с серийной опытная двухступенчатая система охлаждения наддувочного воздуха (ОНВ) дает улучшение топливной экономичности 3..4 г/кВт.ч. по всей внешней характеристике дизеля. Двухступенчатая система ОНВ обеспечивает коэффициент эффективности охладителя $E=0,86$, т.е. имеет существенные резервы. (рис.5), которые могут быть реализованы при дальнейшем форсировании базового дизеля за счет повышения давления наддува.

Далее в главе анализируется схема составляющих объема камеры сжатия дизелей СМД (рис.6) и рассматривается влияние отношения объема камеры сгорания в поршне к объему сжатия на топливную экономичность дизеля. Для обеспечения минимально возможного надпоршневого зазора 1..1,2 мм. предложена технология сборки цилинро-поршневой группы с групповой взаимозаменяемостью, предполагающая применение прокладок головки цилиндров разной толщины. Исключение объема над буртом гильзы путем заполнения его фторопластовым кольцом снизило удельный расход топлива на 2..3 г/кВт.ч.

Известно, что величина механических потерь во многом определяется формой юбки поршня. Для определения конструктивных параметров рационального профиля разработан расчетно-экспериментальный метод, реализованный для профилирования поршней, имеющих короткую юбку дизелей типа СМД-60. Была предложена и внедрена в производство бочкообразная форма юбки, образованная двумя параболоми (рис.7). Показано, что при этом на дизеле обеспечивается за счет снижения механических потерь на 0,1 МПа, уменьшение удельного расхода топлива на 2..4 г/кВт.ч. на всех режимах нагрузочной характеристики при $n=2100$ мин⁻¹.

В ходе исследования доказана целесообразность снижения номинального скоростного режима с 2100 до 1900..1800 мин⁻¹ (рис.8.) в совокупности с повышением давления наддува и эффективности промежуточного охлаждения наддувочного воздуха. Из результатов исследования вытекает, что при снижении частоты вращения с 2100 до 1900 мин⁻¹ топливная экономичность дизеля улучшается еще на 2 г/кВт.ч.

В третьей главе рассмотрены конструкторско-технологические мероприятия, обеспечивающие снижение относительного расхода масла на угар. При этом сначала изложены основы применяемой методики исследования по определению расхода масла на угар, а также разработанной методики оценки монтажных деформаций зеркала цилиндра на основе круглограмм и применяемых при этом приспособлений. В каждом конкретном случае определяется направление возникновения максимальных деформаций с учетом номера цилиндрического отсека, в котором производились измерения, и определяется сектор с наиболее вероятным направлением максимальных деформаций. С целью снижения величины монтажных деформаций гильзы была изменена ее конструкция: увеличен на

2мм диаметр опорного бурта и введена канавка под опорным буртом. В результате максимальные отклонения круглограмм снизились от 0,108 мм у серийных гильз до 0,076 мм у опытных. Анализ величин деформаций опытных и серийных гильз цилиндров показал их снижение у опытных гильз на 30% во всех сечениях.

Для снижения величины расхода масла на угар в исследуемом дизеле внедрены верхние компрессионные кольца с бочкообразной наружной поверхностью, кривизна образующей которых согласуется с диаметром цилиндра и условиями перекадки поршня. Наилучшие результаты достигаются при $R_{\zeta} = 0,499D$.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что для увеличения подвижности и стойкости против закоксовывания кольца должны быть трапецевидными с одно- или двухсторонним скосом торцевых поверхностей. Применение таких колец снижает расход масла на угар на 18% по сравнению с прямоугольными кольцами.

Обнаружено существенное влияние на расход масла на угар второго компрессионного кольца, выполняющего функции и компрессионного и маслосъемного. Средние кольца выполнены с конусной наружной поверхностью (минутные). При этом улучшается их контакт с гильзой. Указанные мероприятия позволили снизить величину среднего расхода масла на угар до 0,3%, а темп его роста в эксплуатационных испытаниях в пределах 7000 м.ч. практически не увеличился (рис.9).

Снижению расхода масла на угар способствовало также уменьшение зазора гильза-поршень до 0,18 мм за счет применения овально-бочкообразного профиля поршня.

Далее в работе рассмотрены пути совершенствования методов обработки внутренней поверхности гильз цилиндров, т.к. это также

влияет на расход масла. Для получения на внутренней поверхности гильзы технологической сетки был разработан и применен процесс равномерного хонингования, основанный на методе антифрикционно-деформационного хонингования.

Кроме того, с участием автора был разработан метод механохимической обработки со щелочным раствором азот- и серосодержащих соединений, наносимый на внутреннюю поверхность гильз, после равномерного хонингования. Последнее, как показало исследование, приводит одновременно к снижению потерь на трение в цилиндро-поршневой группе дизеля.

Расход масла на угар при этом составил 0,2..0,4% от расхода топлива.

Показано также, что применение присадки АЛП-4Д в дизельное топливо с концентрацией 2,5% сокращает период стендовой обкатки дизеля и улучшает приработку его трущихся поверхностей.

В четвертой главе изложены работы по созданию многотопливного дизеля без существенного изменения конструкции базового дизеля. В работе рассматривается возможность использования дизелем 6ЧН13/11,5 бензина А-72 и керосина, топлива УФС и сжатого природного газа в качестве моторного топлива.

В ходе исследования были определены параметры процесса топливоподачи при работе двигателя на бензине, керосине и дизельном топливе УФС, а также определены регулировочные параметры топливной аппаратуры при переходе с одного вида топлива на другой. С целью минимальных переделок двухсекционного топливного насоса НД-22/6 распределительного типа была разработана конструкция трехпозиционного корректора, устанавливаемого взамен серийного и обеспечивающего одина-

ковый номинальный часовой расход топлива для испытанных видов топлива.

Показано, что при переходе с дизельного топлива на бензин, кроме регулировки топливного насоса по производительности с помощью трехпозиционного корректора, необходимо также применение дополнительного топливоподкачивающего насоса для создания давления в головке топливного насоса 0,3 МПа и ликвидации паровых пробок.

Предложенные конструктивные изменения топливной системы обеспечивают стабильную работу дизеля СМД62 на дизельном топливе, бензине А-72 и керосине практически без повышения температуры поршня при удовлетворительных параметрах динамики рабочего процесса и некотором (8..10г/кВт.ч.) ухудшении топливной экономичности (рис.10). При использовании легких топлив появляются резервы по снижению дымности отработавших газов.

Как показали экспериментальные исследования, возможен переход на дизельное топливо утяжеленного фракционного состава (за счет включения в него как высоко-, так и низкокипящих фракций). Установлено, что применение дизельного топлива УФС увеличивает выброс окиси углерода с 4,49 до 7,44 г/кВт.ч. и дымность отработавших газов на 2.4% и увеличивает темп старения моторного масла (рис.11). Поэтому, при работе на топливе утяжеленного фракционного состава необходимо применять моторное масло группы Д.

С целью выявления принципиальной возможности конвертации дизелей типа СМД-60 для работы на сжатом природном газе был реализован газодизельный рабочий процесс с использованием газобаллонного оборудования автомобиля ЗИЛ-431610. Дизельное топливо подавалось топливным насосом НДМ 22/6 распреде-

лительного типа, обеспечивавшего возможность подачи топлива и при работе в режиме дизеля. Подача газа осуществлялась во впускной патрубок компрессора после воздухоочистителя. Показано, что требуемая мощность дизеля СМД62 при этом достигается (рис.12).

Пятая глава посвящена исследованиям по созданию и развитию моделей и модификаций на базе дизеля СМД60.

В этой главе приведены результаты исследований по созданию на базе дизеля 6ЧН13/11,5 двигателя с постоянной мощностью (рис.13). Показано, что при этом достигается существенное повышение приспособляемости двигателя (запас крутящего момента повышается до 35%), повышается производительность машино-тракторного агрегата, снижается напряженность труда тракториста и уменьшается среднее эксплуатационное потребление топлива. Для обеспечения требуемой внешней характеристики дизеля диаметр плунжера топливного насоса увеличен с 9 до 10 мм, а ход плунжера - с 8 до 10 мм. Установлено, что наиболее перспективным для дизелей постоянной мощности является применение микропроцессорной техники для регулирования проточной части турбины и обеспечения оптимальных давлений наддува в широком диапазоне режимов дизеля, а также оптимальная настройка системы наддува на режиме максимального крутящего момента.

