

11496574

Государственный комитет СССР по народному образованию
Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена
Трудового Красного Знамени государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана

На правах рукописи

УДК 621.43.066.1.001.24

Сыркин Владимир Константинович

УЛУЧШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫПУСКНОЙ СИСТЕМЫ
КОМБИНИРОВАННОГО ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТИПА ЧН 18/22
С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА

05.04.02 тепловые двигатели

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1989

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана и в Хабаровском политехническом институте

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент
Ивин В.И.

Официальные оппоненты- доктор технических наук, профессор
Пчелкин Ю.М.

кандидат технических наук, старший
научный сотрудник
Поветкин Г.М.

Ведущая организация - п/о "Коломенский завод имени
В.В. Куйбышева"

Защита диссертации состоится "5" февраля 1990 г.
в 14 часов на заседании специализированного совета
К.053.15.05 "Тепловые машины и теоретические основы теплотех-
ники" МГТУ им. Н.Э. Баумана по адресу: 107005, Москва, Лефор-
товская наб., д. 1, корпус факультета "Энергомашиностроение".

С
им. 

теке МГТУ

заверенный

печ

г.

имов С.И.

По

Тир

л

М 486574

., тир. 100 экз.

Актуальность проблемы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года" поставлена задача повышения технического уровня двигателей внутреннего сгорания и, в первую очередь, повышения топливной экономичности. Эк номичность комбинированного двигателя в значительной степени зависит от газодинамического совершенства выпускной системы. В свою очередь ключевым элементом в системе выпуска является выпускной канал в крышке цилиндра. По оценкам ряда исследователей в нем теряется до 50% работоспособности газов. Только за счет удачно спрофилированных каналов удастся снизить удельный эффективный расход топлива на 3...5% и более.

Для доводки и конструирования выпускных каналов большинство исследователей используют малоэффективный метод последовательных приближений. Это объясняется тем, что до настоящего времени не разработана методика оптимизации выпускных каналов в составе комбинированного двигателя. Современный уровень развития расчетных методов не обеспечивает адекватного моделирования трехмерного нестационарного течения в выпускном канале. Имеющиеся рекомендации носят, в основном, частный характер, зачастую противоречивы. Остаются нерешенными принципиальные вопросы, связанные с определением диапазона подъемов клапана в котором целесообразно осуществлять оптимизацию геометрии канала и критериями перспективности геометрических факторов.

Цель исследования. Улучшение газодинамических характеристик выпускных каналов двигателей типа ЧН И8/22 путем модификации их профиля, определение влияния расходной характеристики канала на экономичность двигателя в целом, определение управляющего воздействия, позволяющего обеспечить снижение удельного эффективного расхода топлива при установке на двигатель каналов с улучшенными газодинамическими характеристиками.

Методы исследования. Поставленная в работе цель достигается путем взаимосвязанного и взаимодополняющего использования методов математического и физического моделирования. Расчетное исследование выполнялось на ЭВМ ЕС-1052 с использованием

I

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1496574

Сыркин В.К. Улучшение энер



разработанного программного обеспечения. Экспериментальные исследования проводились на газодинамическом стенде, одноцилиндровом отсеке ЧН 18/22 и на развернутом двигателе 6ЧН 18/22.

Научная новизна. Разработана методика определения зоны эффективного профилирования, т.е. диапазона подъемов клапана в котором улучшение газодинамических характеристики канала в наибольшей степени влияет на работоспособность газа за выпускными органами. Разработана методика выделения в выпускном канале зон перспективных для модификации (метод "пробных тел"), выполнена тестовая проверка предложенной методики, выработаны рекомендации по ее применению. Выполнено расчетное исследование согласования расходных характеристик выпускного канала и агрегатов наддува. Результаты экспериментальных исследований на одноцилиндровом отсеке и на двигателе подтвердили необходимость согласования и позволили обосновать целесообразность повышения пропускной способности турбины.

