

171

В.И. Лазарев

На правах рукописи

Лазарев Владислав Евгеньевич

**УЛУЧШЕНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ РАСПЫЛИТЕЛЯ  
ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ ФОРСУНКИ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАГРАДИТЕЛЬНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ**

Специальность 05.04.02 - « Тепловые двигатели »

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Челябинск - 1998

Работа выполнена в Южно-Уральском государственном университете на кафедре « Двигатели внутреннего сгорания ».

Научный руководитель: академик Российской академии транспорта,  
доктор технических наук, профессор А.Н. Лаврик

Официальные оппоненты:

заслуженный деятель науки Российской Федерации,  
доктор технических наук, профессор В.С. Кукис;  
кандидат технических наук, доцент Л.К. Зайцев

Ведущее предприятие: ОАО «Челябинский тракторный завод»

Защита состоится « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 1998 г., в \_\_\_ часов, на заседании диссертационного совета К 053.13.02 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Южно-Уральском государственном университете по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В. И. Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных гербовой печатью, просим направлять по указанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного совета.

Автореферат разослан « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 1998 г

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук, доцент



В.В. Жестков

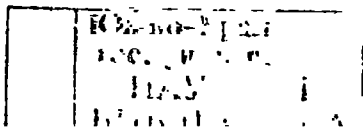
## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Дальнейшее повышение мощности тракторных дизелей и реализация в них нетрадиционных топлив в значительной степени сдерживается высокой тепловой нагруженностью распылителей топливopодающих форсунок. Она является одной из основных причин преждевременного коксования топлива в сопловых отверстиях, заисания и повышенного износа уплотняющих элементов иглы в корпусе распылителя. Известен предельный уровень температуры распылителя в области сопловых отверстий, превышение которого резко снижает его работоспособность. В этой связи тема диссертационной работы посвящена снижению температуры распылителя топливopодающей форсунки применением перспективных средств тепловой защиты, одним из которых является заградительное экранирование. Заградительное экранирование распылителя известно, однако его конкретные, особенно новые, технические решения нуждаются в теоретическом обосновании и оценке эффективности.

**Цель работы.** Снижение тепловой нагруженности распылителя топливopодающей форсунки дизеля заградительным экранированием его тепловоспринимающих поверхностей.

**Задачи исследования.** В соответствии с поставленной целью сформулированы и решены следующие задачи:

1. обоснование заградительного экранирования как средства тепловой защиты на основе систематизации и классификации способов регулирования теплового состояния распылителей топливopодающих форсунок дизелей;
2. разработка конструкции распылителя с тонкостенным заградительным экраном и разделенными воздушными полостями под ним;
3. оценка особенностей и разработка методики определения граничных условий теплообмена в распылителе с заградительным экранированием для математического моделирования его теплового состояния;



4. определение теплового состояния распылителя при частичном и полном его заградительном экранировании методом конечных элементов;

5. экспериментальная оценка эффективности снижения температуры распылителей с исследуемыми способами заградительного экранирования на различных режимах работы дизеля.

**Методы исследования.** Теоретическое обоснование методики определения граничных условий теплообмена и эффективности различных способов заградительного экранирования по снижению температуры распылителя топливоподающей форсунки дизеля выполнено путем проведения вычислительных экспериментов на ПЭВМ с использованием программного комплекса ТЕДА, реализующего метод конечных элементов в двухмерной постановке. Экспериментальная оценка достоверности вычислительных исследований и эффективности заградительного экранирования по снижению температуры распылителя проведена на моторной установке, оснащенной одноцилиндровым дизелем и комплексом измерительной и регистрирующей аппаратуры для определения основных показателей рабочего цикла и температуры распылителя форсунки. Оценка температуры распылителя в области, недоступной для установки термопар, в частности в области сопловых отверстий, осуществлялась комплексным методом, объединяющим процедуру математического моделирования с результатами экспериментального определения температуры в контрольных (реперных) точках распылителя.

**Объект исследования.** Штатные и экранированные (опытные) распылители топливоподающей форсунки тракторного дизеля Д-160 производства ОАО «ЧТЗ»

**Научная новизна.** Систематизированы и классифицированы основные способы регулирования теплового состояния (тепловой защиты) распылителя. Обосновано, как недостаточно изученное и перспективное средство тепловой защиты, заградительное экранирование распылителя с образованием под экраном разделенных закрытых и открытых воздушных полостей. Создана оригинальная конструкция экранированного распылителя повышенной эффективности. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена методика определения граничных

условий теплообмена в экранированных распылителях для математического моделирования их теплового состояния. Экспериментально установлена эффективность исследуемых способов заградительного экранирования распылителя по снижению его температуры на различных режимах работы дизеля

**Практическая ценность.** Разработанная методика определения граничных условий теплообмена в экранированных распылителях позволяет оценить эффективность исследуемых конструктивных решений по снижению температуры при использовании математического моделирования теплового состояния методом конечных элементов на стадии проектирования.

Результаты испытаний экранированного распылителя повышенной эффективности на дизеле Д-160 свидетельствуют о том, что на режиме номинальной мощности его температура в исследуемом сечении в области сопловых отверстий не превышает  $165^{\circ}\text{C}$ , что гарантирует снижение интенсивности и склонности к коксованию не только традиционного дизельного топлива, но и нетрадиционных видов топлива: керосина, бензина и их смесей с дизельным топливом.

**Реализация результатов исследований.** Материалы исследований переданы ОАО «ЧТЗ» для реализации в дизеле Д-160 его форсированной и многотопливной модификациях, и при конвертировании дизеля Д-160 в газодизель

**Апробация работы.** Результаты исследований докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ЧГТУ (1995-1998 г.г.), ЧГАУ (1997-1998 г.г.), на международной научно-технической конференции « Двигатель-97 » (Москва - МГТУ, 1997 г.), на международной научно-технической конференции « Технические ВУЗы – Республике » (Минск - БГПА, 1997 г.).

