

М 287718

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ

ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ

ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

Владимир Егорович ТИМОФЕЕВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОНАПРЯЖЕННОСТЬ
ГОЛОВOK ЦИЛИНДРОВ 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

Москва, 1976

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКОЕ
ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

Владимир Егорович ТИМОФЕЕВ



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОНАПРЯЖЕННОСТЬ
ГОЛОВОК ЦИЛИНДРОВ 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

Москва, 1976

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель: заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор ОРЛИН А.С.

Научный консультант: кандидат технических наук,
доцент ЧАЛНОВ Н.Д.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук БОЛОДИН А.И.,

кандидат технических наук ИСАЕВ Э.В.

Ведущее предприятие - Владимирское тракторно-моторостроительное производственное объединение.

Автореферат разослан " " _____ 1976 г.

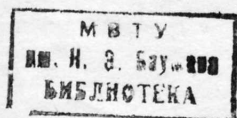
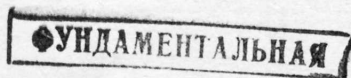
Защита состоится " " _____ 1976 г.

на заседании Совета факультета "Энергомашиностроение" МВТУ имени Н.Э.Баумана по адресу: Москва, 107005, Лефортовская набережная, 1.

Ваши отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., дом 5, МВТУ, ученому секретарю Совета факультета "Энергомашиностроение".

Ученый секретарь Совета
кандидат технических наук, доцент

МАНУШИН Э.А.
МАНУШИН Э.А.



Актуальность работы. Создание современных двигателей внутреннего сгорания связано с непрерывным форсированием их по частоте вращения и параметрам термодинамического цикла. Это обстоятельство приводит к росту тепловой и механической напряженности деталей, образующих камеру сгорания (головка, поршень, гильза, клапана), и как следствие этого - к уменьшению надежности и долговечности двигателей. Таким образом надежность и долговечность двс в значительной мере определяется работоспособностью головки цилиндра, как одной из наиболее сложных по конструктивному исполнению и наиболее нагруженных в тепловом отношении деталей двигателя.

Анализ напряжений, действующих на головку цилиндра показывает, что такие виды напряжений как литейные, монтажные, напряжения "роста", можно свести к минимуму путем проведения ряда конструкторско-технологических мероприятий.

Сложнее обстоит с напряжениями от тепловых нагрузок, высокий уровень которых, по мнению большинства исследователей, служит причиной появления трещин в огневой поверхности днищ головок цилиндров. Изучение вопросов прочности головок ведется как с помощью экспериментальных так и с помощью расчетных методов. Анализ литературы показывает, что имеется ограниченное число работ по непосредственному тензометрированию головок цилиндров, да и то лишь малофорсированных двс с водяным охлаждением, что связано со сложностью их проведения и недостаточностью методических разработок. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется расчетным методам. Из известных расчетных схем наибольший интерес для двигателистов представляют схемы предложенные Чайновым и Кримлером. С развитием вычислительной техники связано применение численных методов расчета температурных напряжений и в частности метода конечных элементов (МКЭ). Однако применение решений трехмерных задач для такой сложной детали как головка, связано с большим объемом исходной информации, что при отсутствии автоматизации подготовки исходных данных приводит к большим затратам времени, поэтому целесообразно решение задач в двумерной постановке. Реализация двумерных решений, как и обоснование расчетных схем, связана с изучением влияния конструктивных элементов различных типов головок на уровень напряжений в элементах их днищ. Учитывая широкое распространение ЭВМ в НИИ и КБ это

особенно актуальная задача.

Цель исследования. Настоящая работа посвящена расчётно-экспериментальному исследованию по оценке влияния конструктивных факторов на теплонапряжённость головок цилиндров дизелей, разработке методики высокотемпературного тензометрирования применительно к деталям из алюминиевых сплавов, образующим камеру сгорания, проверке отмеченных выше расчётных зависимостей, определению характера напряжённого состояния дниц головок и накоплению статистических данных по величинам отдельных видов напряжений, действующих в головках цилиндров двс.