Практическая ценность. Разработанные экспериментальные и расчетные методики позволили осуществить оптимизацию газодинамических характеристик выпускных каналов двигателей типа ЧН 10/22. Изменение геометрии выпускных каналов позволило повысить коэффициент расхода на 10...30% для канала четырехклапанной крышки цилиндра и на 15...50% для выпускного канала двухклапанной крышки цилиндра.

Эксперименты на двигателе выявили необходимость увеличения проходного сечения турбины турбокомпрессора. Результаты расчетного эксперимента свидетельствуют о том, что установка на двигатель мощностью 150 кВт опытных выпускных каналов и одновременное повышение пропускной способности турбины на 15...17% позволит снизить удельный эффективный расход топлива на 6 г/(кВт ч).

Реализация работы. Теоретические и расчетные результаты работы использовались в госбюджетных и хозяйственных НИР выполненных на кафедре ДВС Хабаровского политехнического института.

На Хабаровском ордена Трудового Красного Знамени заводе "Дальдизель" внедрены опытные конструкции выпускных каналов и седел выпускных клапанов, разработанные с участием автора.

Апробация работы. Основное содержание и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на УІ-м международном симпозиуме МОТОР СИМПО в ЧССР, Штефско-Плесо, апрель 1988 г.; на УІІ-й Всесоюзной школе-семинаре "Современные проблемы газодинамики и тепломассообмена и пути повышения эффективности энергетических установок", Канев, май 1989 г.; кафедры КДВС МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1986-1989 гг.; кафедры ДВС Хабаровского политехнического института в 1984-1989 гг.

Публикации. По теме диссертации опубликовано четыре печатные работы.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов и списка использованной литературы. Работа содержит 124 страницы текста, 84 рисунка, 5 таблиц, список литературы из 95 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрывается актуальность темы, формулируются цель и задачи исследования.

Первая глава посвящена обзору работ по улучшению энергетических характеристик выпускной системы, современным конструкциям выпускных каналов, критериям качества и методам оптимизации выпускных каналов в составе комбинированного двигателя. Из проведенного анализа следует, что наиболее существенным источником потерь в выпускной системе является выпускной канал в крышке цилиндра. Сопоставление различных конструкций выпускных каналов показало, что этот элемент имеет большие резервы для совершенствования. Существующие конструктивные рекомендации не обладают достаточной полнотой, зачастую противоречивы, что не позволяет с их помощью решить поставленную задачу. Это обуславливает необходимость проведения самостоятельного исследования применительно к двигателям типа ЧН 18/22.

На основе обзора литературных источников можно сделать вывод о том, что в рамках данной работы следует рассматривать две взаимосвязанные задачи: оптимизация выпускного канала как автономного объекта по критерию минимального гидравлического сопротивления и его оптимизация в качестве элемента системы наддува, критерием качества в этом случае будет удельный

эффективный расход топлива. Для решения первой из этих задач широко используются методы физического моделирования, для решения второй задачи целесообразно использовать математическое моделирование.

При осуществлении автономной оптимизации выпускного канала исследователю желательно иметь информацию о том, на каких подъемах клапана улучшение гидродинамических характеристик канала наиболее эффективно, т.е. в максимальной степени увеличивает выбранный показатель качества. Существующие оценки этого диапазона эффективного профилирования носят весьма приближенный характер.

Опыт профилирования выпускных каналов свидетельствует о том, что аэродинамические характеристики канала потенциально зависят от всей совокупности его геометрических размеров (факторов). Ввиду сложности геометрической формы каналов прямое решение оптимизационной задачи на исходном множестве геометрических факторов становится невозможным из-за большой размерности задачи. Отбор из исходного множества геометрических факторов ограниченного подмножества перспективных факторов в настоящее время осуществляется субъективными методами, основанными на опыте и интуиции исследователя. При таком подходе оптимизация может потерять всякий смысл, если хотя бы один из существенных факторов не будет включен в рассмотрение.

При оптимизации выпускного канала как элемента системы наддува возникает проблема реализации улучшения гидродинамических свойств канала. Снижение уровня потерь в выпускном канале определяет рост работоспособности газов перед турбиной и соответствующее повышение давления наддува. В то же время может возрасти давление в выпускном трубопроводе в период принудительного выпуска, что приводит к увеличению отрицательной составляющей работы насосных ходов. Снижение удельного эффективного расхода топлива может не достигаться из-за рассогласования элементов выпускной системы.