**Публикации.** Основное содержание работы опубликовано в 5 печатных трудах, включая патент РФ на распылитель топливоподающей форсунки дизеля, и 4 научно-технических отчетах.

**Объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы 212 стр.,

в том числе 140 стр. основного текста и 45 стр. иллюстраций. Список использованных источников содержит 58 наименований.

**На защиту выносятся :**

1. Систематизация и классификация способов регулирования теплового состояния (тепловой защиты) распылителя топливоподающей форсунки.
2. Новая конструкция экранированного распылителя с образованием разделенных закрытых и открытой воздушных полостей под заградительным экраном.
3. Методика определения граничных условий теплообмена в распылителе с заградительным экранированием для моделирования его теплового состояния
4. Результаты математического моделирования теплового состояния распылителя с различными способами заградительного экранирования.
5. Экспериментальная оценка эффективности заградительного экранирования по снижению температуры распылителя на разных режимах работы дизеля.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** раскрывается актуальность темы диссертационной работы, дается ее общая характеристика, кратко рассматривается содержание работы.

**В первой главе** диссертации рассмотрены основные факторы, определяющие тепловое состояние распылителя топливоподающей форсунки дизеля. Температура распылителя является следствием термодинамического взаимодействия трех сред : жидкой - моторное топливо, газообразной - рабочих газов и воздуха и твердой - материала элементов распылителя. Удачное сочетание их физико-химических, точнее теплофизических, свойств в целях управления процессами теплопередачи обеспечивает достижение желаемых температур распылителя в областях сопловых отверстий и уплотняющих элементов иглы и является одним из условий улучшения его теплового состояния. Это сочетание ограничено конструктивными особенностями, спецификой установки распылителя в форсунке и другими обстоятельствами. Известны ограничения, накладываемые на допустимую

температуру распылителя видом применяемого топлива, с точки зрения интенсивности и склонности его коксования в сопловых отверстиях, которые в значительной степени сдерживают форсирование дизеля по мощности.

Удовлетворение требованиям, предъявляемым к распылителю форсунки, как к элементу топливopодpождающей системы дизеля, в значительной степени определяется уровнем его тепломеханической нагруженности. Последняя характеризуется как абсолютным уровнем температур, так и их градиентом в конкретных областях сечения, а также механическими воздействиями давления газов, топлива в полостях распылителя и контактными давлениями в местах крепления. От уровня тепломеханической нагруженности распылителя зависит интенсивность и склонность к коксованию топлива в сопловых отверстиях, подвижность и уплотняющая способность иглы. Повышение надежности и долговечности распылителя требует снижения его тепломеханической, прежде всего тепловой, нагруженности. Известно значительное число способов улучшения (регулирования) теплового состояния распылителя. В целях оценки эффективности и выявления недостаточно изученных способов улучшения теплового состояния распылителей выполнена их систематизация и классификация, рис.1, в результате чего отмечено заградительное экранирование, как один из конструктивно простых, но не всегда эффективных, способов тепловой защиты. Обоснована, как способ повышения эффективности заградительного экранирования, целесообразность выполнения под экраном разделенных воздушных полостей, рис.2. В заключение первой главы сформулирована цель и поставлены задачи исследования.

Вторая глава диссертации посвящена методологическому анализу граничных условий теплообмена, необходимых при математическом моделировании температурного состояния распылителя. Рассмотрены специфика теплообмена и тепловой баланс распылителя, определенный следующими составляющими: теплоотдачей от рабочих газов к носику распылителя и его боковой поверхности, от элементов распылителя топливу в топливных полостях и теплопередачей в местах контакта распылителя с элементами форсунки. Отмечается определяющая роль

