

На правах рукописи

Роднов Константин Валерьевич

**УЛУЧШЕНИЕ ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ДИЗЕЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАСЛОВПРЫСКА**

05.04.02 – Тепловые двигатели

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск – 2009

Работа выполнена в ОАО «Научно-исследовательский институт автотракторной техники» (г. Челябинск).

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Малозёмов А.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Лаврик А.Н.

кандидат технических наук, доцент
Малышев А.Ф.

Ведущая организация: ООО «ГСКБ Трансдизель»

Защита состоится 25 ноября 2009 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 212.298.09 при Южно-Уральском государственном университете по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, зал диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Южно-Уральского государственного университета.

Отзывы на автореферат, заверенные печатью Вашего учреждения, просим направлять в двух экземплярах по указанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного совета.

E-mail: D212.298.09@mail.ru.

Автореферат разослан 21 октября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



Лазарев Е.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Повышение обороноспособности страны – одна из важнейших геополитических и социально-экономических целей Российского государства. Мероприятия, направленные на повышение технического уровня военной техники, являются частью Военной доктрины Российской Федерации. Военная техника должна отвечать комплексу военно-технических требований, вытекающих из задач оперативно-тактического использования в специфических условиях армейской эксплуатации. В основе разработки требований лежит программная цель применения конкретного вида техники в Вооруженных Силах.

Военная машина (ВМ), гусеничная или колесная, должна обладать определенными тактико-техническими и эксплуатационными свойствами, основными из которых являются: высокая подвижность; постоянная боевая готовность; живучесть в условиях воздействия поражающих факторов различных видов оружия; полезные вместимость и грузоподъемность. Требуемые тактико-технические и эксплуатационные свойства машин реализуются за счет определенных выходных свойств каждого конструктивного элемента рассматриваемого объекта, в том числе силовой установки и основной ее составляющей – двигателя.

Боевая готовность машин в значительной степени определяется эксплуатационной надежностью дизеля, поскольку его отказ полностью лишает машину основного свойства – подвижности. Существенную роль в обеспечении эксплуатационной надежности ВМ играет время, необходимое для приведения силовых установок в рабочее состояние, на заправку ГСМ, подготовительные операции, прогрев и особенно пуск дизеля. Основной составляющей этого времени является продолжительность пуска дизеля, которая определяет боевую готовность машин.

Исследованию проблемы пуска дизелей в различных климатических условиях, разработке и обоснованию методов ее решения посвящены научные труды Н.Р. Бриллинга, А.И. Толстова, Д.Н. Вырубова, В.А. Купершмидта, В.И. Козлова, В.В. Шишкова, В.Г. Камалтдинова и других ученых. Проблема пуска дизеля актуальна, в первую очередь, при пониженных температурах окружающей среды, так как при этом снижается температура начала такта сжатия, увеличиваются утечки воздуха в зазоре между поршнем и цилиндром и повышается вязкость масла. В результате происходит уменьшение частоты и увеличение неравномерности прокручивания коленчатого вала холодного дизеля, понижение температуры рабочего тела в конце такта сжатия до значений, при которых невозможно самовоспламенение топлива.

В диссертационной работе рассмотрен способ улучшения пусковых характеристик, заключающийся в снижении потерь энергии рабочего тела на такте сжатия за счет уплотнения зазора между поршнем и цилиндром путем впрыскивания масла в камеру сгорания дизеля. Преимуществами масловпрыска по сравнению с другими средствами облегчения пуска являются: 1) малый объем и масса устройства, 2) пленка масла на поверхностях, образующих камеру сгорания, снижает потери энергии рабочего тела теплообменом и уменьшает потери на трение в сопряжении «поршень - гильза цилиндра». До настоящего времени уст-

ройство масловпрыска серийно использовалось только на дизелях типа 5ТД, которые конструктивно существенно отличаются от В-2. Методы улучшения пусковых характеристик дизелей специального назначения типа В-2 снижением утечек рабочего тела с использованием масловпрыска недостаточно полно изучены, что обуславливает актуальность темы диссертационного исследования.

Цель работы. Улучшение пусковых характеристик дизелей использованием впрыскивания масла в камеру сжатия для повышения боеготовности военных машин.

Для достижения поставленной цели предусматривается решение следующих **задач**:

1. Совершенствование методов математического моделирования процесса пуска дизеля с впрыскиванием масла в цилиндры.
2. Расчетно-теоретический анализ влияния конструктивных элементов и технологических факторов на пусковые характеристики дизеля с впрыскиванием масла.
3. Анализ экспериментальных данных по режимам работы системы масловпрыска при пуске дизеля.
4. Разработка рекомендаций по использованию системы масловпрыска при пуске дизелей военных машин.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. На основе системы дифференциальных уравнений массового и энергетического баланса разработана математическая модель оценки состояния рабочего тела в нестационарных процессах его изменения, в том числе вследствие утечек в зазор между поршнем и цилиндром дизеля.

