

Автodata», 2002. - 136 с. 2. Грехов Л.В. Топливная аппаратура дизелей с электронным управлением. Учебно-практическое пособие. - М.: «Легион-Автodata», 2003. - 176 с. 3. По страницам отечественных и зарубежных изданий // Двигателестроение. - 2003.- №3. - С.43-45. 4. По страницам отече-

ственных и зарубежных изданий // Двигателестроение. - 2004.- №2. - С.39-42. 5. Быков В.И., Долганов К.Е., Лисовал А.А. Дизели СМД для автобусов //Двигатели внутреннего сгорания. - 2004. - №1. - С. 13-17.

УДК 621.436

А.В. Тринева, канд. техн. наук, П.Д. Гончар, асп.

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ КЛАПАННОЙ ПЕРЕМЫЧКИ ГОЛОВКИ ЦИЛИНДРОВ ФОРСИРОВАННЫХ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Введение

Разработка конкурентоспособных конструкций двигателей внутреннего сгорания, которые отвечают высоким показателям по топливной экономичности, надежности, моторесурсу, требует проведения детальных расчетных и экспериментальных исследований теплонапряженного состояния (ТНС) наиболее нагруженных деталей камеры сгорания, в частности головки цилиндров и деталей клапанного узла выпускного клапана. При этом ответственным этапом есть рациональный выбор способа охлаждения, который зависит от конкретной конструкции двигателя и его отдельных узлов, назначения, размерности и многого другого. Следовательно, выбор рациональной схемы охлаждения повысит надежность работы теплонапряженного узла и всего двигателя в целом.

Обзор публикаций. Анализ нерешенных задач

Анализ работ, посвященных изучению закономерностей протекания теплообменных процессов в деталях камеры сгорания (КС) перспективных дизелей и влияние этих процессов на ТНС указанных деталей, показывает, что основными тенденциями и в настоящее время остаются дальнейшее форсирование параметров цикла для достижения высоких удельных показателей ДВС, а также повышение на-

дежности ДВС и его моторесурса. Однако форсированный рабочий процесс вызывает повышенную теплоотдачу от газа к стенкам камеры сгорания, следствием которой является рост температуры стенок и температурных градиентов в них, что обычно ограничивает степень форсировки. Поэтому при проектировании новых двигателей, доводке и анализе возможности форсирования уже существующих конструкций и в других случаях необходимо хотя бы ориентировочно оценить тепловое состояние наиболее важных деталей, образующих камеру сгорания.

Термометрия ГЦ на эксплуатационных режимах также позволяет выделить критические зоны детали, в которых развиваются термоусталостные трещины, являющиеся одной из основных причин выхода их из строя. Данный вывод подтверждается практикой ремонтных заводов. Так, по результатам анализа [1, 2], проведенных на ремонтных заводах, до 75% ГЦ имеют дефект – трещины в зоне клапанной перемычки (КП).

Анализ научно-технических и патентных изданий свидетельствует, что проблемой повышения надежности ГЦ занимаются во всем мире. Существует множество способов решения данной проблемы: теплозащитные барьеры, тепловоды, технологические и конструктивные решения, локальное охлаждение

(ЛО). Системы ЛО, использующие в качестве хладагента сжатый воздух, отличаются от систем масляного и водяного охлаждения большей простотой изготовления и надёжностью, хотя и уступают по теплоотводящей способности. Простота и надёжность, а также оснащённость современных дизелей системами наддува, воздушными приводными компрессорами обусловили применение воздушных систем ЛО не только на тихоходных стационарных, судовых дизелях, но и на ряде быстроходных дизелей транспортного типа.

Проблема повышения надёжности и улучшения температурного состояния клапанной перемычки ГЦ в нашем исследовании решается, главным образом, за счёт использования локального воздушного охлаждения (ЛВО).

Цели и задачи исследования

Целью данного исследования является получение экспериментальных данных (полей температур) днища ГЦ и седла выпускного клапана в базовом варианте и с различными вариантами ЛВО, а также оценка их эффективности. В последующем эти данные будут использованы для уточнения граничных условий задачи теплопроводности при расчетном моделировании. Поставленная задача решается путем термометрии днища головки и седла выпускного клапана на эксплуатационных режимах.