## Способы улучшения теплового состояния распылителя топливоподающей форсунки дизеля

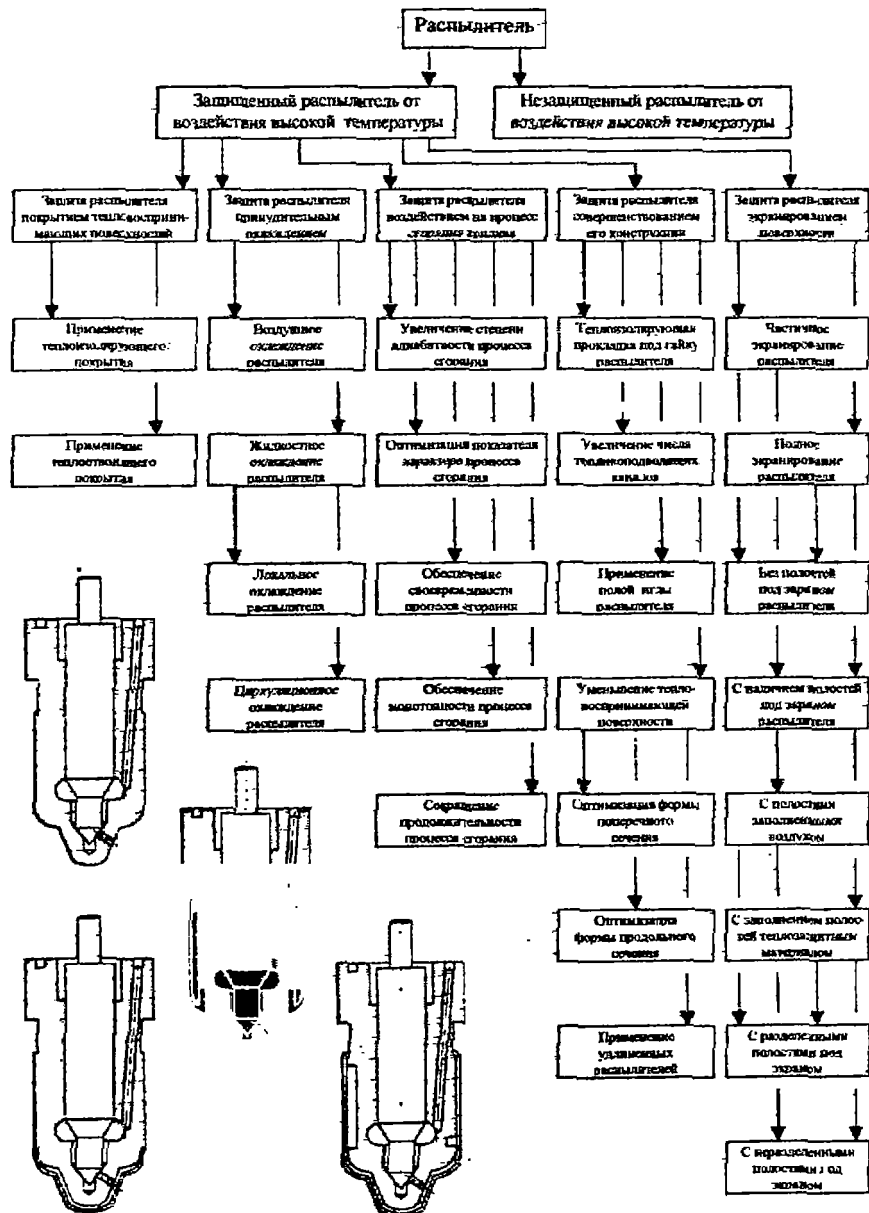
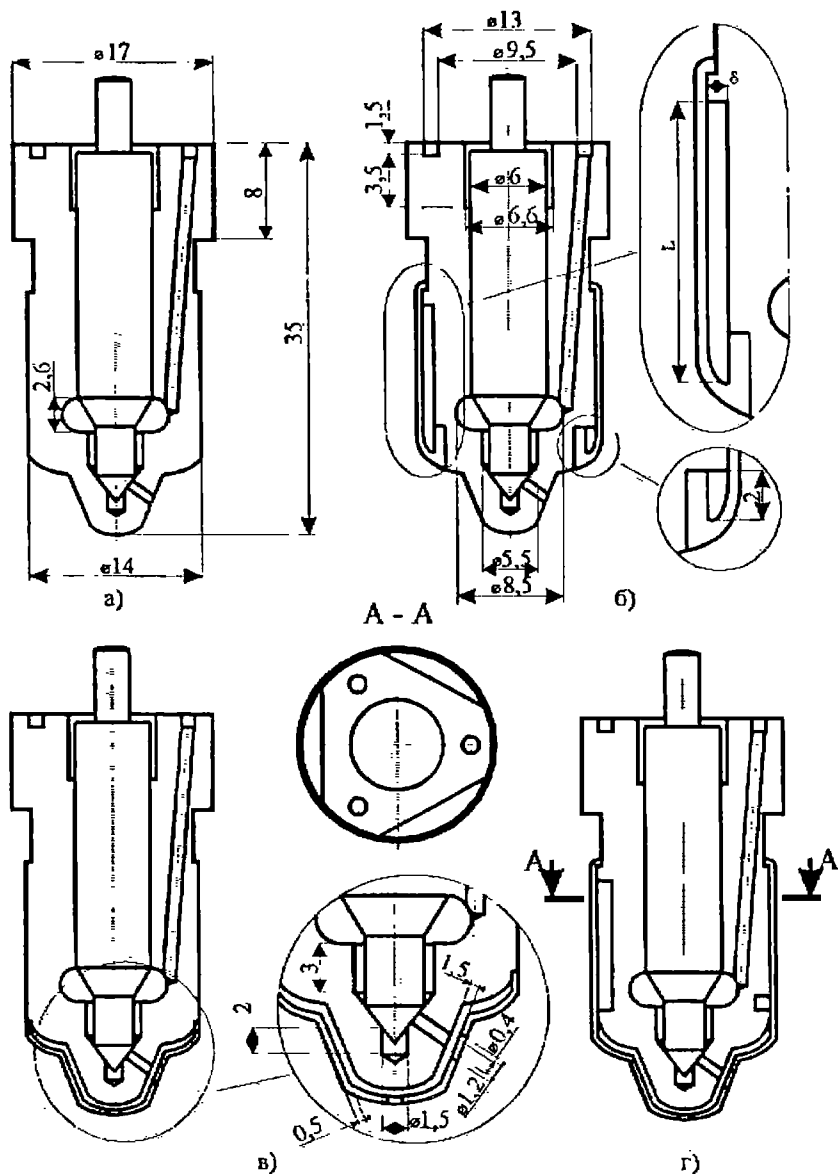


Рис 1





а - распылитель без экранирования, б - частичное - боковое с закрытой полостью, в - частичное - носика с открытой полостью, г - полное - с разделенными полостями

Изменение температуры и коэффициента теплоотдачи газа в цилиндре а), в открытой воздушной полости б) и топлива в топливных полостях в) распылителя