По результатам обзора сформулированы цель работы и те конкретные задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели.

Во второй главе рассмотрена расчетно-экспериментальная методика оптимизации выпускных каналов. На основании данных

анализа литературных источников делается вывод о том, что достаточная адекватность математической модели может быть обеспечена при квазистационарном рассмотрении процесса в цилиндре и во впускном трубопроводе и нестационарном расчете выпускного трубопровода.

Для моделирования процесса в цилиндре в период газообмена используется система уравнений, включающая уравнения первого закона термодинамики для открытых систем, массового баланса и состояния. Теплообмен со стенками камеры сгорания рассчитывается по формуле Ньютона-Рихмана, коэффициент теплоотдачи от газа к стенке - по формуле Ципфа. В период одновременного открытия впускных и выпускных органов используется гипотеза полного и мгновенного перемешивания отработавших газов и поступающего воздуха.

Поток газа в выпускном трубопроводе описывается системой уравнений, выражающих законы сохранения для одномерного нестационарного движения совершенного газа. Система уравнений преобразуется к характеристическому виду и решается разностными методами.

Граничные условия у выпускных и впускных органов записаны с помощью уравнений неразрывности и энергии. Учет характеристик реальных каналов производится путем введения в уравнения граничных условий эмпирических коэффициентов расхода, полученных в стационарных условиях.

Граничные условия в разветвлениях выпускного трубопровода записаны на основании законов сохранения для каждой ветви. В точке слияния потоков принимается равенство статических давлений для всех ветвей.

Турбина турбокомпрессора моделируется эквивалентным соплом, проходное сечение сопла определяется из одномерного квазистационарного расчета турбины. Для моделирования компрессора используются его реальные характеристики, снятые в стационарных условиях.

Математическая модель может быть использована для оценки воздействия расходной характеристики канала на параметры двигателя. Представляет интерес анализ этого воздействия еще на начальном этапе исследования, до проведения экспериментальных

работ. На этом этапе, как правило, известна расходная характеристика базового канала $\mu = f(h_{kl})$. С помощью математической модели можно выполнить прогнозирование воздействия изменения расходной характеристики канала на один из показателей двигателя, например на работоспособность газа за выпускными органами. Вариация работоспособности газа может быть записана в виде

$$\Delta E = \frac{\Delta E}{\Delta \mu|_{h=h_1}} \Delta S_1 + \dots + \frac{\Delta E}{\Delta \mu|_{h=h_i}} \Delta S_i + \dots + \frac{\Delta E}{\Delta \mu|_{h=h_n}} \Delta S_n, \quad (1)$$

где

$\frac{\Delta E}{\Delta \mu|_{h=h_i}}$ - вариационная производная (коэффициент чувствительности) на i -м подъеме клапана;

ΔS_i - приращение площади между исходной функцией и функцией полученной после варьирования.

Для определения вариационных производных, входящих в выражение (1) необходимо.

1. Исходя из возможного диапазона изменения расходной характеристики назначить верхний μ^{max} и нижний μ^{min} пределы варьирования (рис. 1).
2. Разбить диапазон подъемов клапана на n участков.
3. На каждом участке провести варьирование, которое заключается в том, что коэффициент расхода на i -м подъеме клапана принимает значение μ^{max} (рис. 1).

По величине вариационной производной можно судить о чувствительности параметров двигателя к изменению характеристики канала. Зона подъемов клапана в которой группируются максимальные значения коэффициентов чувствительности представляет особый интерес для исследователя, т.к. позволяет наиболее интенсивно воздействовать на параметры двигателя. Выражение (1) применяется для оценки качества выпускных каналов. Это выражение особенно удобно для оценки компромиссных вариантов, т.е. каналов с пересекающимися расходными характеристиками.