Изложение основного материала

Объектом исследования был выбран форсированный быстроходный четырехтактный дизель типа СМД-23 (4ЧН12/14, $N_e=117$ кВт, $n = 2000$ мин⁻¹) с системой ЛВО. Схема дообработки ГЦ под установку термопар и для продувки сжатого воздуха, а также чертеж экспериментального седла выпускного клапана подробно рассматривалась в работах [3, 4].

Испытания двигателя с системой локального воздушного охлаждения проводились по нагрузоч-

ной характеристике на режимах с $n = 1600$ мин⁻¹ $n = 2000$ мин⁻¹. Избыточное давление охлаждающего воздуха $p_{ви}$ изменялось в пределах 0,15 – 0,2 МПа.

Проводилась также термометрия без подачи охлаждающего воздуха (с герметизацией трех отверстий в седле для выхода воздуха металлическими заглушками с плотной посадкой) – неохлаждаемый вариант. В табл. 1 и 2 представлены результаты термометрии седла выпускного клапана на стационарных режимах при различных давлениях охлаждения $p_{ви} = 0,15 - 0,20$ МПа.

Из приведенных в табл. 1 и 2 температур видно, что температуры в седле выпускного клапана при номинальной частоте вращения $n = 2000$ мин⁻¹ выше температур при частоте, соответствующей максимальному крутящему моменту двигателя $n = 1600$ мин⁻¹ на 35...50 °С. Температуры на всех исследуемых режимах различны по трем точкам, разнесенным по периметру седла. Это объясняется сложностью конструкции ГЦ, прохождением полостей охлаждения, впускного и выпускного коллекторов. Но главная причина в том, что охлаждающий воздух подводится со стороны точки 2 и именно этим объясняется самая низкая температура у этой точки. Воздух, протекая по полости охлаждения, нагревается и хуже охлаждает – температура точки 3 наибольшая из всех трех.

Таблица 1. Результаты термометрии седла выпускного клапана при $n = 2000$ мин⁻¹

№ термопары	p_e , МПа				
	0,31	0,59	0,98	1,0	1,13
базовый (неохлаждаемый) вариант					
1	158	196	247	261	282
2	151	198	249	263	280
3	161	207	269	281	304
охлаждаемый вариант ($p_{ви} = 0,15$ МПа)					
1	131	173	222	228	257
2	124	159	208	218	231
3	143	176	234	243	267
охлаждаемый вариант ($p_{ви} = 0,2$ МПа)					
1	105	159	204	218	244
2	96	129	178	194	206
3	123	168	219	231	253

Таблица 2. Результаты термометрии седла выпускного клапана при $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$

№ термо-пары	p_e , МПа				
	0,39	0,74	1,07	1,23	1,33
базовый (неохлаждаемый) вариант					
1	145	178	217	230	246
2	143	175	214	222	233
3	146	195	228	241	258
охлаждаемый вариант ($p_{ви} = 0,15 \text{ МПа}$)					
1	113	151	179	199	218
2	113	134	151	168	177
3	129	157	188	203	211
охлаждаемый вариант ($p_{ви} = 0,2 \text{ МПа}$)					
1	104	133	165	186	197
2	91	120	139	148	162
3	109	138	172	191	206

Охлаждающий эффект проявляется на всех режимах. При избыточном давлении воздуха $p_{ви} = 0,15 \text{ МПа}$ эффект охлаждения составил в среднем $25 - 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$. При давлении $p_{ви} = 0,20 \text{ МПа}$ этот эффект усилился $35 - 75 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Причем, необходимо заметить, что охлаждение лучше проявило себя на режимах с частотой вращения, соответствующей максимальному крутящему моменту. Температуры ниже на этих точках по сравнению с режимом с номинальной частотой вращения на $5 - 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Проводились также испытания на нестационарных режимах нагружения наброса-сброса нагрузки при постоянном давлении охлаждения $p_{ви} = 0,20 \text{ МПа}$, а так же без охлаждения. Нагрузка изменялась от 0 и до 115 кВт для режима с $n=2000 \text{ мин}^{-1}$ и до 100 кВт - $n=1600 \text{ мин}^{-1}$. На рис. 1 - 4 приведены результаты термометрии седла выпускного клапана на режимах наброса-сброса нагрузки.