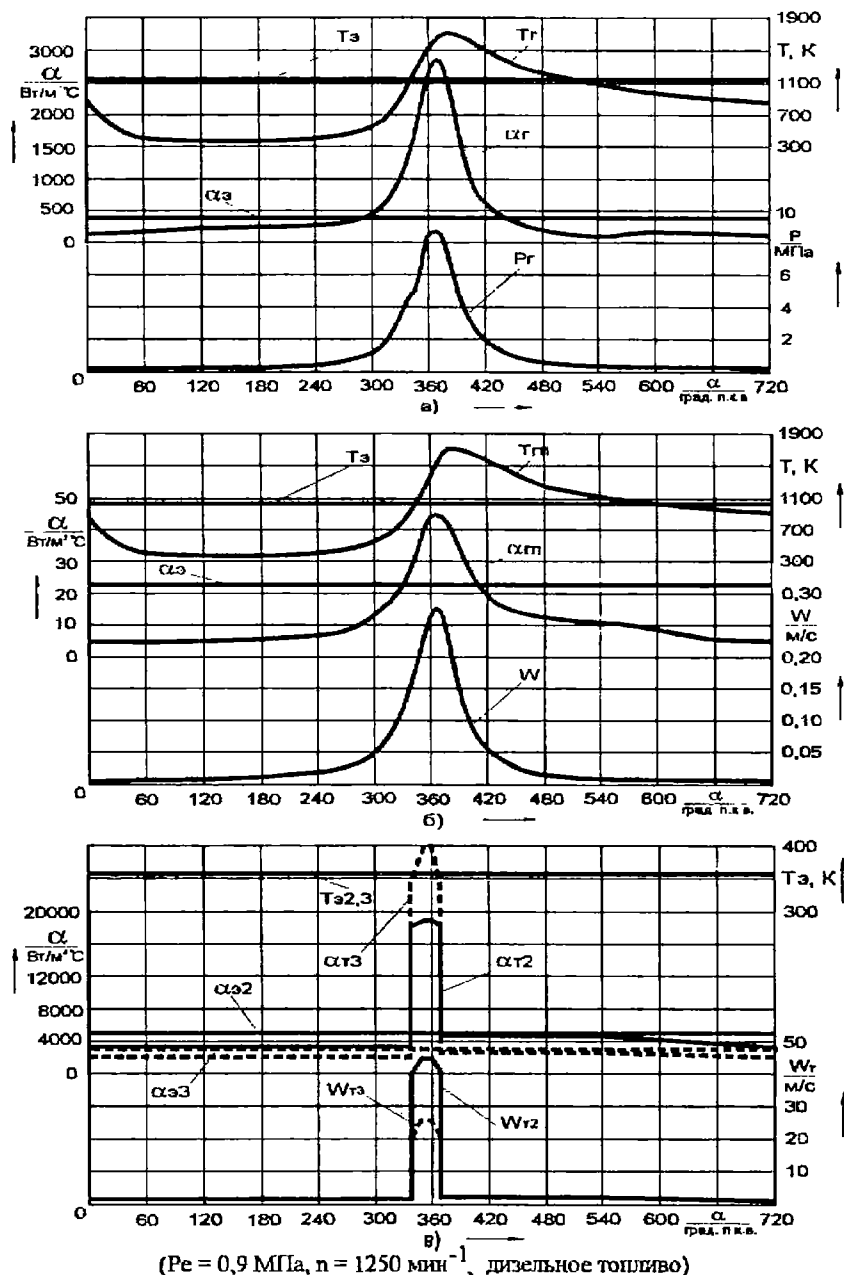


Рис. 3

теплоотдачи от рабочих газов, ограничение которой является важнейшим резервом по снижению температуры распылителя. В этих целях целесообразно образование под тонкостенным экраном закрытых и открытой воздушных полостей. Закрытая полость образуется для ограничения теплоотдачи от рабочих газов в боковую поверхность, а открытая полость - в поверхность носика распылителя. В качестве граничных условий квазистационарного теплообмена используются граничные условия третьего рода, предполагающие задание плотности теплового потока двумя параметрами: эквивалентным, средним по конкретному участку поверхности распылителя, коэффициентом теплоотдачи и эквивалентной температурой окружающей среды.

Наиболее трудоемкой процедурой является определение граничных условий теплообмена рабочих газов с поверхностью носика и боковой поверхностью распылителя. Определяются эквивалентные коэффициент теплоотдачи и температуру газов через их текущие значения по углу поворота коленчатого вала

$$\alpha_x = \alpha_{cp} = \tau_0^{-1} \cdot \int \alpha dt \quad (1), \quad T_x = (\alpha \cdot T)_{cp} / \alpha_{cp} \quad (2),$$

Для определения текущей температуры газа в цилиндре проведен термодинамический анализ индикаторной диаграммы давления газов, а для определения текущего коэффициента теплоотдачи использована зависимость Г. Вошни, адаптированная Г.Д. Драгуновым и Л.К. Зайцевым к способу смесеобразования и сгорания и типу камеры сгорания исследуемого дизеля

$$\alpha = C_q \cdot P^{0.8} \cdot T^{-0.53} \cdot D^{-0.2} \cdot W^{0.8} \quad (3)$$

Определенное в итоге эквивалентное значение коэффициента теплоотдачи дополнительно корректировалось с учетом особенностей распределения его по огневой поверхности головки блока в зависимости от типа камеры сгорания, используя рекомендации Э. Славиньского, А.К. Костина и Р.М. Петриченко :

$$\alpha_x / \alpha_{max} = A - (B-A) \cdot x / R + [1 - A - (B-A) \cdot x / R] \cdot \{4 [(x / R)^n - (x / R)^{2n}]^k \quad (4)$$

Теплообмен в зазоре между боковой поверхностью распылителя и поверхностью отверстия в головке блока оценивался с использованием рекомендаций А.В. Николаенко, предполагающих сохранение на протяжении зазора постоянной

эквивалентной температуры газа и уменьшение эквивалентного коэффициента теплоотдачи по закону, близкому к линейному, по мере удаления от огневой поверхности гловки.

Образование воздушных полостей под экраном распылителя обуславливает специфические особенности определения граничных условий теплообмена в них.