Методы исследования. Физическое моделирование на натурных головках с последующей проверкой результатов путем термометрирования и высокотемпературного тензометрирования головок цилиндров на работающих двигателях, а также проверке результатов эксперимента с помощью расчёта температурных напряжений по стержневой схеме и МКЭ.

Научная новизна. Разработана методика высокотемпературного тензометрирования дниц головок цилиндров, изготовленных из алюминиевых сплавов. Она может быть использована и для других деталей, образующих камеру сгорания двс. Разработана методика дифференциального исследования влияния конструктивных факторов на теплонапряжённость головок цилиндров двс, позволяющая провести экспериментальное исследование головок цилиндров трех различных типов ДВС, результаты которого доказывают, что при расчёте температурных напряжений в днице головок цилиндров возможно рассмотрение его отдельно от остальной конструкции головки.

Практическая ценность. Отработанные методики экспериментального исследования температурных напряжений в условиях камеры сгорания дизелей различных классов и уровней форсировки ($P_e = 6 - 15 \text{ кгс/см}^2$) представляют большой интерес для исследователей. В работе представлены результаты экспериментального исследования теплового и напряжённого состояния головок цилиндров дизелей, полученные в условиях безмоторных и моторных испытаний. Результаты расчётно-экспериментального исследования влияния конструктивных факторов на теплонапряжённость головок цилиндров дизелей показали, что для расчёта температурных напряжений в элементах дниц головок цилиндров допустимо применять методы решения двумерных задач; точность расчёта вполне достаточна для практики.

Апробация работы. По материалам диссертации сделаны доклады на 8-ой ежегодной научно-технической конференции по итогам НИР кафедры и проблемной лаборатории (МВТУ, 1974), на семинаре молодых ученых и специалистов (МВТУ, 1974) и на НТС ОГК Владимирского тракторно-моторостроительного производственного объединения.

Объем работы. Работа изложена на 158 страницах машинописного текста, включая введение, пять глав, общие выводы, 61 рисунок на 48 страницах, 12 таблиц и список литературы из 132 наименований.

В главе II рассмотрены основные положения МКЭ, положенные в основу программы расчета плоских задач на ЭВМ "Минск-22", разработанных на кафедре комбинированных двс МВТУ. Учитывая необходимость проведения специальных экспериментальных исследований, результаты которых позволили бы использовать программы расчета плоских задач, в этой главе рассмотрены основные положения моделирования температурных напряжений в головках цилиндров двс, т.к. исследования по оценке влияния конструктивных факторов на теплонапряженность головок цилиндров быстрее и очевидно с меньшими затратами можно проводить в безмоторных условиях: на моделях. Рассмотрев вторую задачу температурного моделирования (температурное поле задается по всему объему тела) применительно к головке цилиндра, учитывая, что основное влияние на уровень температурных напряжений оказывает стационарное температурное поле, а также применяя в качестве модели натурную головку цилиндра и используя T_1 -теорему можно получить важное правило моделирования: $\Delta T_r = \lambda \Delta T_m$, т.е. поля перемещений, деформаций и напряжений в головке и модели будут находиться в том же соотношении, что и приложенные разности температур, а это очень важно, т.к. не всегда удается создать в модели тот уровень температур, который имеет место в головке на двигателе. Это позволило провести экспериментальное исследование по оценке влияния различных конструктивных элементов головок цилиндров на теплонапряженность их днщ.

В главе III рассмотрена методика экспериментального исследования. При проведении тензометрирования в безмоторных условиях и на работающем двигателе были использованы никель-молибденовые тензорезисторы, разработанные ИМАШ СССР, для головок цилиндров двигателей Д-37Е и ДН 23/30, а также тензорезисторы НМП-430М для головки цилиндра двигателя ЧН 26/26.