Температура в контрольных точках седла 1-3 измерялась через интервалы 5 с и в течение 10 минут, за время необходимое для того, чтобы температура стабилизировалась. Из рис. 1 - 4 видно, что эффект охлаждения составляет от 40 до $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$. И наглядно проиллюстрирован на рис. 1-4.

Выводы

1. Эксперимент подтвердил заметный разброс температур по периметру седла как для неохлаждаемого и охлаждаемого варианта. В данном случае в значительной степени проявляется локальный характер теплообменных процессов вблизи зоны седла, а именно - влияние проходящих вблизи каналов и полостей выпускного тракта и основной системы охлаждения. Указанное обстоятельство должно учитываться при задании граничных условий.

2. Локальное воздушное охлаждение седла выпускного клапана обеспечило снижение температуры наиболее ответственной зоны – опорной фаски для различных режимов в среднем на $30 - 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Увеличение эффекта охлаждения требует дальнейшего усовершенствования геометрии воздухоподводящих каналов, снижения гидравлических потерь, защиты полости воздушного охлаждения от воздействия отработавших газов. Изменяя направление и место подвода канала к седлу, можно влиять также и на характер распределения температур по периметру седла.

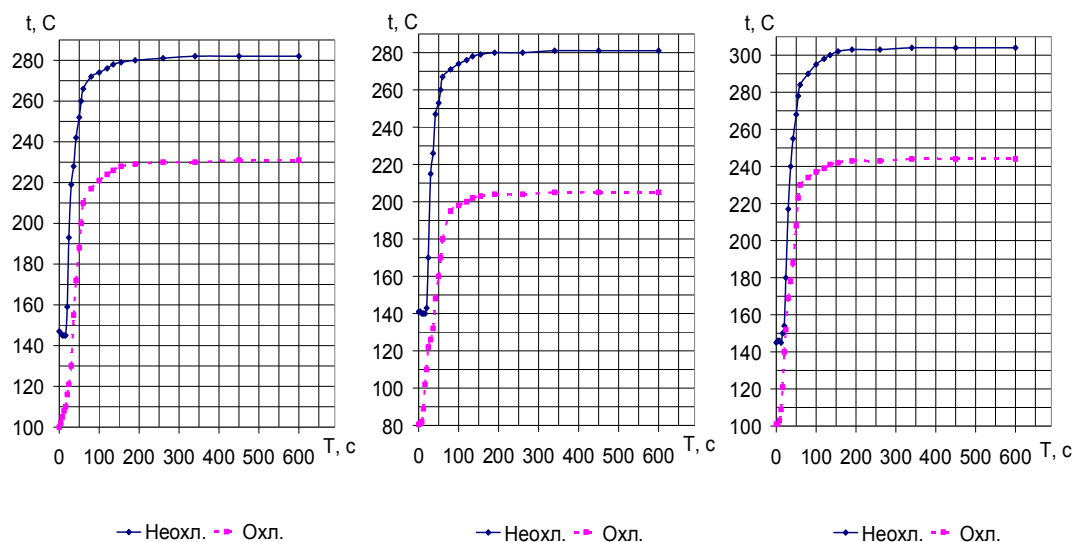


Рис. 1. Наброс нагрузки ($n=2000 \text{ мин}^{-1}$, $Ne=115 \text{ кВт}$), точки седла 1, 2, 3