Закрытые воздушные полости, располагающиеся на боковой поверхности распылителя, характеризуются свободно-конвективным теплообменом. Движение газовой среды в них характеризуется исключительно слабой интенсивностью и процесс теплопередачи, согласно рекомендациям М.А. Михеева, может рассматриваться как явление теплопроводности при определенных условиях :

$$\lambda_0 / \lambda = \varepsilon_k, \text{ где } \varepsilon_k = f(Gr_r Pr_r) \text{ для } t_p = 0,5(t_s + t_p) \quad (5)$$

Открытые воздушные полости, располагающиеся на носике распылителя и сообщающиеся с внутрицилиндровым пространством отверстиями в экране для выхода топливных струй, характеризуются вынужденно-конвективным теплообменом. Движение газовой среды в них характеризуется перетеканием газового потока из цилиндра в пространство полости и созданием вихрей определенной интенсивности. Текущее давление  $p_n$  и температура  $T_n$  газовой среды в полости определяются

$$p_n = p - \rho^3 V^2 / [2(\mu f)^2] \quad (6), \quad T_n = T \cdot (p_n / p)^{(n-1)/m} \quad (7)$$

а текущая скорость перетекающая  $w$  ее из цилиндра в пространство полости составит

$$w = \sqrt{[2k / (k-1)] (p / \rho) [1 - (p_n / p)^{(k-1)/k}]} \quad (8).$$

Тогда, при известном характерном размере полости  $L$ , найдем критерии Рейнольдса и Нуссельта

$$Re_{L_{cp}} = w L / \nu_r \quad (9), \quad Nu_{L_{cp}} = 0,66 Re_{L_{cp}}^{0,5} Pr_r^{0,33} (Pr_r / Pr_c)^{0,25} \quad (10)$$

а затем и текущее значение, среднего по поверхности полости, коэффициента теплоотдачи

$$\alpha_{cp} = (Nu_{L_{cp}} \lambda_r) / L \quad (11)$$

Процесс теплообмена между поверхностями корпуса распылителя и топливом в течение рабочего цикла условно можно разбить на два периода: период теплообмена при опущенной игле распылителя и, следовательно, при отсутствии впрыскивания топлива в цилиндр дизеля, и период теплообмена при впрыскивании топлива. Эти периоды различаются интенсивностью движения топлива в полостях распылителя. Если во втором периоде движение топлива в полостях характеризуется высокой скоростью, то, вследствие инерционности, в первом периоде в них наблюдаются лишь колебательные его движения. На протяжении всего рабочего цикла имеет место вынужденно - конвективный теплообмен между топливом и поверхностями корпуса распылителя разной интенсивности. Текущий коэффициент теплоотдачи в топливо в первом периоде процесса теплообмена в трех полостях: кольцевой - 1, под дифференциальной площадкой иглы - 2 и под иглой распылителя - 3 определяется

$$\alpha_1^{1,2,3} = 1,4 [(Re_L d_s) / L]^{0,4} Pr_T^{0,33} (Pr_T / Pr_c)^{0,25} \cdot (\lambda / d_s) \quad (12)$$

Во втором периоде процесса теплообмена текущий коэффициент теплоотдачи в топливо в полостях 1 и 3 составит

$$\alpha_2^{1,3} = 0,021 Re_L^{0,8} Pr_T^{0,43} (Pr_T / Pr_c)^{0,25} \varepsilon_1 (\lambda / d_s), \quad (13)$$

а в полости 2, с учетом рекомендаций В.Н. Долинина, определится

$$\alpha_2^2 = 0,023 Re_L^{0,69} Pr_T^{0,4} (\lambda / d_s). \quad (14)$$

Изменение параметров теплообмена газа на псверхностях и топлива в полостях распылителя для исследуемого режима работы дизеля приведено на рис.3.

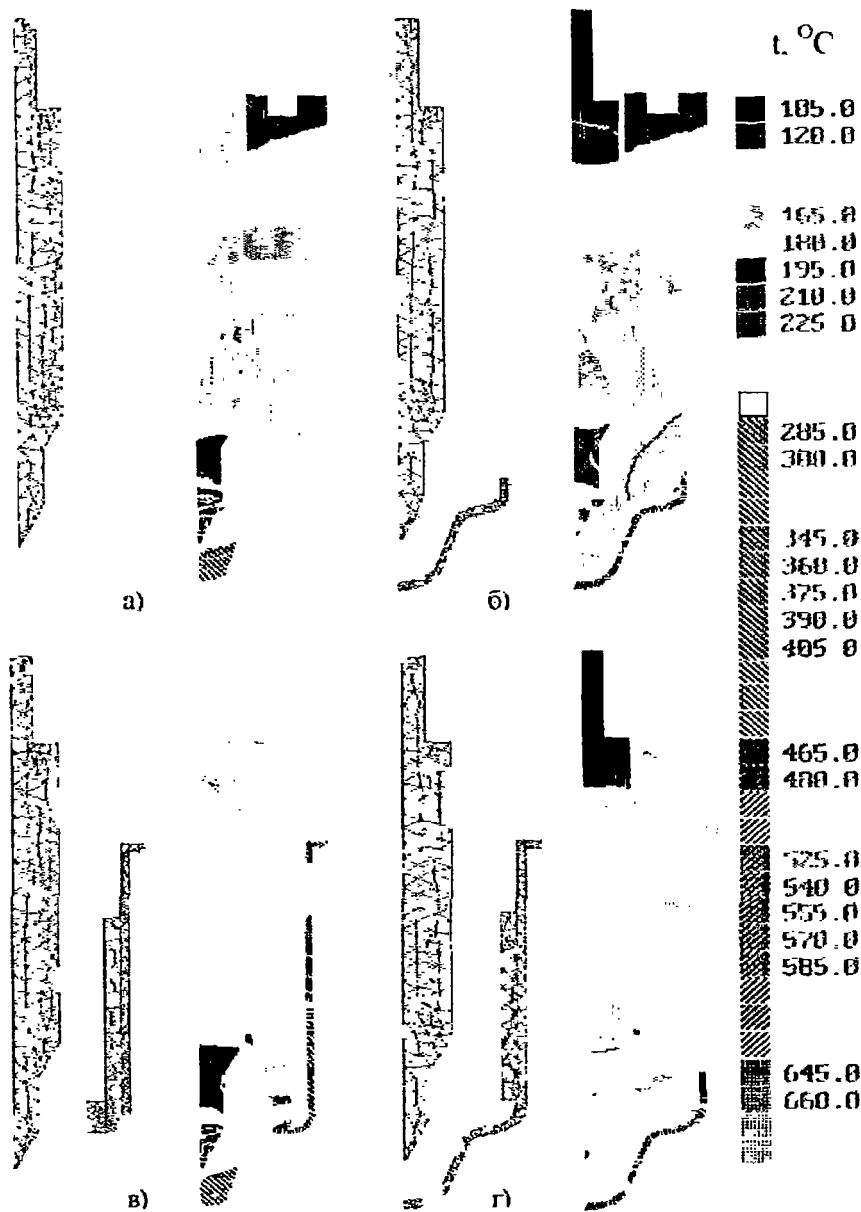
Для определения граничных условий теплообмена на поверхностях распылителя, находящихся в контакте с элементами форсунки, анализируется контактный теплообмен в сопряжении, характеризуемый коэффициентом контактного теплообмена  $\alpha_x$ , численно равным проводимости контакта, и температурой  $T$  контактирующих поверхностей. Коэффициент контактного теплообмена для горизонтальных поверхностей определяется по рекомендациям Г.Б. Розенблита