Одно из основных направлений дальнейшего совершенствования и расширения применяемости базового дизеля - увеличение его агрегатной мощности. Это достигается форсированием по скоростному и нагрузочным режимам. Установлено, что дизель в серийном исполнении развивает предельную мощность 156 кВт. при $n=2350 \text{ мин}^{-1}$. В варианте с охлаждением наддувочного воздуха и усовершенствованием турбокомпрессора достигается $N_e=202 \text{ кВт}$

(22 кВт/л). Таким образом, становится реальной прогнозируемая мощность 195..200кВт. Однако такой уровень форсирования ухудшает работу клапанного механизма и снижает ресурс дизеля. Поэтому дальнейшее увеличение агрегатной мощности дизелей типа СМД-60 связано с увеличением отношения S/D и рабочего объема по сравнению с базовым.

В результате анализа для перспективных моделей определены следующие параметры: $D=130$ мм, $S/D=0,925$, $n=2000$ мин⁻¹, $\epsilon=14,5$, $\alpha=1,93$. При отмеченных параметрах установлено экспериментально $N_e=220$ кВт, при $g_e=212..220$ г/кВт.ч. в широком диапазоне нагрузок и относительном расходе масла на угар 0,4%.

В результате выполненных исследований на базе тракторного дизеля создана автобусная модель дизеля 6ЧН13/12 (Д-6112) мощностью 195 кВт при $n=2000$ мин⁻¹. В конструкции реализована четырехклапанная головка цилиндров, рядный топливный насос в развале блока цилиндров, два турбокомпрессора ТКР-6,70, малогабаритные форсунки МФД (рис.14).

Показано, что дизель 6ЧН13/12 имеет удельную массу 4,8 кг/кВт, литровую массу 98 кг/л, величину коэффициента приспособляемости 1,24, диапазон устойчивых частот вращения 1,54. Мощностной диапазон серии составил 1,52. Показатели топливной и масляной экономичности, токсичности отработавших газов, шума и вибрации соответствуют требованиям действующих стандартов. Дальнейшее совершенствование конструкции дизеля должно быть направлено на снижение массы, совершенствование топливной аппаратуры и турбокомпрессора. Следует отметить, что дизель на автобусе ЛАЗ 4207 прошел в ходе эксплуатационных испытаний около 300 тыс.км. без существенных замечаний. Автомобильные

модификации дизеля проходят эксплуатационные испытания на грузовых автомобилях КАМАЗ и МАЗ.

В пятой главе рассмотрены все этапы создания дизель-генераторной установки с базовым дизелем при $n=1500$ мин⁻¹. Стендовые приемо-сдаточные испытания опытной партии дизель-генераторной модификации показали, что их мощностно-экономические параметры соответствуют техническим требованиям заказчика с целью их применения для дизель-генераторов мощностью 60 и 100 кВт.

В шестой главе дается оценка соответствия V-образных модификаций дизелей типа СМД-60 мировому уровню после внедрения предложенных в данной работе технических решений.

При этом используются результаты испытаний у независимых экспертов (НИКТИД, КНИИТИМ) (рис.15) и результаты ускоренных испытаний ресурсного дизеля на циклах. Анализ результатов ускоренных испытаний показывает, что по значениям мощности, удельного расхода топлива, относительного расхода масла на угар, давлению масла и картерных газов испытанный дизель соответствует нормативам "Союзтрактородвигателя". Ресурсных отказов не отмечено.

В 1990 году на полигоне штата Небраска успешно прошел испытания трактор Т-151 К Харьковского тракторного завода, укомплектованный дизелем СМД-63. Установлено, что по эксплуатационным параметрам трактор Т-151 К с дизелем СМД-63 соответствует лучшим мировым стандартам.

В шестой главе приведены результаты оценки технического уровня V-образных модификаций дизелей типа СМД-60, проведенные по "Единой методике оценки технического уровня продукции машиностроения".

Из анализа оценочных показателей видно, что модернизированный дизель СМД-62А по всем оценочным показателям соответствует или превосходит свои зарубежные аналоги, что позволяет сделать вывод о том, что после внедрения в производство результатов многолетних НИР и ОКР, изложенных в данной диссертации, дизель СМД-62А соответствует мировому техническому уровню.

Достаточно высокий технический уровень подтверждается также постоянно развивающейся применяемостью дизелей типа СМД-60 и Д-6112 на машинах различных отраслей народного хозяйства Украины.

ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ВЫВОДЫ

В диссертационной работе поставлена и решена научно-техническая проблема улучшения технико-экономических показателей V-образных модификаций дизелей типа СМД-60 за счет развития и совершенствования его систем и агрегатов.

В диссертационной работе :

1. На основании анализа и обобщений отечественного и зарубежного опыта двигателестроения определена методология решения проблем повышения технического уровня автотракторных дизелей типа СМД-60.

2. Разработан комплекс расчетно-экспериментальных методик для повышения эффективности исследовательских работ, выработки научно обоснованных рекомендаций по совершенствованию и развитию конструкции V-образных модификаций дизелей типа СМД-60 и его систем. К ним относятся методики:

2.1. Многофакторного исследования и математического планирования эксперимента при совершенствовании систем дизеля.

2.2. Определения интегральной характеристики впрыскивания топлива с учетом противодавления.

2.3. Оценки распределения топлива по камере сгорания.

2.4. Определения параметров проточной части распылителя

2.5. Оценки влияния каждого соплового отверстия на топливную экономичность дизеля.

2.6. Определения монтажных деформаций зеркала цилиндра на основе круглограмм.

2.7. Финишной обработки гильз цилиндров.

3. На основе расчетно-экспериментальных исследований разработан и внедрен в массовое производство комплекс конструкторско-технологических мероприятий, позволивших снизить удельный эффективный расход топлива V-образных модификаций дизелей типа СМД-60 с 231 до 217 г/кВт.ч в серийном производстве и до 205 г/кВт.ч на опытных образцах.

Основные из них :

3.1. Интенсификация процесса впрыскивания топлива за счет увеличения диаметра плунжера топливного насоса с 9 до 10 мм. и его хода с 8 до 10 мм.

3.2. Улучшение процесса смесеобразования рациональным распределением топлива по камере сгорания за счет совершенствования проточной части распылителя форсунки и организацией воздушного вихря с использованием винтового канала в головке цилиндров, обеспечивающего вихревое отношение 2,5..3.

3.3. Снижение механических потерь выбором рациональной частоты вращения коленчатого вала и оптимальным

профилированием юбки поршня, обеспечившее уменьшение g_e на 2..4 г/кВт.ч.

3.4. Выбор рациональных параметров системы воздухо-снабжения.

3.5. Уменьшение надпоршневого зазора до 1..1,2 мм. и ликвидация "паразитных" объемов КС.

4. На основе анализа результатов теоретических разработок и экспериментальных исследований предложен и внедрен в массовое производство комплекс конструкторско-технологических мероприятий, снизивших относительный расход масла на угар с 0,6 до 0,3 % к расходу топлива.

Основные из них:

4.1. Определены рациональные параметры компрессионных и маслосъемных колец, выбран рациональный вариант комплекта поршневых колец.

4.2. Разработаны рекомендации по снижению монтажных деформаций зеркала гильзы цилиндров.

4.3. Отработан метод обработки внутренней поверхности гильзы цилиндров, основанный на равновершинном хонинговании и механо-химической обработке спецсоставом на щелочной основе.

4.4. Снижено на 20% время приработки пары кольцо-гильза цилиндров в процессе заводской обкатки выбором оптимальной концентрации (2,5%) прирабочной присадки АЛП-4Д.

5. Выполненный комплекс экспериментальных исследований позволил определить и обосновать основные конструктивные и регулировочные параметры систем базового дизеля для применения в качестве моторного топлива бензина, керосина и дизельного топлива УФС.