Для того, чтобы определить перспективные направления воздействия на геометрию канала необходимо определить вариационную производную (коэффициент чувствительности) для каждого элементарного геометрического фактора. Элементарным геометрическим фактором является площадка на поверхности канала, ограниченная произвольной замкнутой кривой.

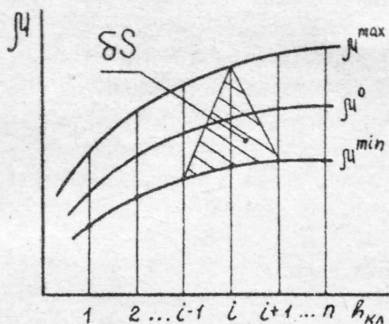


Рис. 1. Вариация расходной характеристики выпускного канала

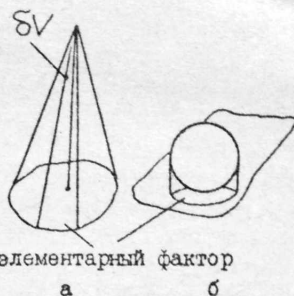


Рис. 2. Вариация элементарного геометрического фактора:
а - геометрическая аналогия;
б - физическая аналогия

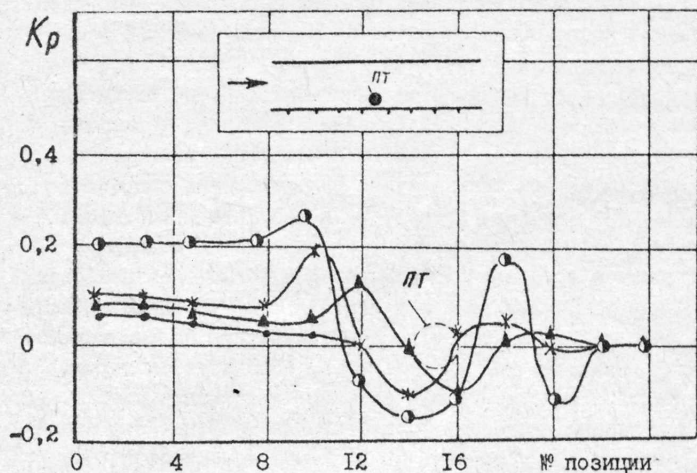


Рис. 3. Распределение статического давления в прямом трубопроводе: ● - без ПТ; ▲ - ПТ диаметром 16 мм; * - ПТ диаметром 25 мм; ⊙ - ПТ диаметром 36 мм

Рассмотрим процедуру вариации элементарного геометрического фактора (рис. 2а). Вариационная производная определится как изменение показателя качества (например коэффициента расхода канала) к объему тела, образованного поверхностями исходного и проварьированного геометрических факторов (рис. 2а). Вариация фактора производится таким образом, что его граница переходит сама в себя. При положительном знаке вариационной производной можно сделать вывод о перспективности соответствующего геометрического фактора, т.е. о целесообразности модификации геометрии канала в данной зоне.

Поскольку процедура варьирования имеет четкую геометрическую интерпретацию, то может быть предложен и физический аналог этой процедуры: закрепление на поверхности канала тела соответствующего размера (рис. 2б). Для обоснования этой методики требуется выполнение специальных тестовых экспериментов.

Для сокращения трудоемкости изготовления опытных вариантов выпускных каналов использовалась автоматизированная процедура моделирования непрерывных семейств поперечных сечений, с получением информации в виде чертежей шаблонов.

В третьей главе описывается экспериментальный стенд для газодинамических исследований; приведена методика обработки результатов эксперимента; приведена конструкция и показаны тарировочные характеристики датчика для измерения скорости потока; изложена методика проведения и результаты тестового эксперимента. Тестовый эксперимент проводился на модельных объектах (прямой трубопровод, кольцевая и сегментная диафрагмы) и на реальном выпускном канале двигателя типа ЧН 18/22. Использовались тела различных типов: полусферические, пирамидальные, сферические. Введение тел (в дальнейшем используется термин "пробное тело" и сокращение ПТ) вызывает деформацию потока. На рис. 3 показано изменение распределения коэффициента статического давления при установке ПТ в прямой трубопровод. Под действием ПТ в потоке образуется локальная отрывная зона, сопротивление канала при этом увеличивается. При размещении ПТ в стационарных отрывных зонах оно не вызывает повышения гидравлического сопротивления канала. При установке ПТ в потоки сложной структуры знак его воздействия определяется балансом двух