$$\alpha_x \approx [2\lambda_c] / (h_1 + h_2) + 2,1[(p\lambda_w) / (3\sigma_s)] 10^4, \quad (15)$$

а для вертикальных поверхностей контакта по закономерностям для условного контактного слоя или зазора  $\alpha_x = \lambda_c / \delta_x$ . Термическое сопротивление контакта зависит от идентичности формы, чистоты исполнения и усилия  $p$ , обеспечивающего контакт сопрягаемых поверхностей, толщины контактного слоя или зазора  $\delta_x$  и теплопроводности среды  $\lambda_c$  в зазоре.

Третья глава диссертации включает анализ результатов математического моделирования теплового состояния распылителей в штатном исполнении и с тепловой защитой заградительным экранированием методом конечных элементов, реализованным в программном комплексе ТЕДА. Комплекс ТЕДА разработан в МГТУ им Н.Э. Баумана под руководством Н.А. Ивашенко и адаптирован для тракторных дизелей ОАО «ЧТЗ». В процессе математического моделирования предварительно оценивалось тепловое состояние распылителя и сопряженных деталей форсунки в установочном узле головки блока, определялось тепловое состояние штатного распылителя и его альтернативного варианта удлиненного типа, оценивалось влияние раздельного экранирования боковой поверхности, носика и полного экранирования распылителя на его тепловое состояние, определялось тепловое состояние штатного и полностью экранированного распылителей при работе на нетрадиционных видах топлива. Результаты математического моделирования температурного состояния распылителя, рис.4, позволяют выбрать для экспериментального анализа наиболее эффективное конструктивное решение заградительного экранирования и, совместно с данными эксперимента, дают полную картину теплового состояния различных элементов распылителя, недоступных для установки термомпар, в частности области сопловых отверстий.

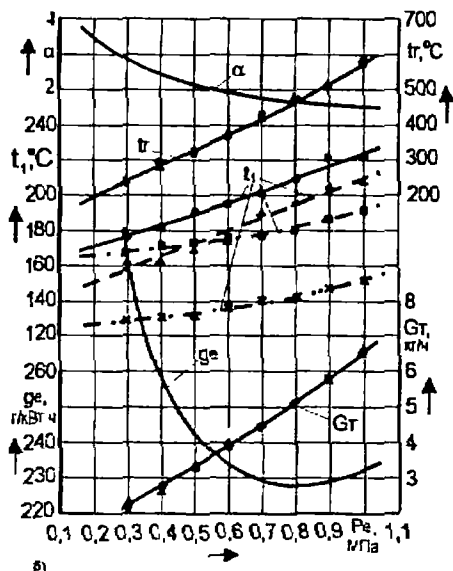
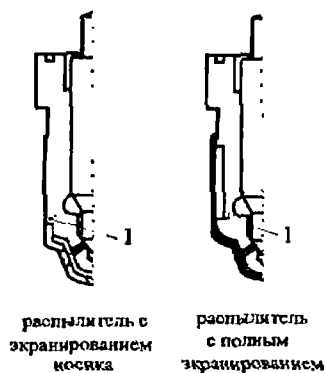
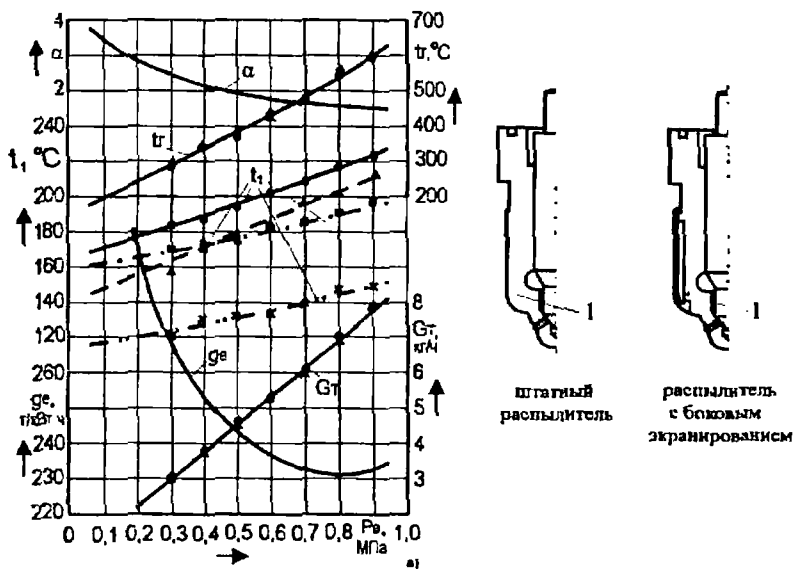
Установка на боковой поверхности распылителя защитного экрана с закрытой воздушной полостью позволяет уменьшить на 40-50 °С температуру области прецизионной части иглы, по сравнению с таковой у штатного распылителя, практически не влияя на температуру области сопловых отверстий, т.е. не решая проблему снижения склонности и интенсивности коксования топлива. Установка защитного экрана с открытой воздушной полостью на носике распылителя позволя-