Роль компенсационного тензорезистора играл магазин сопротивления МСР-63 класса 0,05 находящийся при постоянной температуре. Для определения влияния температуры на показания тензорезисторов они помещались в печь вместе с головкой и нагревались до необходимых температур со скоростью 2-5°C/мин. Показания тензорезисторов фиксировались при охлаждении головки вместе с печью. Температурное состояние контролировалось хромель-копелевыми термопарами. Большое внимание в работе уделялось стабильности показаний тензорезисторов. Разработанная методика термотренировки тензорезисторов позволила получить большую стабильность измерений. Результаты температурных тарировок, проведенных через три и одиннадцать месяцев после первой тарировки показывают, что несмотря на столь длительное время результаты практически совпадают. Это позволяет надеяться на большую достоверность полученных результатов.

В подобных работах проведенных как у нас в стране так и за рубежом на головках цилиндров изготовленных из чугуна малофорсированных двигателей, тензорезисторы закрывались защитным экраном, который приваривался точечной сваркой к головке. В головке цилиндра, изготовленной из алюминиевого сплава, это оказалось сделать невозможным, т.к. в процессе подготовки этого сплава к точечной сварке используются пары трихлорэтилена, 25-30% раствор азотной кислоты, а также ряд других химически агрессивных сред, которые разрушают цемент ИИ-15Т. Был разработан другой способ защиты тензорезисторов. Тензорезисторы устанавливались в пазы глубиной 1,6 мм и заливались цементом, после чего производилась термообработка и шлифовка. На подготовленную таким образом поверхность устанавливался экран из титана толщиной 0,3 мм и зачеканивался; затем сверху устанавливался второй экран из стали IX18H9T толщиной 0,3 мм и крепился с помощью винтов М 1,6 x 4 из стали IX18H9T. Сверху экран покрывался слоем цемента с последующим проведением термообработки. Разработанный способ защиты тензорезисторов обеспечил их работу в течение 50 часов.

Тензорезисторы ИМП-430М приваривались своей стальной подложкой к днищу головки цилиндра высокофорсированного транспортного дизеля ЧН 26/26 с помощью специальной точечной сварки. Защитный экран состоял из двух слоев нержавеющей стали IX18H9T толщиной 0,3 и 0,5 мм, которые последовательно приваривались

к дну точечной сваркой. Температурное состояние тензорезистора контролировалось тремя термопарами одна из которых находилась под тензорезистором, а две другие располагались по обе стороны от его центра. Температура тензорезистора определялась по показаниям этих трех термопар.

Для экспериментального исследования влияния конструктивных факторов на уровень температурных напряжений в головках цилиндров были созданы специальные безмоторные установки. Нагрев тепловоспринимающих поверхностей производился с помощью специальных электронагревателей. Охлаждение головок цилиндров двигателей ЧН 26/26 и ДН 23/30 осуществлялось как проточной водой, так и за счёт теплообмена с окружающей средой; охлаждение головки цилиндра двигателя Д-37Е осуществлялось за счёт обдува ее воздухом от вентилятора. Изменение в процессе экспериментов температурного уровня исследуемых головок осуществлялось изменением мощности, потребляемой электронагревателями. Созданная система нагрева - охлаждения позволяла изменять тепловое состояние исследуемых головок в широком диапазоне температур. Температурное состояние головок определялось хромель-копелевыми термопарами, показания которых фиксировались автоматическими потенциометрами ПС I-Ю класса 0,5 и потенциометром ПП-63 класса 0,05. Для преобразования и усиления сигнала тензорезисторов при статических исследованиях использовался электронный измеритель деформации АИД-2М с автоматической балансировкой нуля. Для записи циклических напряжений от сил давления газов использовалась тензостанция УТС ВТ-12 и шлейфовый осциллограф Н-115. Экспериментальные установки для исследования температурных напряжений головок цилиндров Д-37Е и ЧН 26/26 в условиях работающего двигателя были оборудованы в соответствии с требованиями ГОСТ 18509-73 и требованиями завода-изготовителя. Разработанный комплекс мероприятий позволил провести исследование с достаточно высокой точностью: суммарная относительная погрешность измерения температурных напряжений не превышала $\pm 4\%$ при безмоторных испытаниях и $\pm 9\%$ при испытаниях на двигателе.