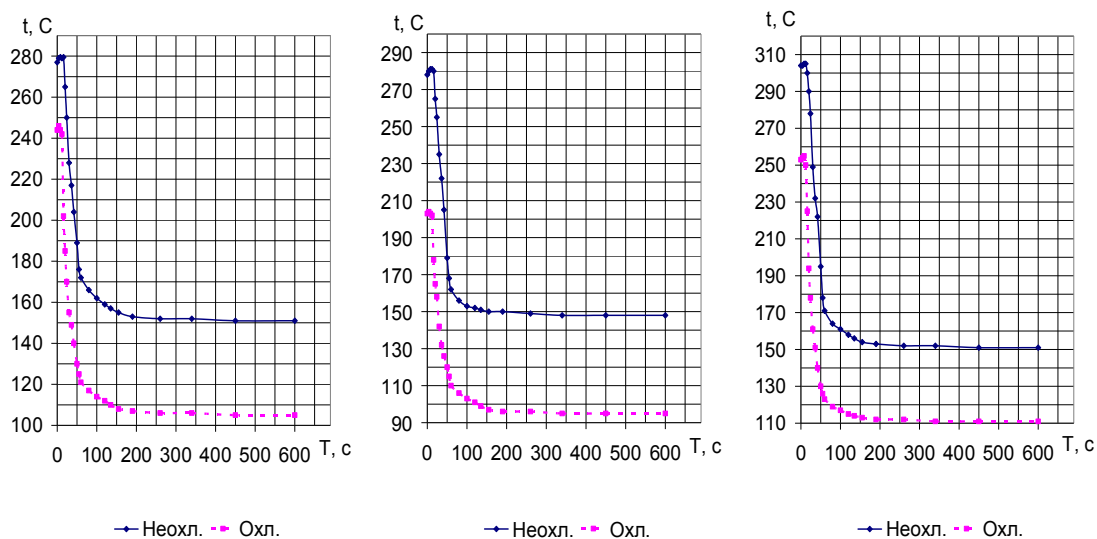


Рис. 2. Сброс нагрузки ($n=2000 \text{ мин}^{-1}$, $Ne=115 \text{ кВт}$), точки седла 1, 2, 3

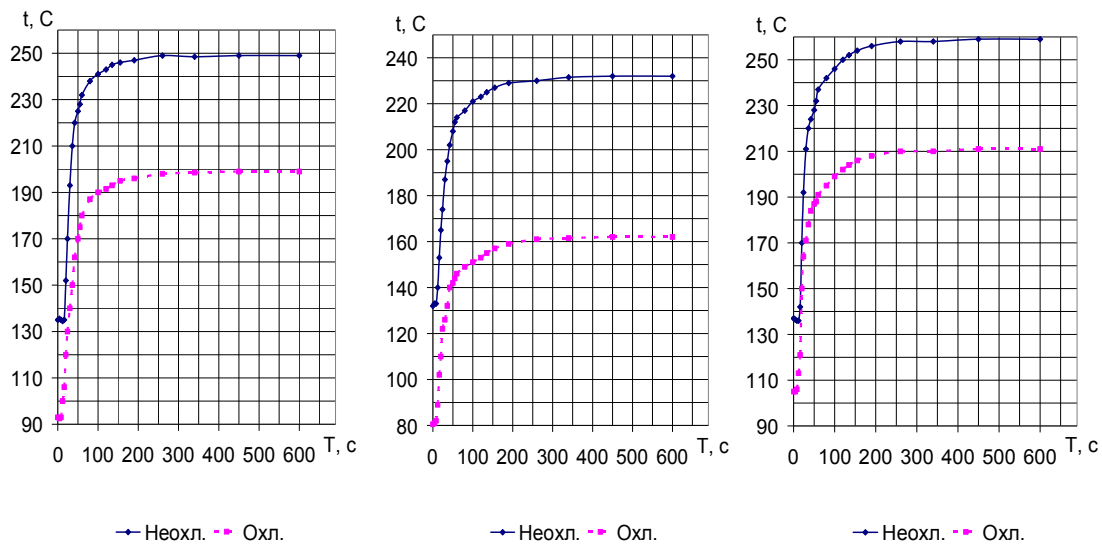


Рис. 3. Наброс нагрузки ($n=1600 \text{ мин}^{-1}$, $Ne=100 \text{ кВт}$), точки седла 1, 2, 3