а – штатный, б, в – частичное экранирование, г – полное экранирование  
 ( $P_2 = 0.9 \text{ МПа}$ ,  $n = 1250 \text{ мин}^{-1}$ , дизельное топливо)

Рис. 4

# Нагрузочные характеристики дизеля Д - 160



- (а -  $n=1250 \text{ мин}^{-1}$ , б -  $n=950 \text{ мин}^{-1}$ , дизельное топливо)
- — штатный распылитель,      △ --- экранирование носика.
  - - боковое экранирование,      × --- полное экранирование

Рис 5



ет уменьшить на 60-75 °С температуру области сопловых отверстий, по сравнению с таковой у штатного распылителя, практически не влияя на температуру области прецизионной части иглы. Полное экранирование распылителей с образованием под экраном разделенных воздушных полостей является эффективным средством снижения температуры в области сопловых отверстий и прецизионной части иглы. Наибольший эффект по снижению температуры, как показали результаты расчетного анализа, достигнут при полном экранировании распылителя, где температуру области сопловых отверстий удалось понизить на 90 °С, а области прецизионной части - в среднем на 45 °С. Полное экранирование распылителя с образованием под экраном разделенных воздушных полостей при работе дизеля на бензине А-72 и газожижкостном топливе обеспечивает приемлемое тепловое состояние его характерных областей, гарантирующее повышенную работоспособность и пониженную склонность к закоксованию сопловых отверстий. Повышенная температура нижней части защитного экрана распылителя требует применения в качестве материала для его изготовления соответствующих жаростойких сталей.

В четвертой главе приведено описание объектов исследования с указанием размещения термопар, элементов технологии изготовления и сборки их, экспериментальной установки, измерительной и регистрирующей аппаратуры, методики экспериментального исследования и оценки погрешностей измерений.

Пятая глава посвящена экспериментальной оценке эффективности заградительного экранирования распылителя топливобладоющей форсунки по снижению его температуры в исследуемом дизеле Д-160. Экспериментально оценивалась температура распылителей с различными вариантами экранирования и в штатном исполнении при изменении режима работы дизеля по нагрузочным характеристикам. В частности оценивалась эффективность частичного, отдельно боковой поверхности и носика, и полного экранирования распылителя. Испытаны четыре распылителя с одинаковыми числом и диаметром сопловых отверстий, углом конуса в шатре и выступанием от огневой поверхности головки блока. С каждым из исследуемых распылителей определялись нагрузочные характеристики

дизеля при частотах вращения коленчатого вала, соответствующих режимам номинальной мощности и максимального вращающего момента. В каждом из исследуемых распылителей установлена контрольная термопара в реперной точке - т.1, удаленной от верхнего торца установочного буртика на одинаковом расстоянии. Результаты экспериментальной оценки температурного состояния исследуемых распылителей представлены на рис.5. Оценивая тепловое состояние штатного распылителя можно отметить, что уровень экспериментально установленной температуры в характерной точке достаточно высок на режиме номинальной мощности дизеля и является неприемлемым с точки зрения интенсивности и склонности к коксованию топлива в сопловых отверстиях. Измеренная температура в контрольной точке 1 не характеризует температуру области сопловых отверстий, которая, по результатам математического моделирования температурного поля в сечении распылителя с помощью метода конечных элементов, превышает ее на 20-25 °С. Оценивая тепловое состояние распылителя с экранированием боковой поверхности, можно отметить, что измеренная температура в контрольной точке 1, так же, как и у штатного распылителя, не характеризует температуру области сопловых отверстий, которая, по результатам математического моделирования температурного поля в сечении этого распылителя, превышает ее на 55-60 °С. Экранирование боковой поверхности распылителя позволяет снизить температуру распылителя лишь в области закрытой экраном и удаленной от сопловых отверстий. Сравнивая тепловое состояние штатного распылителя и распылителя с экраном на носике можно отметить, что измеренные температуры в контрольных точках 1 не характеризуют температуры области сопловых отверстий, которые, по результатам математического моделирования температурных полей, у штатного распылителя выше, а у распылителя с экраном на носике ниже их на 20-25 °С. Сопоставление температур штатного и полностью экранированного распылителей показывает снижение температуры  $t_1$  последнего в среднем по нагрузочной характеристике на 60-63 °С. Наибольший эффект по снижению температуры полным экранированием распылителя наблюдается в области повышенных значений среднего

эффективного давления  $P_e$ . При значении  $P_e = 0,9$  МПа температура  $t_1$  у полностью экранированного распылителя составляет  $148$  °С, что на  $76$  °С ниже температуры штатного распылителя в аналогичной точке. Результаты математического моделирования температурного поля сечения полностью экранированного распылителя показывают, что температура области сопловых отверстий совпадает с температурой в контрольной точке 1. Это позволяет по измеренной температуре в контрольной точке судить о температуре области сопловых отверстий.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Температура штатного распылителя топливоподающей форсунки дизеля Д-160 в области сопловых отверстий составляет на режимах номинальной мощности ( $P_e = 0,9$  МПа,  $n = 1250$  мин<sup>-1</sup>) -  $240...255$  °С и максимального вращающего момента ( $P_e = 1,00$  МПа,  $n = 950$  мин<sup>-1</sup>) -  $245...260$  °С. Она превышает допустимые, с точки зрения интенсивности и склонности к коксованию топлива, значения при работе на дизельном топливе на  $35...40$  °С и на бензине на  $65...70$  °С, что свидетельствует о необходимости тепловой защиты распылителя.