составляющих: с одной стороны ПТ уменьшает градиент давления в зоне вверх по потоку, а также оказывает турбулизирующее и вытесняющее воздействие, с другой стороны обтекание ПТ вызывает увеличение диссипации в потоке. Установка ПТ в выпускном канале показала, что коэффициенты чувствительности для различных геометрических факторов существенно неоднородны. В прямом трубопроводе при установке двух ПТ отмечены нелинейные эффекты парного взаимодействия. Исходя из результатов опытов, критерием перспективности геометрического фактора может быть выбрано минимальное ухудшение аэродинамических характеристик под воздействием ПТ (т.е. минимальное значение соответствующей вариационной производной). Установлено, что воздействие ПТ нелинейно зависит от его размера и формы, рекомендуемое отношение площади ПТ к площади канала составляет 0,06...0,15.

В четвертой главе приведены результаты математического моделирования процессов в комбинированном двигателе. Для определения диапазона эффективного профилирования использовались характеристики $\mu = f(\rho_{кл})$ базовых вариантов выпускных каналов, вариация характеристики выполнялась в пределах 30 %. На рис. 4 показаны коэффициенты чувствительности нормированные по максимальному значению. Кривая 1 соответствует двигателю мощностью 150 кВт с двухклапанной крышкой цилиндра, кривая 2 - двигателю мощностью 432 кВт с четырехклапанной крышкой цилиндра. Если ограничить зону эффективного профилирования условием $K_i > 0,8$ (K_i - коэффициент чувствительности), то она занимает диапазон подъемов клапана 0,25...0,5 $\rho_{кл}^{max}$ для первого двигателя и 0,15...0,4 для второго двигателя.

Установка на двигатель каналов с увеличенной пропускной способностью сопровождается существенной деформацией импульса давления (рис. 5). Данные относятся к двигателю мощностью 150 кВт, кривые соответствуют различным приращениям время-сечения выпускных органов. По мере увеличения время-сечения выпускных органов наблюдается, при неизменной пропускной способности турбины, увеличение давления во время принудительного выпуска и рост отрицательной составляющей работы насосных ходов. Расчеты свидетельствуют, что установка на двигатель каналов с улучшенными газодинамическими характеристиками сопровождается ростом работоспособности газов перед турбиной

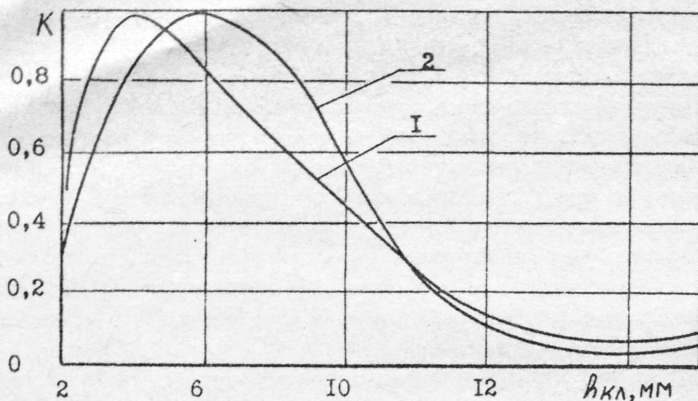


Рис. 4. Коэффициенты чувствительности по работоспособности газа за выпускными органами: 1 - двигатель мощностью 435 кВт, $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$; 2 - двигатель мощностью 150 кВт, $n = 750 \text{ мин}^{-1}$