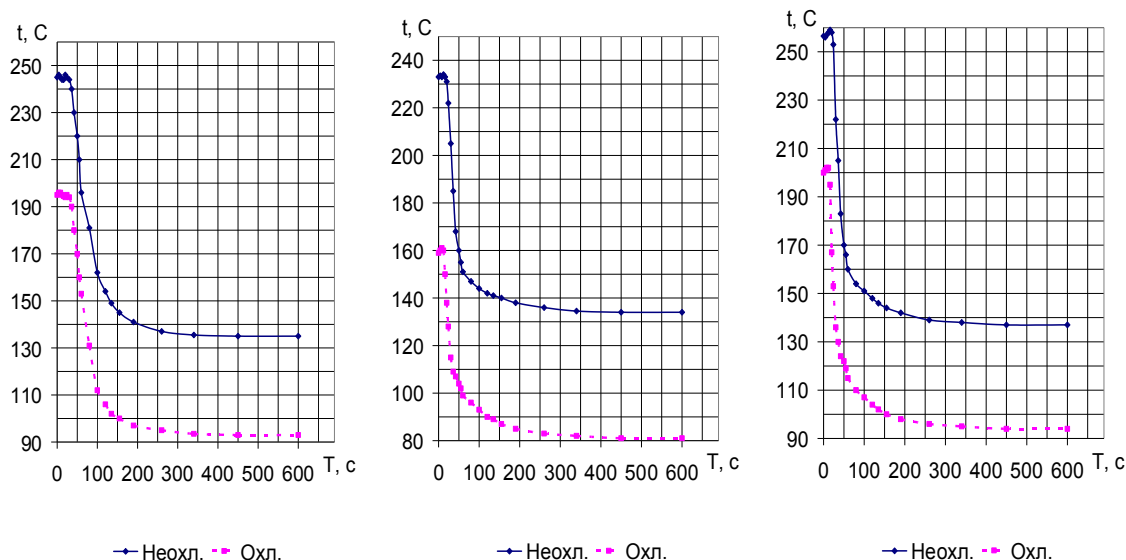


Рис. 4. Сброс нагрузки ($n=1600 \text{ мин}^{-1}$, $N_e=100 \text{ кВт}$), точки седла 1, 2, 3

3. Результаты эксперимента позволили уточнить граничные условия задачи теплопроводности со стороны воздухоподводящих каналов и по посадочным поверхностям седла, а также наметить направления дальнейшего совершенствования охлаждаемых деталей клапанного узла и ГЦ в целом.

4. Полученные результаты позволили:

- оценить достоверность результатов, полученных ранее при расчетных исследованиях различных вариантов сёдел, оказывающих определяющую роль в формировании ТНС ГЦ, в зоне перемычки;

- уточнить граничные условия для постановки нестационарной задачи ТНС седла выпускного клапана и клапанной перемычки;

- определить рациональные параметры системы ЛВО, энергетические затраты на функционирование системы и оценить эффективность указанной конструкции с точки зрения улучшения ТНС ГЦ.

Для усиления эффекта охлаждения требуется совершенствование геометрических параметров каналов, а также улучшение компоновочных решений по размещению каналов системы в ГЦ.

Полученные экспериментально температуры позволят нам с достаточной точностью смоделировать расчетными методами ТНС ГЦ, оценить уро-

вень напряжений и объяснить причины возникновения термоусталостных трещин.

Список литературы:

1. Межецкий Г.Д., Чекмарев В.В., Кузнецов В.К., Балдуев А. А. Увеличение глубины термоусталостных трещин в головках цилиндров дизелей при эксплуатации. // *Двигателестроение*. – 1991. – №2. – С. 35-41.
2. Косырев С.П., Разуваев А.В., Рафиков Р.М. Теплонапряженность цилиндрической крышки высокофорсированного дизеля. // *Двигателестроение*. – 2002. – №2. – С. 17-18.
3. Тринев А.В., Гончар П.Д. Использование локального воздушного охлаждения для улучшения теплонапряженного состояния головки цилиндров форсированного автотракторного дизеля // *Двигатели внутреннего сгорания: Всеукр. научн.-техн. журн.* – Харьков, НТУ „ХПИ”. – 2003. – №1-2. – С. 73-76.
4. Гончар П.Д. Экспериментальная оценка температурного состояния головки цилиндров в условиях локального охлаждения // *Автомобильный транспорт. Сборник научных трудов. Вып. 16.* – Харьков, ХНАДУ. – 2005. – №1. – С. 293-295.