2. Установлены закономерности, связывающие: максимальную температуру рабочего тела в камере сжатия с количеством масла, впрыскиваемого в цилиндр, частотой вращения и температурой окружающей среды, а также величину эквивалентного зазора между поршнем и цилиндром с количеством впрыскиваемого масла и частотой вращения коленчатого вала дизеля.

3. На основе экспериментальных данных установлены количественные закономерности влияния параметров и условий впрыскивания масла в камеру сжатия на состояние рабочего тела и пусковые характеристики дизеля повышенной размерности.

Методы исследования. Математическое моделирование внутрицилиндровых термодинамических процессов в дизеле при пуске. Анализ результатов экспериментальных исследований пусковых характеристик дизеля и его деталей с использованием стандартных и оригинальных измерительной аппаратуры и методов испытаний.

Объект исследования: процесс пуска дизеля типа В-2, оборудованного системой масловпрыска, с использованием сжатого воздуха.

Предмет исследования: влияние системы масловпрыска на процесс пуска дизелей специального назначения типа В-2 (размерностью 15/18 с наддувом).

Практическая ценность работы заключается в следующем:

1. Разработаны расчетные методы прогнозирования пусковых характеристик дизелей типа В-2 с системой масловпрыска.
2. Научно обоснованы рекомендации по выбору рациональных конструктивных и регулировочных параметров системы масловпрыска.

Реализация результатов. Результаты работы используются: ООО ГСКБ «Трансдизель», ОАО «НИИ автотракторной техники», на кафедре «Специальные и дорожно-строительные машины» Южно-Уральского государственного университета, Челябинским высшим военным автомобильным командно-инженерным училищем.

Реализация результатов работы подтверждается соответствующими актами.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях: ЧВВАКИУ (Челябинск – 2004...2009 гг.), ОАО «НИИ АТТ» (Челябинск – 2006...2009 гг.), КГТУ – «Политранспортные системы» (Красноярск – 2006 г.), XIV Международном конгрессе двигателестроителей (Украина, Харьков – 2009 г.).

Публикации. Основные научные и практические результаты диссертации изложены в 6 работах, в том числе: 1 – в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 – в материалах всероссийской конференции, 4 – в региональных изданиях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка (80 источников) и приложения. Диссертация содержит 123 страницы, 8 таблиц, 42 иллюстрации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отмечается необходимость улучшения пусковых характеристик дизеля как одна из важных задач дизелестроения. Особенно актуальна эта задача в условиях пониженных температур окружающей среды. Обосновывается необходимость обеспечения требуемых условий воспламенения топлива и достижения требуемых параметров свежего заряда при пуске сжатым воздухом снижением утечек рабочего тела за счет уплотнения и минимизации зазора между поршнем и гильзой.

В первой главе приведен краткий обзор работ по теме диссертации, обосновывается необходимость проведения исследований по совершенствованию средств обеспечения пуска. Боеготовность военных машин во многом определяется пусковыми характеристиками их силовых установок. Обзор и сравнительный анализ требований отечественных и зарубежных нормативно-технических документов к пусковым характеристикам дизелей ВМ свидетельствуют о важности данного параметра. Применение устройств облегчения пуска для двигателей военных машин имеет свою специфику и ограничено требованиями к массогабаритным характеристикам силовых установок, компоновочными решениями объекта применения. Анализ работ в области совершенствования пусковых характеристик дизелей выявил недостаточную изученность влияния на утечки рабочего тела и момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала, спосо-

бов герметизации пространства сжатия, в частности, впрыскиванием масла в камеру сгорания. Анализ результатов ранее выполненных экспериментальных и теоретических исследований пусковых характеристик ДВС и применяемых технических средств позволяет сформулировать цель и задачи исследования.

Во второй главе рассматривается математическая модель процесса пуска дизеля, в том числе сжатым воздухом, при использовании системы впрыскивания масла. Критический анализ существующих методов расчета процесса пуска, учитывающих утечки рабочего тела (работы Купершмидта, Энглиша, Алиева и других исследователей), выявил, что они неприменимы к системе пуска с впрыскиванием масла в цилиндр, так как не учитывают уплотняющих свойств масла в зазоре, зависящих от различных нестационарных факторов.

Модель основана на системе дифференциальных уравнений массового и энергетического балансов рабочего тела в камере сгорания и включает подмодель системы пуска дизеля сжатым воздухом и уравнения для оценки утечек воздуха через зазор между поршнем и цилиндром. Применение модели обусловлено тем, что она обеспечивает достаточную для инженерных расчетов точность вычислений при относительно малых затратах машинного времени.