В главе IV представлены результаты экспериментального исследования теплонапряженности головок цилиндров в безмоторных условиях и на работающем двигателе.

Для того, чтобы расчётные методы были надёжным инструментом конструктора необходимо, даже в случае применения чис-

ленных методов, знать как влияют отдельные элементы конструкции, например газоздушные патрубки, стенки форсуночных стаканов, боковые стенки и т.д. на величину и характер температурных напряжений в днище. Для головки цилиндра это можно сделать с помощью эксперимента или решением объемной задачи, однако последнее довольно затруднительно. В данной работе был принят первый путь как наиболее точно отражающий влияние отдельных элементов конструкции головки на напряженное состояние днища.

Экспериментальное исследование проводилось на головках цилиндров трех типов двс, отличающихся назначением, уровнем форсировки, охлаждением, материалом головок: Д-37Е, ЧН 26/26, ДН 23/30. В каждом случае путем механической обработки проводилось постепенное отделение элементов головки цилиндра до собственно днища с проведением тензометрирования последнего на каждом этапе в наиболее характерных местах. Осуществляемый с помощью регулируемых электронагревателей нагрев, обеспечивал поддержание достаточно стабильного температурного поля днища головки. Результаты экспериментального исследования представлены в таблице I.

Таблица I

№ № перемы- чек	Марка двигателя					
	Д-37Е		ЧН 26/26		ДН 23/30	
	Площадь межклапанных перемычек F и относительные тем- пературные напряжения $\bar{\epsilon}_T$ в межклапанных перемычках днищ головок цилиндров					
	$F \text{ см}^2$	$\bar{\epsilon}_T$	$F \text{ см}^2$	$\bar{\epsilon}_T$	$F \text{ см}^2$	$\bar{\epsilon}_T$
1	4,42	$\frac{1,0}{0,88}$	2,88	$\frac{1,0}{0,92}$	3,36	$\frac{1,0}{0,87}$
2	3,74	$\frac{1,0^{\text{ж}}}{0,89}$	6,56	$\frac{1,0}{0,96}$	3,36	$\frac{1,0}{0,88}$
3	-	-	2,85	$\frac{1,0}{0,86}$	3,36	$\frac{1,0}{0,90}$
4	-	-	6,56	$\frac{1,0}{0,86}$	3,36	$\frac{1,0}{0,79}$

Числитель - цельная головка

Знаменатель - отдельное днище

ж - перемычка между выпускным каналом и форсуночным отверстием.

Как видно уменьшение температурных напряжений в днище головок при переходе от цельной головки к отдельному днищу не велико. Максимальное уменьшение напряжений для перемычек головки цилиндра двигателя Д-37Е не превышает 12%, для перемычек головки цилиндра двигателя ЧН 26/26 (толщина днища 14 мм) - 14%, а для перемычек головки цилиндра двигателя ДН 23/30 - 21%. Таким образом, результаты экспериментального исследования доказывают, что при расчёте температурных напряжений в перемычках днища головки цилиндра от неравномерного распределения температуры в плоскости последнего возможно рассмотрение его отдельно от остальной конструкции головки, причем, влияние остальных элементов конструкции на уровень температурных напряжений в перемычках может оцениваться для аналогичных конструкций в 4-21%. Ослабление периферийной зоны головок приводит к значительно большему изменению напряжений в элементах днища. Они уменьшаются в 6-17 раз в зависимости от конструкции головки. Это говорит о значительно большем влиянии периферийной зоны, чем всех остальных элементов конструкции головки.