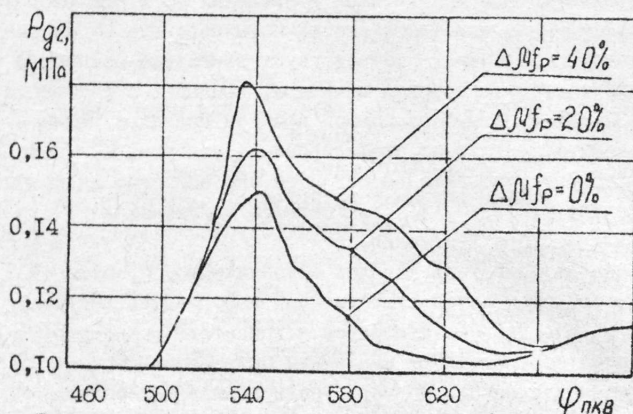


Рис. 5. Деформация импульса давления (двигатель мощностью 150 кВт, $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$)

и соответствующем увеличением давления наддува. Это обеспечивает (при неизменной цикловой подаче топлива) повышение коэффициента избытка воздуха. В то же время суммарный коэффициент избытка воздуха для двигателей типа ЧН 18/22 достаточно высок и лежит в пределах 2,3...2,5, поэтому его дальнейшее увеличение не вызовет сколько-нибудь существенного увеличения индикаторного КПД цикла. При установке на двигатель выпускных каналов с улучшенными газодинамическими характеристиками снижается положительная работа на поршне в период предварения выпуска. Таким образом применение выпускных каналов с повышенной пропускной способностью может не сопровождаться снижением удельного эффективного расхода топлива из-за рассогласования выпускной системы. Расчетный эксперимент показал, что для обеспечения топливной экономичности целесообразно либо уменьшить угол опережения выпуска, что увеличивает эффективную работу на поршне, либо увеличить пропускную способность турбины, что снижает отрицательную составляющую работы насосных ходов.

В пятой главе приводятся результаты экспериментального исследования по оптимизации геометрии выпускных каналов двигателей типа ЧН 18/22. Геометрия базовых вариантов выпускных каналов не в полной мере соответствует существующим рекомендациям: имеется резкое увеличение площади на начальном участке канала, наличие плохообтекаемых клапанных бобышек.

При оптимизации начального участка выпускного канала четырехклапанной крышки цилиндра в качестве независимых факторов были выбраны площадь узкого сечения в горловине канала и его местоположение относительно запорной фаски клапана. Установлено, что местоположение узкого сечения незначительно влияет на коэффициент расхода канала, за исключением малых подъемов клапана ($\eta_{\text{кв}} < 0,25 \eta_{\text{кв}}^{\text{max}}$). Максимальный эксергетический КПД канала на расчетном подъеме клапана соответствует диаметру горловины 44...46 мм, что соответствует отношению площади горловины к площади выходного сечения из крышки цилиндра 0,94...0,98. Для двухклапанной крышки цилиндра оптимальное соотношение площадей горловины и выходного сечения 0,82...0,88. Изменение эксергетического КПД выпускного канала четырехклапанной крышки цилиндра в зависимости от подъема клапана и диаметра горловины показано на рис. 6.

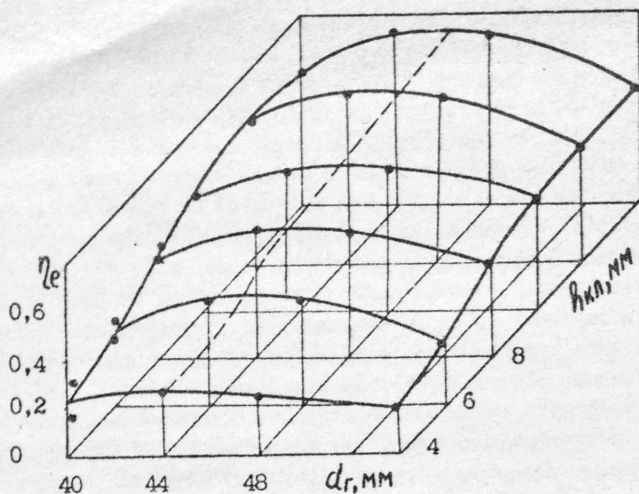


Рис. 6. Зависимость эксергетического КПД канала от диаметра горловины и подъема клапана: --- линия оптимальных диаметров