6. Применительно к базовому двигателю с газотурбинным наддувом исследована возможность и разработаны схемные решения для применения в качестве моторного топлива компримированного природного газа.

7. На базе дизеля 6ЧН13/11,5 реализована концепция двигателя постоянной мощности с запасом крутящего момента 35 %.

8. Все результаты, полученные в процессе выполнения НИР и ОКР, использованы в конструкции новой модели дизеля Д-6112 с увеличенным рабочим объемом. Это позволило создать автомобильные модификации отечественного дизеля для применения на автобусах ЛАЗ, грузовых автомобилях КАМАЗ, МАЗ и значительно расширить их применяемость в других отраслях народного хозяйства.

9. Проведенные расчетно-экспертные оценки по Единой методике, результаты испытаний в НИКТИДе, г.Владимир, КНИИТИМе, г.Новокубанск, инженерном Центре ВгМЗ, г.Волгоград, а также на полигоне университета штата Небраска (США) показали, что с учетом разработанных в данной работе мероприятий по основным технико-экономическим показателям V-образные модификации дизелей типа СМД-60 соответствуют мировому техническому уровню.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Строков А.П., Сергиенко Н.А., Водолажский В.И. Как сохранить работоспособность дизеля. Справочник.Х.1993. 256 с.

2. Диденко А.М., Строков А.П., Водолажский В.И. Дизели СМД. Справочник. Агропромиздат, 1990. 272 с.

3. Парсаданов И.В., Строков А.П., Федорец В.А. Анализ затрат мощности дизеля на привод топливного насоса. //Двигателестроение. №2. 1987. с.8-10.

4. Киктенко В.В., Соловьев И.С., Строков А.П., Шержуков И.Г. Устройство для определения характеристики впрыска топлива. //ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, М., 1979. №16. 6с.

5. Рык Г.М., Строков А.П., Филатов В.И. Снижение расхода топлива дизелей совершенствованием конструкции поршня. //ЦНИИТЭИтяжмаш. 1990. Вып.1. с. 39-42.

6. Парсаданов И.В., Строков А.П. Улучшение топливной экономичности дизеля коррекцией ориентации топливных струй по глубине камеры сгорания. //Двигатели внутреннего сгорания. 1988. Вып. 48. с.70-73.

7. Быков В.И., Парсаданов И.В., Строков А.П. Экспериментальный метод оценки взаимодействия топлива со стенками камеры сгорания дизеля. //Двигатели внутреннего сгорания. 1987. Вып.46. с.48-52.

8. Строков А.П., Карнаухов Ю.И. Выбор рациональных параметров системы воздухообеспечения быстроходного дизеля 6ЧН13/11,5. //Двигатели внутреннего сгорания. 1990. Вып.51. с.112-115.

9. Строков А.П., Карнаухов Ю.И. Определение предельных показателей дизеля. //Международный агропромышленный журнал. М., №2. 1990. с.141-144.

10. Федорец В.А., Строков А.П. Применение метода комбинационных квадратов к исследованию процесса топливо-поддачи в дизелях. //Двигатели внутреннего сгорания. 1980. Вып.32. с.93-98.

11. Строков А.П., Белинский И.Н. Старение моторного масла при эксплуатации дизеля на дизтопливе УФС. //Механизация и электрификация сельского хозяйства. М., 1989. №2. с.43-44.

12. Строков А.П., Парсаданов И.В., Карась М.Л. Исследование эффекта гидроудара в топливовпрыскивающей аппаратуре дизеля. //ЦНИИТЭИтяжмаш. 1989. Вып.3. с.35-38.

13. Строков А.П., Гильман Л.С. Повышение технического уровня дизеля СМД-66. //Двигатели внутреннего сгорания. 1989. Вып.50. с.72- 76.

14. Лемперт Н.Г., Строков А.П. Особенности топливной системы транспортного дизеля для работы на топливе различного фракционного состава. // ЦНИИТЭИтяжмаш. 1989. Вып.9. с.30-34.

15. Строков А.П., Карнаухов Ю.И. Выбор рациональной частоты вращения транспортного дизеля. // ЦНИИТЭИтяжмаш. 1989. Вып.23. с.21-26.

16. Строков А.П., Парсаданов И.В. Конвертация дизеля с газотурбинным наддувом для работы по газодизельному циклу. //ЦНИИТЭИтяжмаш. 1991. Вып.1. с.1-7.

17. Строков А.П. Проблемы адаптации тракторного дизеля для применения на городских автобусах. //Тезисы докл. конф. "Перспективы и проблемы развития автобусов, автопогрузчиков и агрегатов". 1991. Львов. с.93-94.

18. Строков А.П. Снижение расхода масла на угар быстроходного короткоходного дизеля. //ЦНИИТЭИтяжмаш. 1991. вып.3. с.3-8.

19. Строков А.П., Сергиенко Н.А., Харченко А.И., Мохамед М. Двухступенчатое охлаждение наддувочного воздуха на авто-тракторном дизеле. //Международный сельскохозяйственный журнал. 1994. №1. с.32-37.

Уровни форсирования и топливной экономичности
дизелей

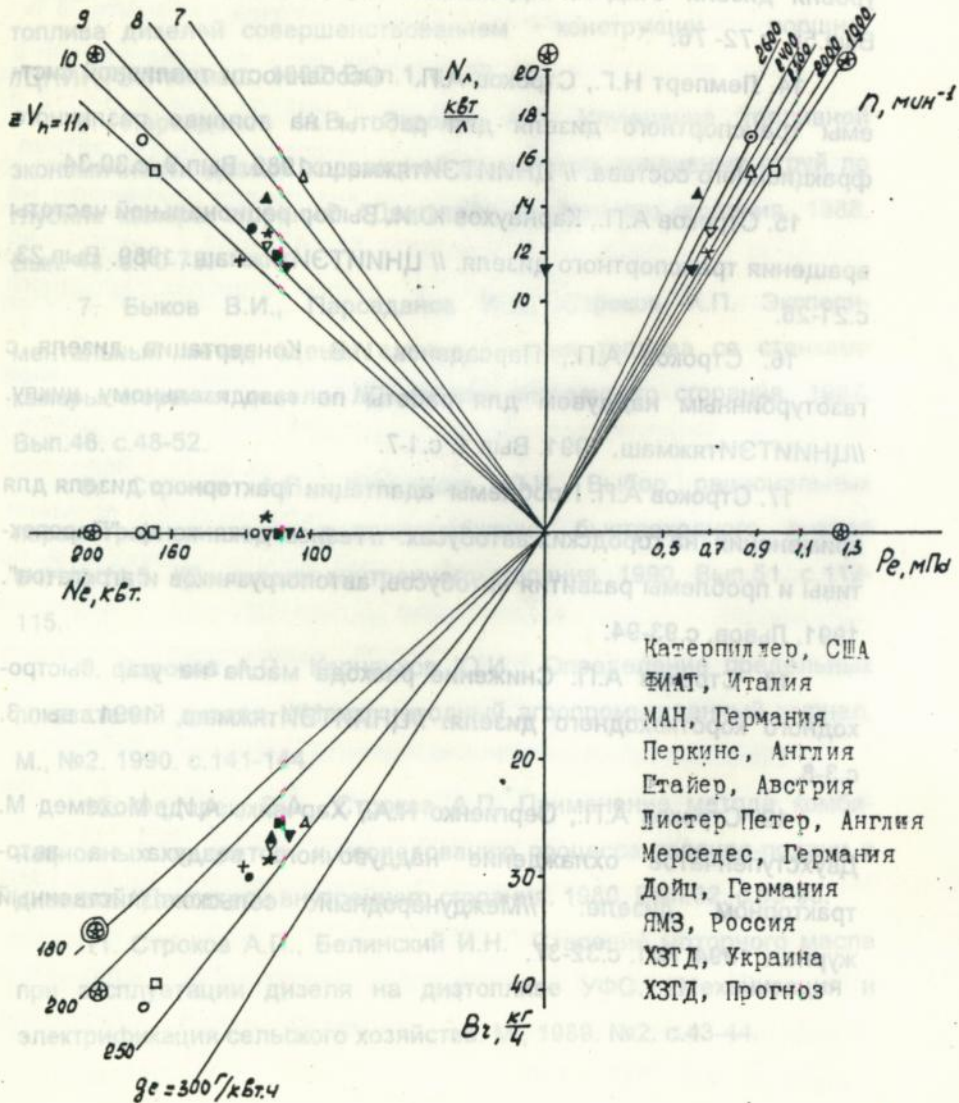
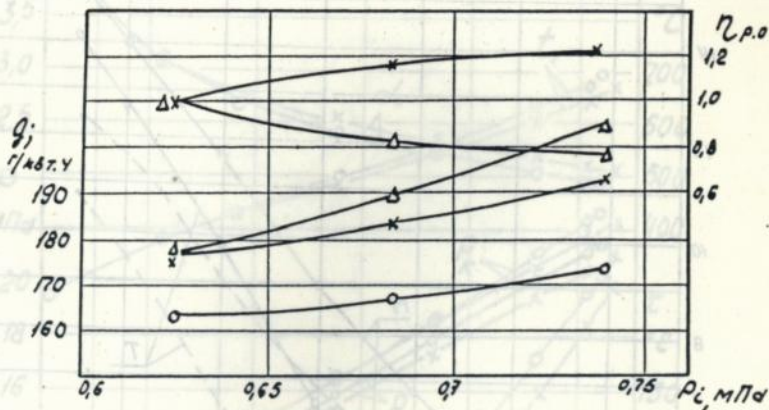