Результаты безмоторных исследований головок показывают, что зависимость температурных напряжений от перепада температур между центром днища и периферией (ΔT) для всех трех типов головок близка к линейной и они увеличиваются с ростом ΔT ; это обстоятельство позволит прогнозировать величину температурных напряжений в элементах днища при форсировании двигателя. Максимальные напряжения наблюдаются в первой (межклапанной) перемычке головки цилиндра двигателя Д-37Е. В головках цилиндров двигателя ЧН 26/26 максимальные напряжения наблюдаются в узких перемычках, причем уровень напряжений для перемычек головки цилиндра с толщиной днища 14 мм выше, чем с толщиной днища 20 мм при одинаковой толщине периферийной зоны головки. В головке цилиндра двигателя ДН 23/30 напряжения в перемычках примерно одинаковые, только у форсуночного отверстия они несколько выше. Сравнение результатов расчёта по приближенной методике и эксперимента показывает на удовлетворительное совпадение. Расхождение не превышает 8-15%.

В безмоторных условиях исследовалось также влияние подвешенной цилиндрической втулки на уровень напряжений в перемычках головок цилиндров двигателей ЧН 26/26 и ДН 23/30, при этом головки

цилиндров соединялись с цилиндрическими втулками с помощью 6 шпилек. Результаты испытаний показали, что с увеличением температурного перепада ΔT напряжения в перемычках головок, соединенных с цилиндрическими втулками возрастают. Для головки цилиндра ЧН 26/26 (толщина днища 14 мм) при $\Delta T = 100^\circ\text{C}$ это увеличение составило 18,27, 10 и 8% соответственно для 1-4 перемычек. Для головки цилиндра ЧН 26/26 (толщина днища 20 мм) это увеличение при том же ΔT составило 7% для 1-ой и 13% для второй перемычек. Для головки цилиндра ДН 23/30 при $\Delta T = 100^\circ\text{C}$ напряжения в 1-ой - 3-ей перемычках возросли на 10%, а в 4-ой - на 15%, что объясняется наличием в районе 4-ой перемычки прилива под индикаторный канал. Увеличение напряжений в перемычках обоих типов головок связано с дополнительным увеличением жесткости периферийной зоны головок. При этом влияние цилиндрических втулок зависит от величины температурного нагружения. Полученные результаты говорят о необходимости учета при расчетах температурных напряжений в днище головок цилиндров с подвесной втулкой влияния последней.

Разработанная методика и мероприятия по защите тензорезисторов позволили провести экспериментальное исследование теплового и напряженного состояния головок цилиндров двигателей Д-37Е и ЧН 26/26 в широком диапазоне нагрузок и частот вращения. Было протензометрировано две головки цилиндра двигателя Д-37Е при $n = 1600$ об/мин и $n = 1800$ об/мин. Результаты испытаний показали, что зависимость температурных напряжений от P_e близка к линейной. Влияние частоты вращения при $P_e = 6$ кгс/см² незначительно. Результаты эксперимента и расчета температурных напряжений по приближенной методике (стержневой схеме) и по МКЭ для режима: $n = 1800$ об/мин, $P_e = 6$ кгс/см² представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ № перемычек	Температурные напряжения, кгс/см ²		
	Эксперимент	Расчёт по стержневой схеме	Расчёт МКЭ
1	-600	- 620	-620
2	-420	-410	-430
3	-	-500	-470
У подвесного отверстия	-520	-	-510

Видно, что максимальные напряжения наблюдаются как и при безмоторных испытаниях в межклапанной перемычке. У форсуночного отверстия и во второй перемычке она несколько меньше. Расхождение результатов расчёта и эксперимента не превышает 4%. Изменение сопротивления воздухоочистителя для обоих скоростных режимов ведет к росту температурных напряжений в днище головок на 5-8%, что объясняется уменьшением коэффициента наполнения и уменьшением α .