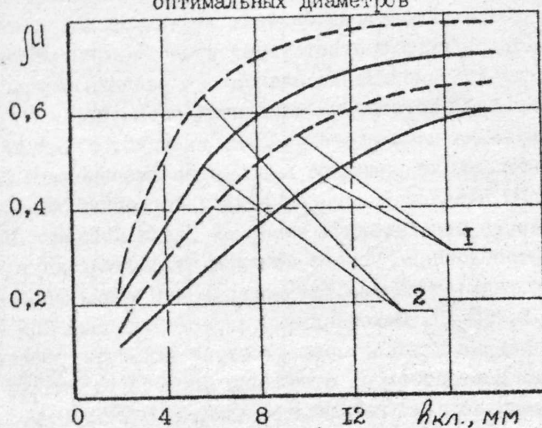


Рис. 7. Расходные характеристики выпускных каналов: — — базовый канал; ---- опытный канал; I — 2-х клапанная крышка; 2 — 4-х клапанная крышка

После оптимизации начальных участков был выполнен отбор перспективных факторов в выпускных каналах. Для отбора использовалась методика "пробных тел". Для двухклапанной крышки цилиндра признано целесообразным модифицировать геометрию канала в районе выпуклой стенки в области поворота, для четырехклапанной крышки - в районе вогнутой стенки в области поворота и на выходном участке. После модификации геометрии канала в указанных местах и последующего геометрического профилирования созданы каналы с улучшенными газодинамическими характеристиками (рис.7). Удалось повысить пропускную способность выпускного канала двухклапанной крышки цилиндра на 15...50%, выпускного канала четырехклапанной крышки - на 10...30%.

Испытания опытных выпускных каналов на двигателе мощностью 150 кВт показали рост давления наддува на 4...6%, увеличение расхода воздуха на 3...5% при ухудшении топливной экономичности на 1,5...2%. Испытания на отсеке ИЧН И8/22 позволили установить причину ухудшения топливной экономичности: увеличение отрицательной составляющей работы насосных ходов. При равном среднем давлении в выпускном трубопроводе применение опытных выпускных каналов обеспечивает значительное повышение топливной экономичности. Испытания на отсеке подтвердили целесообразность повышения пропускной способности турбины на 15...17%. Уменьшение угла опережения выпуска не дало положительного эффекта. Опыты на двигателе мощностью 150 кВт показали, что рабочий процесс достаточно устойчив и давление наддува может быть снижено на 15...20% без ухудшения топливной экономичности, следовательно повышение пропускной способности турбины не будет сопровождаться ухудшением качества протекания рабочего процесса. Для получения максимального эффекта от выпускных каналов с улучшенными газодинамическими характеристиками необходимо одновременное изменение геометрии рабочего колеса и соплового аппарата турбины, обеспечивающее повышение ее пропускной способности при неизменном КПД. Расчет показывает, что в этом случае снижение удельного эффективного расхода топлива будет составлять 6 г/(кВт ч).

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Разработана вариационная методика определения зоны эффективного профилирования, т.е. диапазона подъемов клапана в котором улучшение аэродинамических характеристик канала в наибольшей степени повышает работоспособность газа за выпускными органами.

2. С помощью комплексной математической модели по предложенной методике рассчитаны зоны эффективного профилирования для выпускных каналов двигателей типа ЧН 18/22. Варьирование расходной характеристики производится в пределах 30% от базового значения. Установлено, что зона эффективного профилирования соответствует диапазону подъемов клапана 0,15...0,40 от максимального для двигателя мощностью 432 кВт с четырехклапанной крышкой цилиндра и 0,25...0,50 от максимального для двигателя мощностью 150 кВт с двухклапанной крышкой цилиндра. Получено полиномиальное уравнение регрессии, связывающие коэффициент расхода канала на различных подъемах клапана с работоспособностью газа за выпускными органами.

3. Разработана вариационная методика выявления перспективных геометрических факторов в выпускных каналах (метод "пробных тел").