Рис. I

Значения эффективности струй



- — отверстия не заглушены
- △ — заглушены короткие струи
- × — заглушены длинные струи

Рис. 2

Зависимость g_i от неравномерности распределения топлива по отверстиям

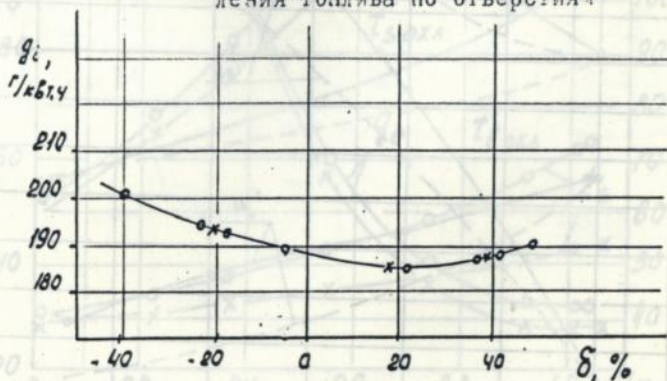
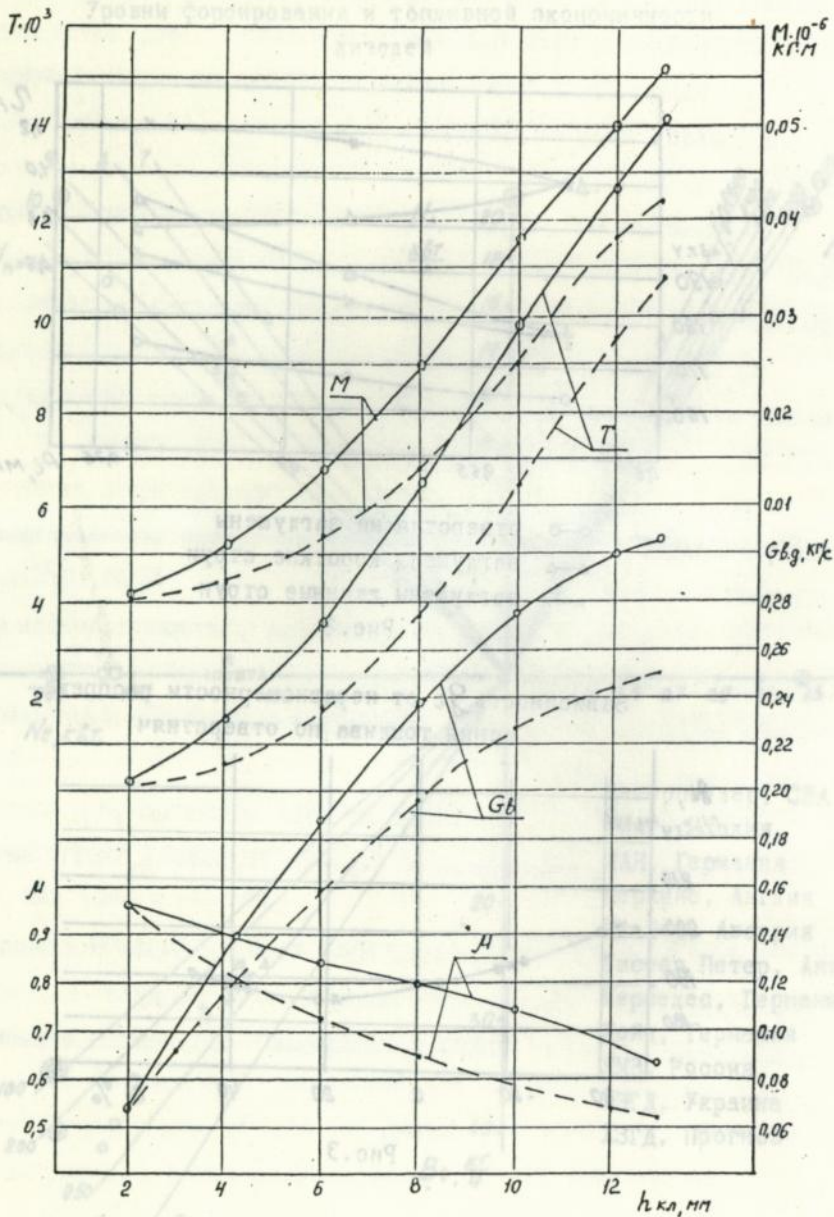


Рис. 3

Изменение параметров воздушного вихря



○— винтовой канал

×—× ширма на седле клапана

рис. 4

Показатели дизеля с серийной и двухступенчатой системами ОЧЗ

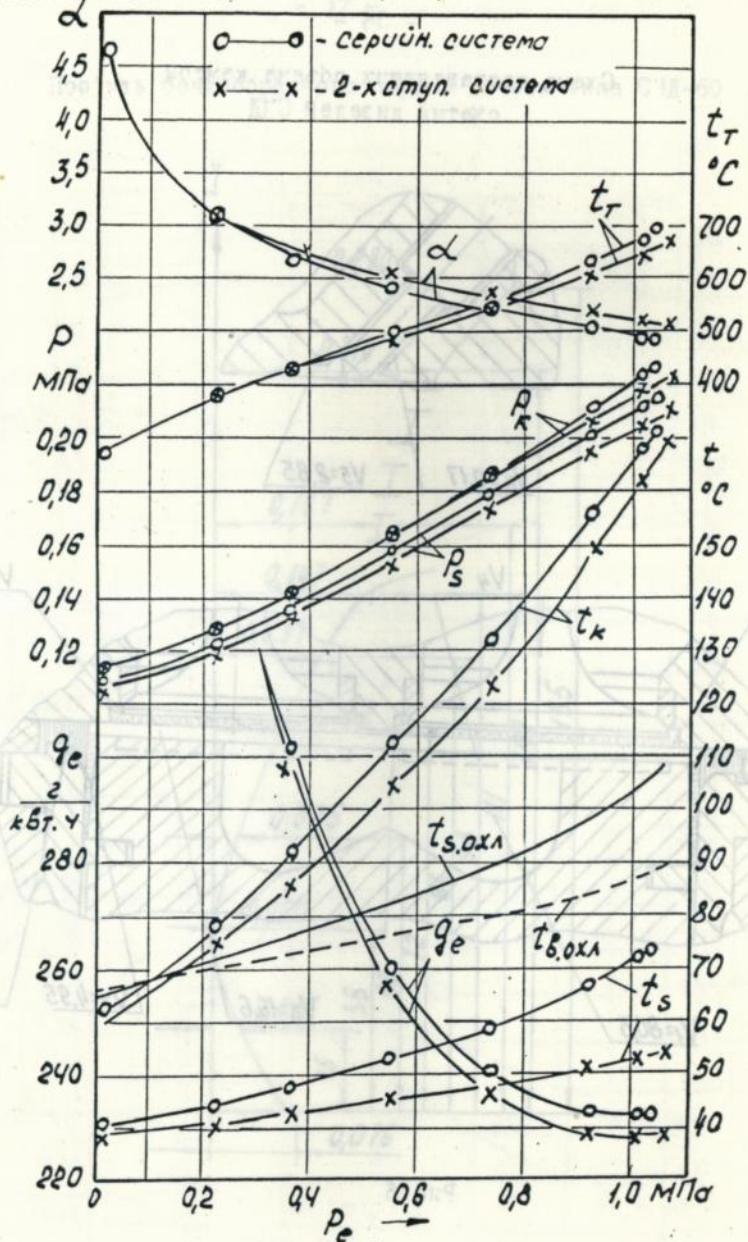
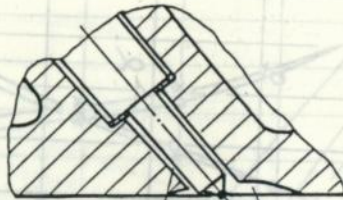