Изменение угла начала подачи топлива от оптимального ведет к возрастанию напряжений на 4-11%. При уменьшении давления впрыска топлива форсункой (P_{ϕ}) с 175 до 125 кгс/см² напряжения практически не изменяются; это связано с тем, что g_e и P_z на обоих скоростных режимах постоянны в этом интервале изменения P_{ϕ} . Дальнейшее уменьшение P_{ϕ} до 75 кгс/см² приводит к увеличению периода задержки воспламенения топлива, уменьшению давления сгорания P_z и как следствие этого к уменьшению температурных напряжений в днище головки на 2-4% при $n = 1600$ об/мин и на 4-6% при $n = 1800$ об/мин, что связано с более быстрым уменьшением давления сгорания при $n = 1800$ об/мин.

Методика высокотемпературного тензометрирования была проверена на двух типах головки цилиндра высокофорсированного транспортного дизеля ЧН 26/26 с толщиной днища 14 мм и 20 мм. Зависимость температурных напряжений от P_e также близка к линейной. В таблице 3 представлены результаты эксперимента и расчёта температурных напряжений для режима $n = 700$ об/мин; $P_e = 15$ кгс/см².

Таблица 3

№ № перемычек	Температурные напряжения, кгс/см ²		
	Эксперимент	Расчёт по стержневой схеме	Расчёт МКЭ
1	-3900	-3750	-4300
	-4260	-3800	-4200
2	-3400	-3200	-3500
	-	-	-3580
3	-	-	-3856
	-4420	-3900	-4060

Числитель - толщина днища 20 мм

Знаменатель - толщина днища 14 мм.

Напряжения в I-ой и 3-ей перемычках головки цилиндра с толщиной дна 14 мм примерно одинаковы. Величина напряжений в головке цилиндра с толщиной дна 20 мм несколько меньше, чем в головке с толщиной дна 14 мм, причем во 2-ой перемычке она несколько меньше, чем в I-ой, однако достаточно высоки. Максимальное расхождение результатов эксперимента и расчёта по стержневой схеме не превышает 12%, а между результатами эксперимента и расчёта МКЭ - 10%, что вполне достаточно для практики. Для оценки влияния экрана на температурное поле было проведено термометрирование головок с тензорезисторами и без них. Разница температур не превышала 4°C для головки цилиндра двигателя Д-37Е и 15°C для головки цилиндра двигателя ЧН 26/26. Эти данные говорят о том, что примененный способ защиты тензорезисторов вполне пригоден для экспериментального исследования температурных напряжений в днищах головок цилиндров двс.

На фоне высоких сжимающих напряжений от перепада температур в плоскости дна напряжения от сил давления газов не велики и не превышают 90 кгс/см² для головки цилиндра двигателя Д-37Е и 112 кгс/см² для головки цилиндра двигателя ЧН 26/26. Монтажные напряжения также не велики и для головки цилиндра двигателя Д-37Е не превышают - 196 кгс/см², для головки цилиндра двигателя ЧН 26/26 387 кгс/см².

Имея результаты безмоторных испытаний и испытаний на двигателе был сделан пересчёт напряжений, полученных в условиях безмоторной установки на условия работающего двигателя. Результаты пересчёта показали, что разница не превышает 19%.

В главе У представлены результаты расчётного исследования МКЭ температурных напряжений в плоскости дна головок цилиндров двигателей Д-37Е и ЧН 26/26 в зависимости от толщины дна и типа материала (ВПЧМ-П, СЧ 21-40, АПР-I, АЛ-ЮВ).

Дискретно-элементная модель головки цилиндра двигателя Д-37Е состояла из 693 элементов при 419 узлах, а модель головки цилиндра двигателя ЧН 26/26 - из 808 элементов при 496 узлах. Граничные условия для расчёта задавались по результатам эксперимента и по литературным данным.