4. Тестовая проверка методики "пробных тел", выполненная на модельных объектах (кольцевая и сегментная диафрагмы, прямой трубопровод) и на реальных выпускных каналах, позволила сделать вывод о практической пригодности предложенной методики. На основании экспериментов определен критерий перспективности (значимости) геометрического фактора - минимальная величина ухудшения аэродинамических характеристик при установке на него "пробного тела". Выявлена автомодельность воздействия "пробного тела" в диапазоне чисел Рейнольдса $8 \cdot 10^4 \dots 5 \cdot 10^5$. Найден оптимальный диапазон относительных площадей "пробных тел", установлено, что отношение площади ПТ к площади канала не должно превышать 0,15...0,2. Опыты указали на наличие существенных нелинейных эффектов, связанных с парными взаимодействиями при установке одновременно нескольких тел.

5. Применение методики "пробных тел" к оценке геометрии выпускных каналов показало, что коэффициенты чувствительности

Различных геометрических факторов весьма неоднородны. По результатам экспериментов определены перспективные зоны воздействия на геометрию выпускных каналов: вогнутая стенка канала в районе бобышки и вертикальная диаметрально плоскость выходного участка для четырехклапанной крышки цилиндра, выпуклая стенка канала для двухклапанной крышки цилиндра. Модификация геометрии в указанных зонах позволила повысить коэффициент расхода каналов.

6. Расчетный эксперимент показал, что для двигателей типа ЧН 18/22 установка каналов с улучшенными газодинамическими характеристиками сопровождается рассогласованием системы наддува, что проявляется снижением эффективной работы на поршне в период предварения выпуска и в росте отрицательной составляющей работы насосных ходов. Для достижения повышения топливной экономичности целесообразно уменьшить угол опережения открытия выпускных органов или повысить пропускную способность турбины.

7. Проведена оптимизация начального участка выпускного канала, включающая выбор площади узкого сечения и расстояния от этого сечения до запорной фаски седла клапана. Оптимальное соотношение площадей узкого сечения в горловине и сечения на выходе из крышки цилиндра составляет 0,94...0,98 для четырехклапанной крышки цилиндра и 0,82...0,88 для двухклапанной крышки цилиндра. Установлено, что местоположение узкого сечения незначительно влияет на характеристики канала, за исключением малых подъемов клапана ($h_{кл} < 0,25 h_{кл}^{max}$).

8. Испытания на развернутом двигателе показали, что установка на двигатель выпускных каналов с улучшенными газодинамическими характеристиками приводит к росту давления наддува, расхода воздуха, но, одновременно, на 1,5...2% падает топливная экономичность. Эксперименты на одноцилиндровом отсеке подтвердили необходимость повышения пропускной способности турбины, что обеспечивает улучшение топливной экономичности.

9. Результаты диссертационной работы внедрены на Хабаровском ордена Трудового Красного Знамени дизелестрительном заводе "Дальдизель".

Основные положения диссертации отражены в следующих работах:

1. Каминский А.И., Лашко В.А., Сыркин В.К. Методика оптимизации системы турбонаддува высокофорсированного четырехтактного дизеля: Доклад //VI-й международный симпозиум МОТОР СИМПО в СССР, Штефско-Плесо, 1988. - С. 112-123.

2. Лашко В.А., Сыркин В.К. Применение метода "пробных тел" при профилировании выпускных каналов ДВС / Хаб. политехн. ин-т - Хабаровск, 1988. - 19 с. - Деп. в ЦНИИТЭИтяжмаш, 24.10.88, № 241 - тм. 88.

3. Лашко В.А., Сыркин В.К. Использование интегральных характеристик выпускного канала в уравнениях граничных условий / Хаб. политехн. ин-т - Хабаровск, 1988. - 9 с. - Деп. в ЦНИИТЭИтяжмаш 24.10.88, № 242 - тм. 88.

4. Лашко В.А., Сыркин В.К. Методика прогнозирования гидродинамически целесообразной формы выпускных каналов ДВС // Современные проблемы газодинамики и тепломассообмена и пути повышения эффективности энергетических установок: Тез. докл. VII-й Всес. школы-семинара, М.: МВТУ, 1989. - С. 125.