Рис. 5

Схема составляющих объема камеры
сжатия дизелей СМД



$V_8 = 0,17$

$V_5 = 2,85$

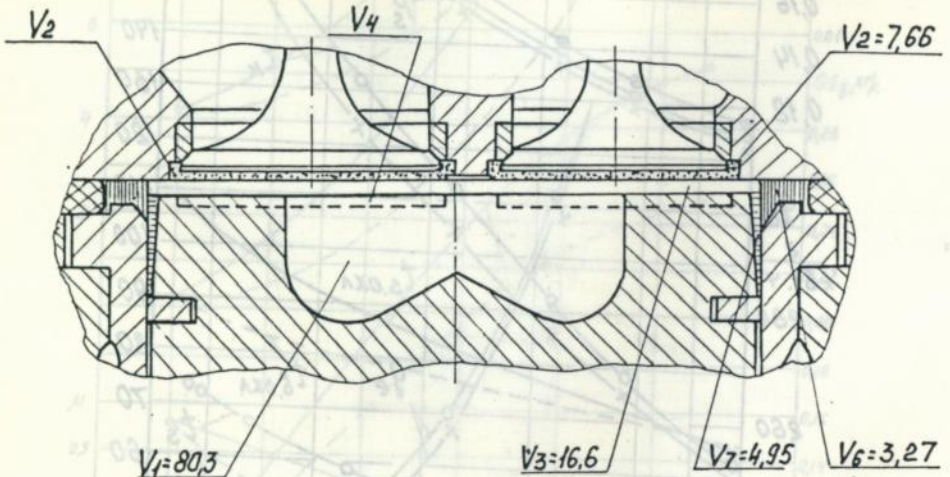


Рис. 6

Профиль боковообразного поршня дизеля типа СМД-60

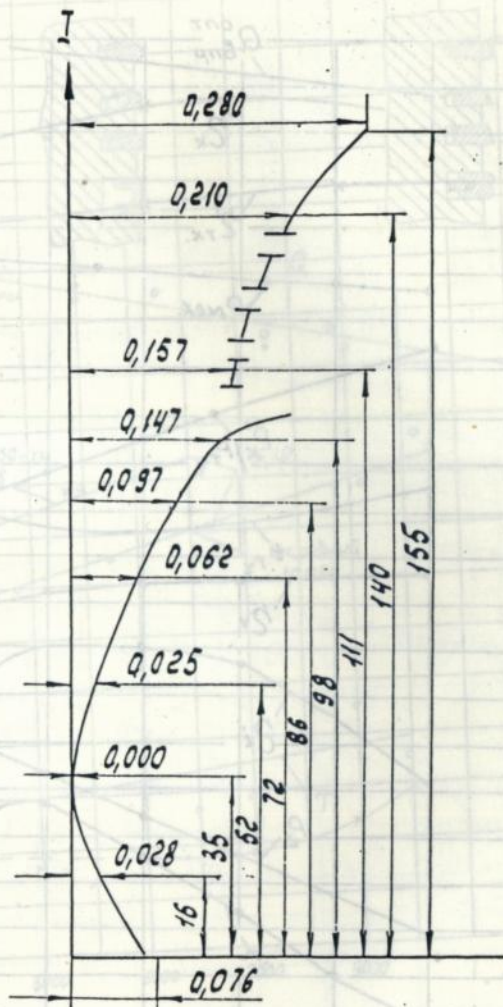


Рис. 7

ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЕЙ 6ЧН13/11,5
ОТ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ПРИ $P_e = 1$ МПа