Максимальные напряжения для перемычек находятся вдоль их осей. Если для межклапанной перемычки головки цилиндра двигателя Д-37Е максимальные напряжения составляют - 480 кгс/см², то для

перемычек головки цилиндра двигателя ЧН 26/26 они значительно выше: 1900-2600 кгс/см² (сжатие). Обращает внимание значительная концентрация напряжений по ширине перемычек.

Результаты расчётного исследования показывают, что температурные напряжения в плоскости днищ головок цилиндров двигателей Д-37Е и ЧН 26/26 увеличиваются при применении материалов с низким коэффициентом теплопроводности λ (ВГЧМ-П, СЧ 21-40) и при увеличении толщины днищ. Температурные напряжения по толщине днища увеличиваются при применении материалов с низким λ .

■. Суммарные температурные напряжения увеличиваются также при применении материалов с низким λ , причем, чем меньше λ выигрыша от уменьшения толщины или совсем нет или он незначителен. При применении алюминиевых сплавов типа АЦР-I и АЛ-ЮВ суммарные температурные напряжения больше для тонких днищ, так как здесь основную роль играют напряжения от перепада температур в плоскости днища.

В В О Д Ы

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Разработана методика высокотемпературного тензометрирования днищ головок цилиндров, изготовленных из алюминиевых сплавов. Она может быть использована и для других деталей, образующих камеру сгорания двс.

2. Сравнение результатов безмоторных испытаний и испытаний на двигателе трех различных головок цилиндров показало возможность безмоторных исследований температурных напряжений головок цилиндров двс.

3. Расчётно-экспериментальное исследование показало, что влияние газовоздушных каналов, форсуночных стаканов и высоты головок на уровень температурных напряжений в элементах днища незначительно и для исследованных конструкций головок составляет 4-21%. Жёсткость периферийной зоны собственно днища оказывает значительно большее влияние на уровень температурных напряжений, чем все остальные элементы конструкции головки цилиндра.

4. Результаты расчётно-экспериментального исследования показали, что для расчёта температурных напряжений в элементах

днища допустимо применять методы решения двумерных задач; точность расчёта не ниже 4-10%, что вполне достаточно для практики.

5. Экспериментальное исследование по влиянию угла начала подачи топлива насосом, сопротивления воздухоочистителя и давления впрыска топлива на уровень температурных напряжений в элементах днища, выполненное на примере головки цилиндра двигателя воздушного охлаждения типа Д-37Е показало, что отклонение этих параметров от оптимальных ведет к изменению уровня температурных напряжений; с учетом уменьшения прочности материала головки при повышенных температурах это может являться одной из причин разрушения днищ головок, что говорит о необходимости систематического контроля этих параметров в процессе эксплуатации двигателя.

6. Достаточно близкое совпадение результатов расчёта и эксперимента говорит о возможности оценки температурных напряжений расчётным путем без проведения достаточно сложных экспериментов по высокотемпературному тензометрированию. Несомненно, что расчёт МКЭ дает более точные значения величин температурных напряжений, чем расчёт по стержневой схеме, однако он требует знания более точных граничных условий, да и время необходимое для расчёта в этом случае значительно больше.

7. Монтажные напряжения и напряжения от сил давления газов по сравнению с температурными не велики для исследованных типов головок цилиндров двс.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах.

1. Орлин А.С., Чайнов Н.Д., Тимофеев В.Е. Напряженное состояние алюминиевой головки цилиндра тракторного двигателя. "Известия ВУЗов. Машиностроение", № 12, 1974.
2. Чайнов Н.Д., Тимофеев В.Е. Применение методов решения двумерных задач для расчёта напряженного состояния днища головки цилиндра двс. НИИИНТОРМТЯЖМАШ, "ДВС", 4-75-22.

Зак. 304. . Тир. 100, объем 1 п.л. Д-102535 от 19/II-76 г.

Тип. МВТУ