2. Анализ способов улучшения теплового состояния распылителей показал, что одним из эффективных является тепловая защита использованием заградительного экранирования. В этой связи разработаны, теоретически и экспериментально оценены, с точки зрения эффективности снижения температуры, оригинальная конструкция распылителя с полным заградительным экранированием, предполагающим создание под экраном из жаропрочной стали разделенных закрытых и открытой воздушных полостей, и конструкции с частичным заградительным экранированием - боковой поверхности и носика распылителей. Отверстия в экране для выхода топливных струй должны выполняться диаметром не менее  $3,5...4,0$  диаметров сопловых отверстий распылителя и соосными с ними.

3. На стадии проектирования распылителя с заградительным экранированием целесообразно математическое моделирование его теплового состояния с

адаптацией известных критериальных зависимостей к определению граничных условий его теплообмена. В этой связи разработана методика определения граничных условий с выделением пяти характерных границ, различающихся спецификой теплообмена рабочего тела в цилиндре дизеля с экраном, носиком корпуса в открытой воздушной полости, боковой поверхности корпуса в закрытых воздушных полостях, корпуса распылителя с топливом в топливных каналах и полости, и в местах контакта распылителя с элементами форсунки и экраном.

4. Математическим моделированием установлено, что экранирование боковой поверхности корпуса позволяет уменьшить температуру в области уплотняющей поверхности иглы распылителя, не оказывая практически влияния на температуру в области сопловых отверстий. Экранирование носика позволяет уменьшить температуру в области сопловых отверстий и запорного конуса иглы, практически не влияя на температуру в области уплотняющей поверхности иглы распылителя. Полное экранирование позволяет уменьшить температуру как в области сопловых отверстий, так и в области запорного конуса и уплотняющей поверхности иглы распылителя.

При заградительном экранировании повышенную температуру имеет тонкостенный экран, что необходимо учитывать, выбирая его материал и толщину.

5. Результаты расчетно-экспериментального анализа теплового состояния распылителей с заградительным экранированием на исследуемых режимах работы дизеля при работе на дизельном топливе показали: а) частичное экранирование установкой экрана на боковой поверхности распылителя позволяет снизить температуру в области уплотняющей поверхности иглы на 40 - 45 °С; б) частичное экранирование установкой экрана на носике распылителя позволяет снизить температуру в области сопловых отверстий на 55 - 60 °С; в) полное экранирование распылителя с образованием под экраном разделенных воздушных открытой и закрытой полостей позволяет уменьшать его температуру в области сопловых отверстий на 85 - 90 °С, в области уплотняющей поверхности иглы – на 40 - 45 °С.

Температура распылителя в области сопловых отверстий не превышает 150 °С, а в области уплотняющей части иглы –135 °С.

6 Использование нетрадиционных топлив в исследуемом дизеле сопровождается повышением температуры штатного и полностью экранированного распылителей. Температура распылителя с полным экранированием при работе на бензине А-72 и газожидкостном топливе в области сопловых отверстий не превышает 165 °С, а в области уплотняющей поверхности иглы -135 °С.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах

1. Лазарев В.Е. Тепловое и напряженно-деформированное состояние распылителя топливopодающей форсунки дизеля // Техническая эксплуатация, надежность и совершенствование автомобилей ; Сб. науч. тр.- Челябинск : - ЧГТУ, 1995 - С. 104 - 106.

2 Решение ВНИИГПЭ о выдаче патента РФ на изобретение от 7 мая 1997 г по заявке N 96116671/06(022835) от 13.08.96, МПК 6 F02M 53 / 04. Распылитель топливopодающей форсунки дизеля // В.Е. Лазарев, А.Н. Лаврик и др.

3 Лазарев В.Е., Лаврик А.Н. Эффективность некоторых способов снижения тепловой нагруженности распылителя топливopодающей форсунки дизеля // Автомобильная техника ( силовые установки ) ; Сб. науч. тр. ЧВВАИУ, вып.6 - Челябинск, 1996.- С. 44 - 51

4. Лазарев В.Е., Лаврик А.Н., Мицын Г.П., Кавьяров В.И., Малоземов А.А., Бондарь В.Н. Распылитель топливopодающей форсунки с тепловой защитой для дизеля, использующего альтернативные топлива // Двигатель-97. Материалы международной научно-технической конференции / МГТУ, Москва, 1997.- С.97-98

5. Лазарев В.Е., Лаврик А.Н. Снижение температуры распылителя топливopодающей форсунки дизеля образованием воздушных полостей под заградительным экраном // Технические ВУЗы - Республике. Материалы международной научно-технической конференции профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов БГПА, в 7-ми частях, часть 3 / БГПА, Минск, 1997.- С.52

Лазарев Владислав Евгеньевич

УЛУЧШЕНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ РАСТЫЛИТЕЛЯ  
ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ ФОРСУНКИ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАГРАДИТЕЛЬНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

Специальность 05.04.02 - « Тепловые двигатели »

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Издательство Южно-Уральского государственного  
университета

---

ЛР N 020364 от 10.04.97. Подписано в печать 05.02.98. Формат  
60\*84 1/16 Печать офсетная. Усл. печ.л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,0  
Тираж 100 экз. Заказ 48 / 60 .

---

УОП Издательства. 454080, г. Челябинск, пр.им. В.И. Ленина. 76.