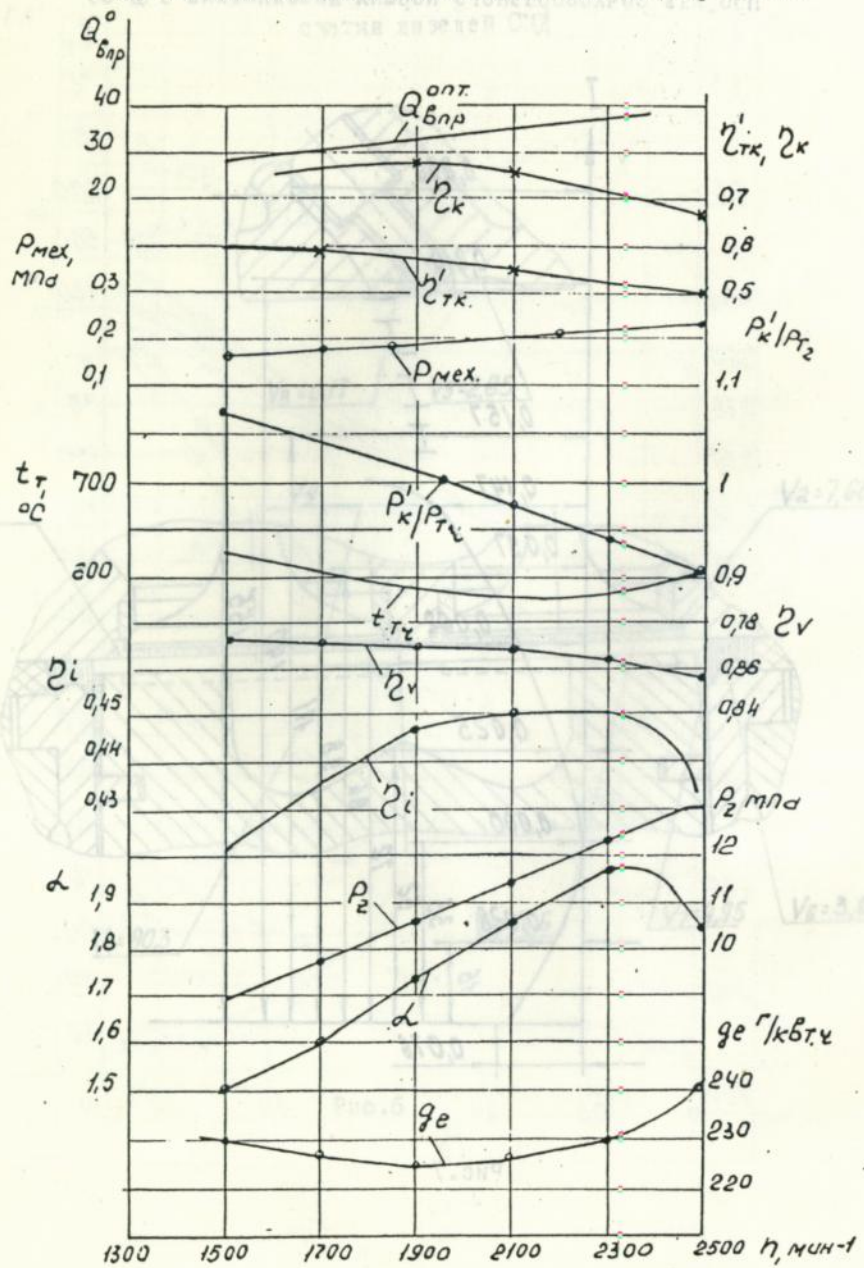


Рис. 8

Зависимость $g_{м.уг.}$ от параметров колец и наработки дизеля

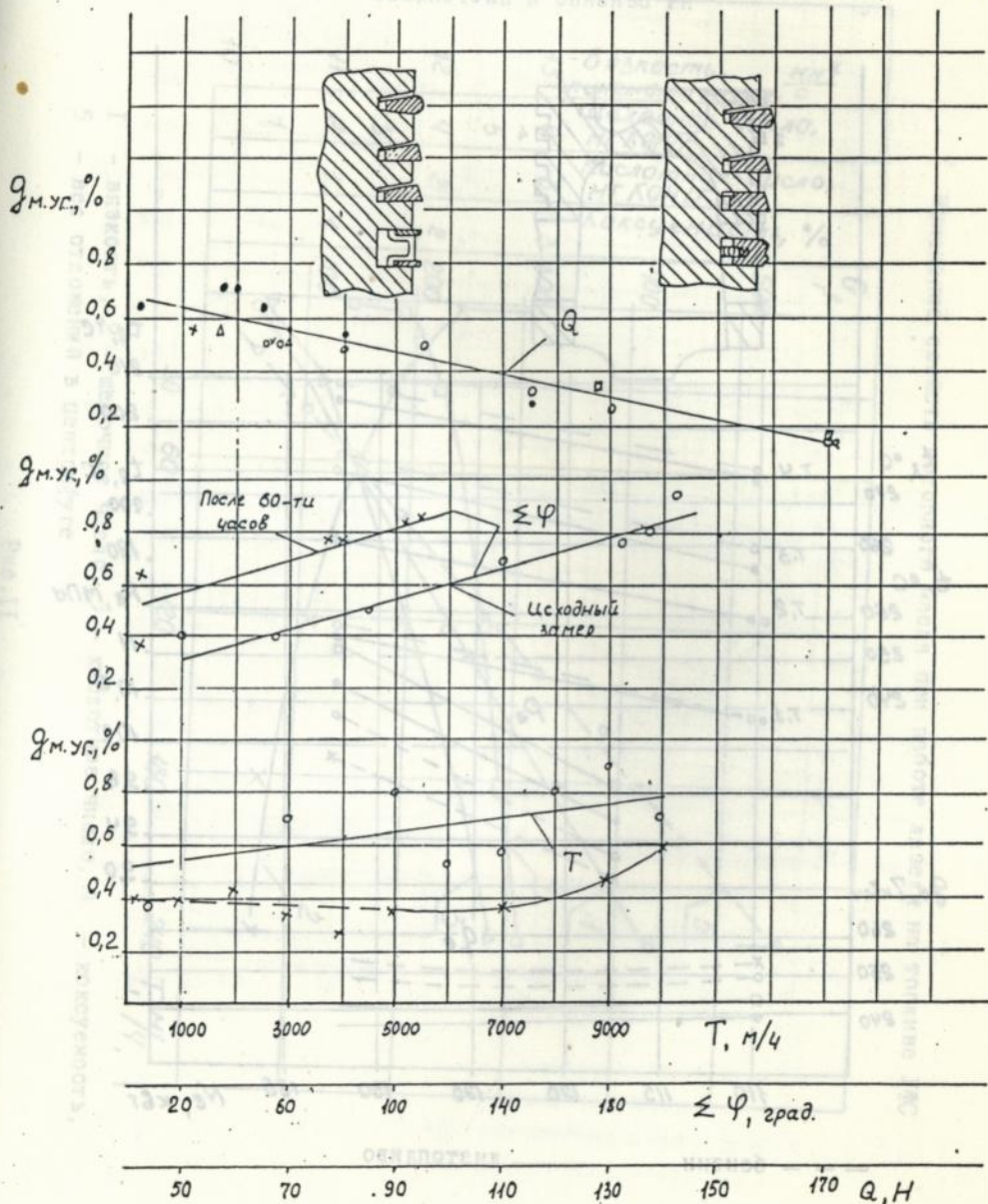


Рис. 9

Изменение параметров дизеля при работе на бензине и дизтопливе

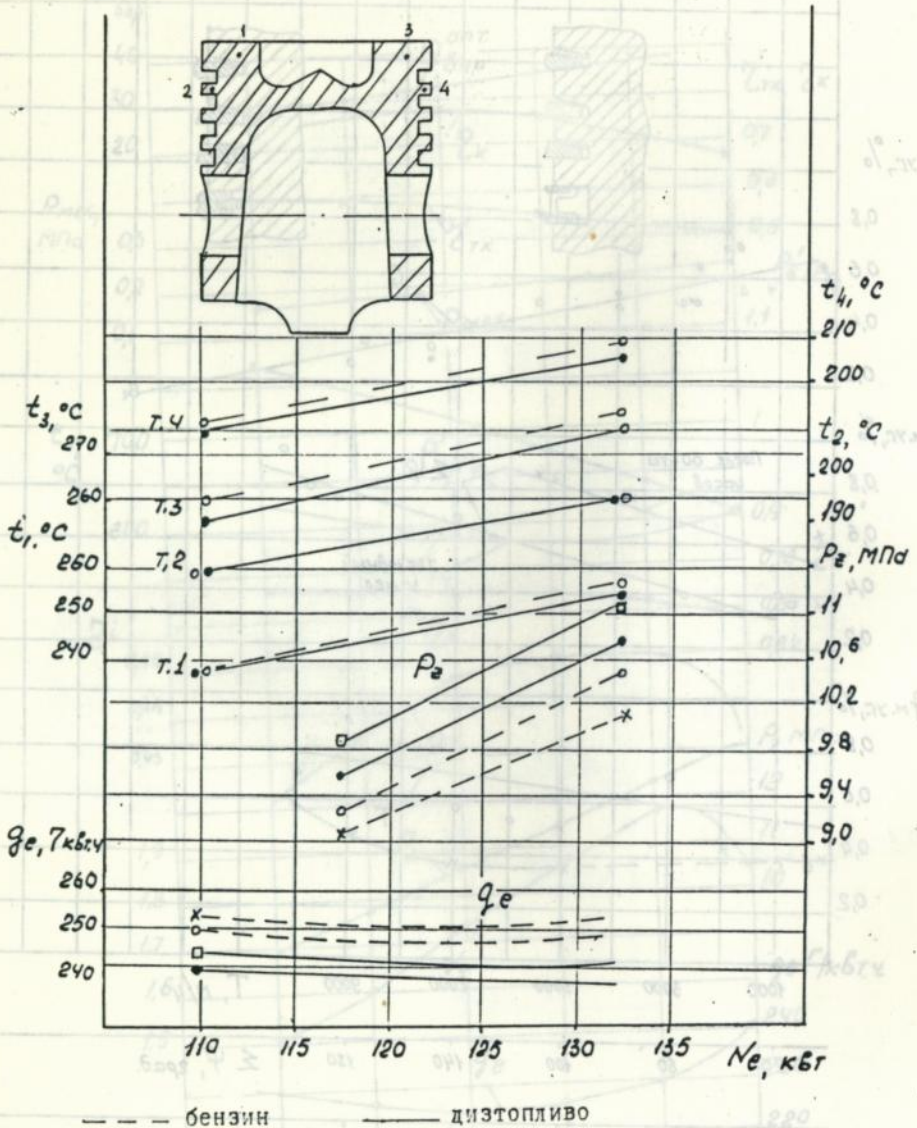
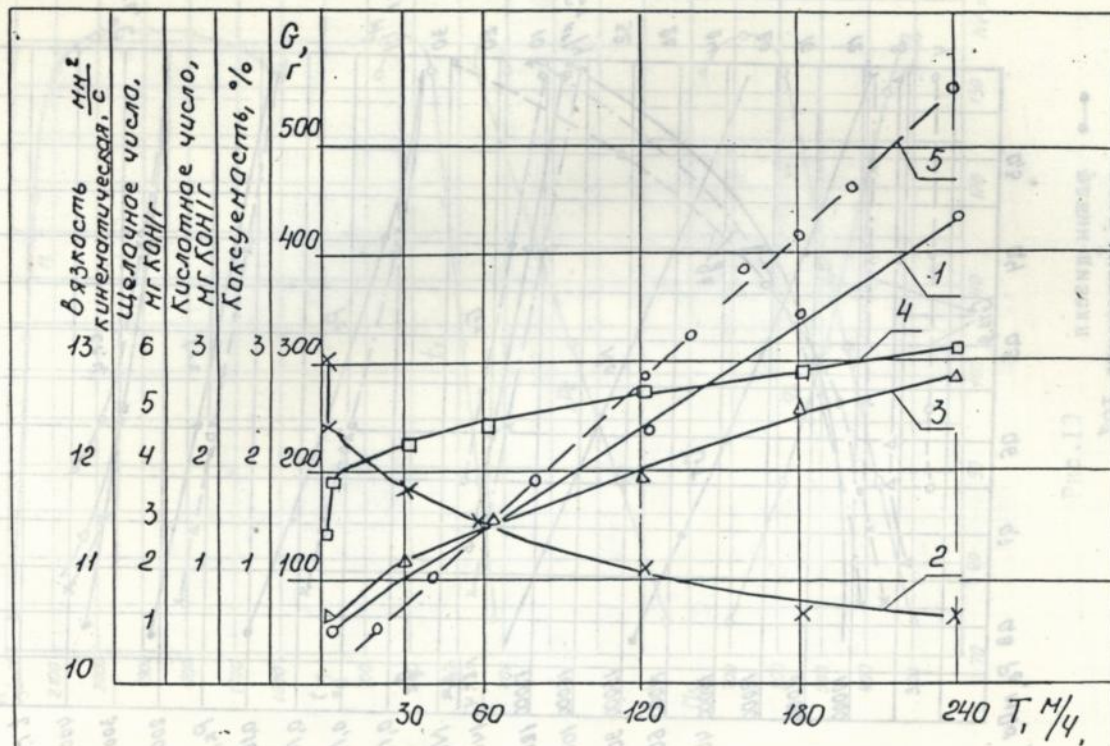


Рис. 10

Изменение свойств моторного масла при работе дизеля на топливе УФС



1 - вязкость, 2 - щелочное число, 3 - кислотное число, 4 - коксуемость,
5 - вес отложений в центрифуге

Рис. II

- 42 -
Характеристики газодизеля

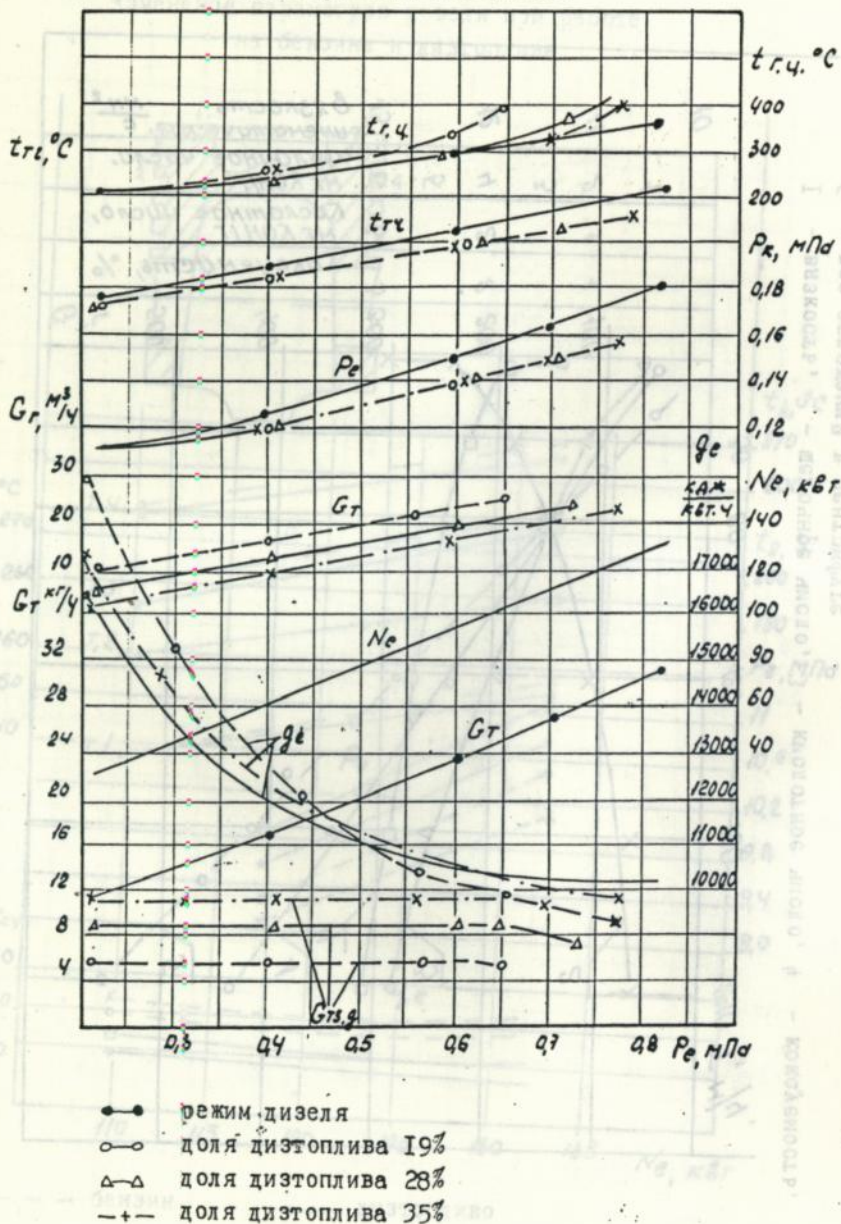


Рис. 12

Регуляторная характеристика ДПМ

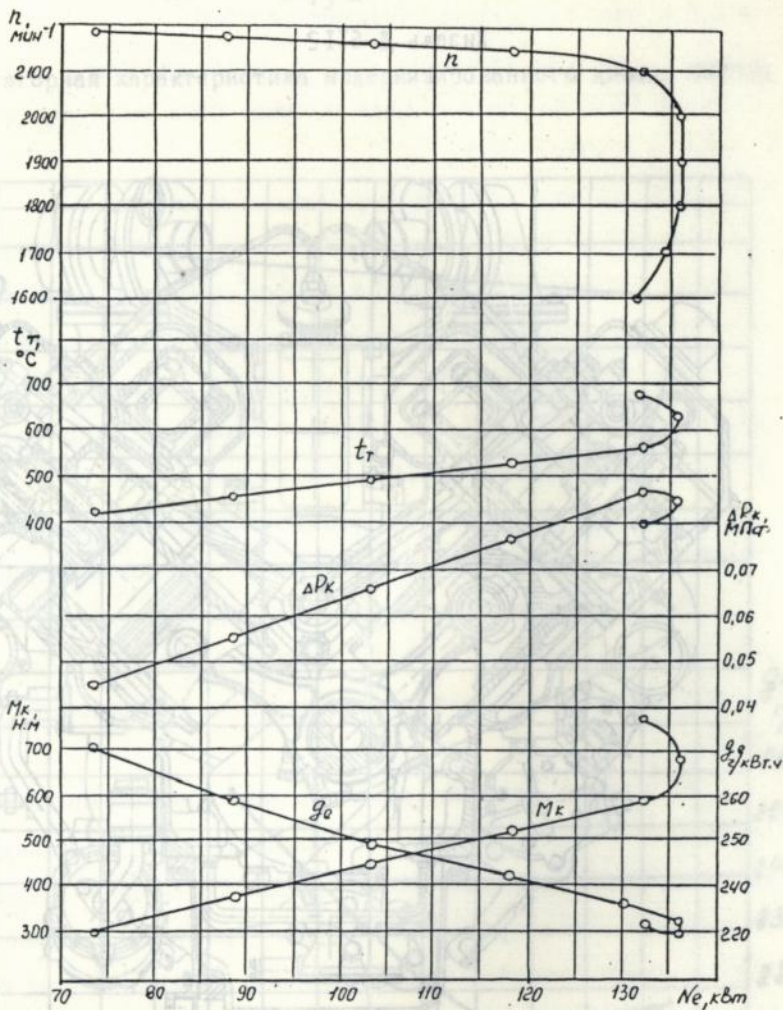


Рис. 13

ИИД ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ РАБОТНИЧЕСТВО
Характеристика гидромотора

Дизель Д-5П2

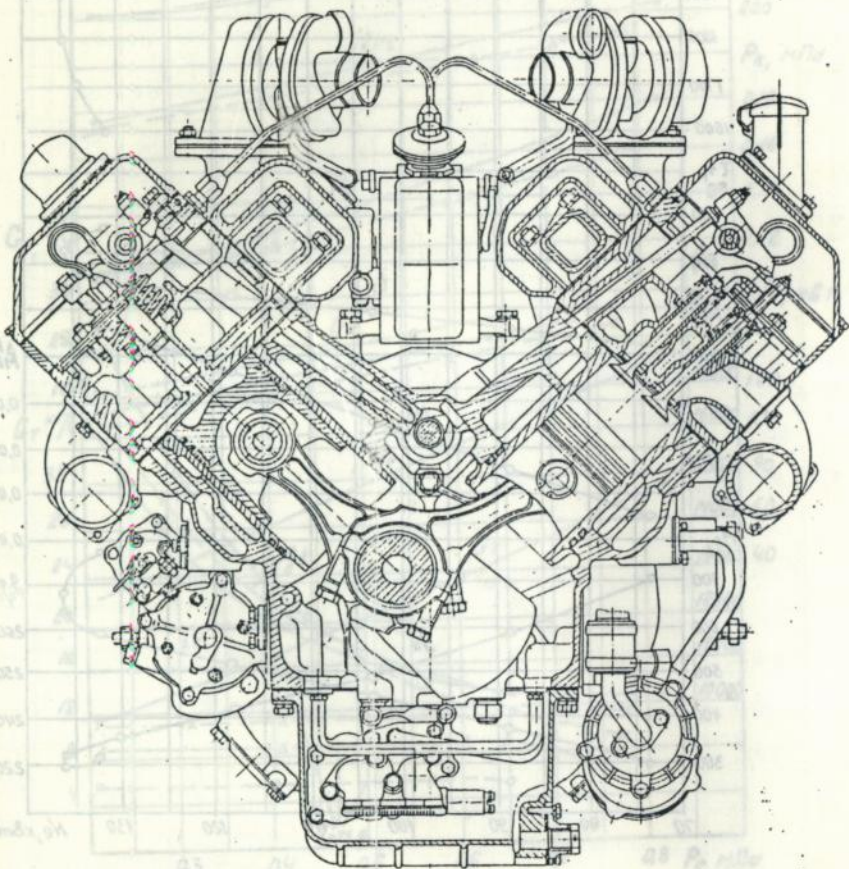


Рис. I4

Регуляторная характеристика модернизированного дизеля СМД62А

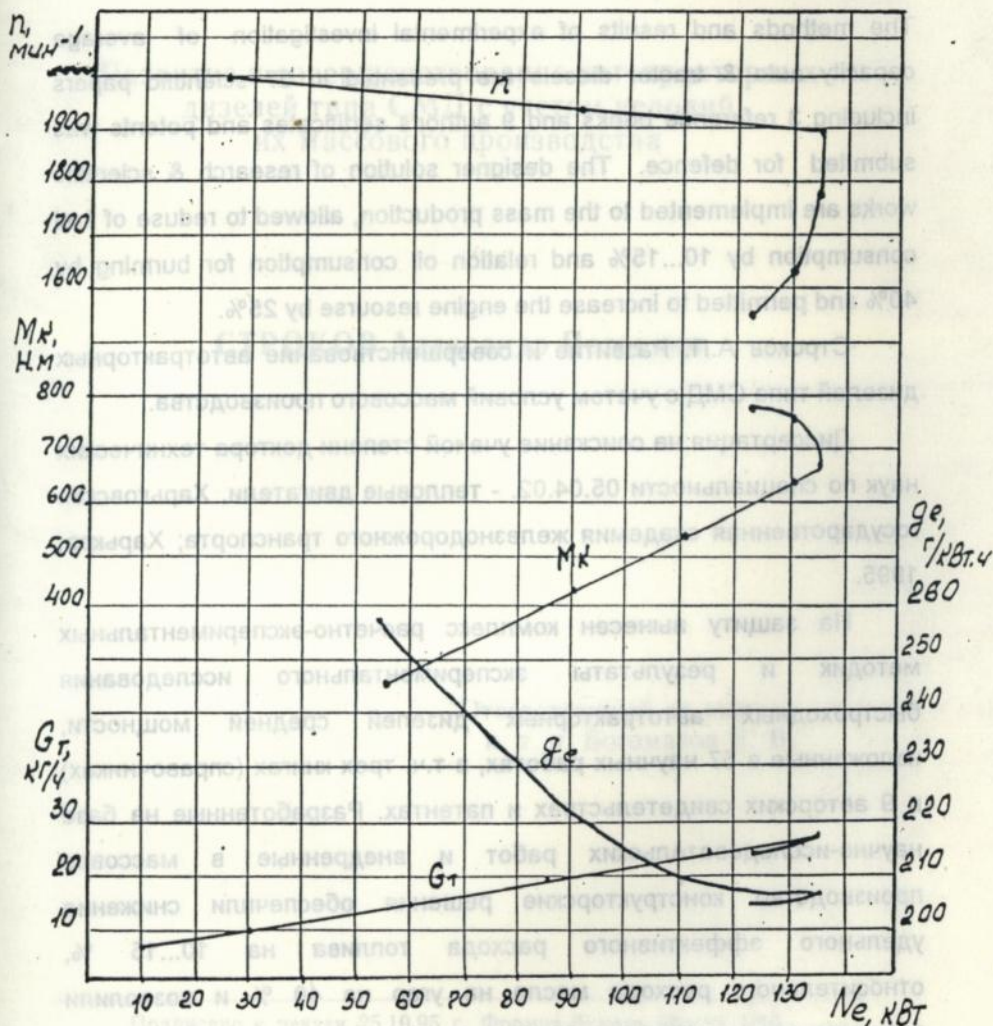


Рис. 15

Strokov A.P. "Development and moderation of auto & tractor SMD type diesels in order to the mass production condition.

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

The methods and results of experimental investigation of average capacity auto & tractor diesels are presented in 57 scientific papers including 3 reference books and 9 author's certificates and patents was submitted for defence. The designer solution of research & scientific works are implemented to the mass production, allowed to reduce of fuel consumption by 10...15% and relation oil consumption for burning by 40% and permitted to increase the engine resource by 25%.

Строков А.П. Развитие и совершенствование автотракторных дизелей типа СМД с учетом условий массового производства.

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

На защиту вынесен комплекс расчетно-экспериментальных методик и результаты экспериментального исследования быстроходных автотракторных дизелей средней мощности, изложенные в 57 научных работах, в т.ч. трех книгах (справочниках) и 9 авторских свидетельств и патентах. Разработанные на базе научно-исследовательских работ и внедренные в массовое производство конструкторские решения обеспечили снижение удельного эффективного расхода топлива на 10...15 %, относительного расхода масла на угар на 40 % и позволили повысить ресурс дизеля на 25 %.

Ключові слова: дизель, витрата палива.

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Развитие и совершенствование автотракторных
дизелей типа СМД с учетом условий
их массового производства

СТРОКОВ Александр Петрович

Ответственный за выпуск
к. т. н. Богомазов Е. В.

Подписано к печати 25.10.95 г. Формат бумаги 60×84 1/16.
Бумага для множительных аппаратов. Печать офсетная.
Усл. печ. лист 2, уч.-изд. лист 2,3. Заказ 256. Тираж 100 экз.
Р-т «СпМ». Бесплатно

416224

AB

33.365

AB 33.365