Основой метода энергетического баланса является уравнение первого закона термодинамики:

$$dQ = dU + dL, \quad (1)$$

где dQ – количество теплоты, подведенное к рабочему телу; dU – внутренняя энергия рабочего тела; dL – работа, совершаемая рабочим телом.

Методологическую основу синтеза рабочего цикла двигателя при прокручивании коленчатого вала сжатым воздухом на пусковых режимах (без сгорания топлива) составляет система уравнений, учитывающая наличие утечек рабочего тела и подачу сжатого воздуха через органы воздушного пуска:

$$\begin{aligned} \frac{dT}{d\tau} &= \left(\frac{dQ_w}{d\tau} + \frac{dQ_n}{d\tau} - \frac{dQ_m}{d\tau} + \frac{dL}{d\tau} - u' \frac{dG'}{d\tau} \right) \cdot \frac{1}{C_v \cdot G'} \\ \frac{dG'}{d\tau} &= \frac{dG'_n}{d\tau} - \frac{dG'_m}{d\tau} - \frac{dG_p}{d\tau} + \frac{dG_\varepsilon}{d\tau}, \quad (2) \\ P &= \frac{G' \cdot R \cdot T}{V} \end{aligned}$$

где $\frac{dT}{d\tau}$ – скорость изменения температуры рабочего тела; $\frac{dQ_w}{d\tau}$, $\frac{dQ_n}{d\tau}$, $\frac{dQ_m}{d\tau}$ – изменение энергии рабочего тела в процессах теплообмена со стенками, наполнения и очистки цилиндра; $\frac{dL}{d\tau}$ – работа цикла; u' – удельная внутренняя энергия воздуха; G' – масса воздуха в цилиндре; C_v – удельная изохорная теплоемкость смеси воздуха; G'_n – масса воздуха, поступившего через впускной клапан; G'_m – масса воздуха, вышедшего через выпускной клапан; G_p – утечка воздуха через зазор между поршнем и цилиндром; G_ε – масса воздуха, посту-

пившего через органы пуска; P , T – давление и температура рабочего тела; R – универсальная газовая постоянная; V – текущий объем камеры сгорания.

Величина u' вычисляется на основании известных из термодинамики выражений:

$$u' = c'_v(T) \cdot T, \quad (3)$$

где $c'_v(T)$ – удельная изохорная теплоемкость воздуха и продуктов сгорания, кДж/(кг·К):

$$c'_v = 0.62706 + 2.776 \cdot 10^{-4} \cdot T - 5.411 \cdot 10^{-8} \cdot T^2. \quad (4)$$

Элементарный расход рабочего тела через проходные сечения впускных и выпускных клапанов (зазор между поршнем и цилиндром) определяется из уравнения

$$\frac{dG}{d\tau} = \mu f \frac{P_1}{\sqrt{RT_1}} \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P_f}{P_1} \right)^{2/k} - \left(\frac{P_f}{P_1} \right)^{(k+1)/k} \right]}, \quad (5)$$

где μf – эффективное проходное сечение клапана (зазора между поршнем и цилиндром); P_1 , T_1 – давление и температура газов перед сечением; P_f – условное давление в минимальном сечении; k – показатель адиабаты.

Условное давление газов в минимальном сечении клапана (зазора) вычисляется в зависимости от отношения давления газов перед проходным сечением P_1 и давления газов в потоке за проходным сечением P_2 при истечении:

$$\begin{aligned} p_f &= \beta_{кр} P_1, & \text{если } P_2/P_1 < \beta_{кр} \\ p_f &= P_2, & \text{если } P_2/P_1 \geq \beta_{кр} \end{aligned}, \quad (6)$$

где $\beta_{кр}$ – критическое значение перепада давления:

$$\beta_{кр} = \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\kappa/(\kappa-1)}. \quad (7)$$

Для учета влияния сложной геометрии зазора, наличия в нем масла и характера гидродинамических процессов вводится понятие «эквивалентный зазор», величина которого зависит от частоты вращения коленчатого вала, количества впрыскиваемого масла и связана с эффективным проходным сечением μf :

$$\mu f = \pi \cdot D_p \cdot \Delta_p, \quad (8)$$

где: Δ_p – эквивалентный зазор между поршнем и цилиндром, учитывающий геометрию поршня, цилиндра, поршневых колец, наличие масла в зазоре – определяется по результатам экспериментальных исследований, D_p – диаметр поршня.

Изменение количества теплоты рабочего тела в процессе теплообмена со стенками цилиндра находится из уравнения теплоотдачи Ньютона:

$$\frac{dQ_w}{d\varphi} = \alpha_T \cdot F \cdot (T - T_w) \cdot \frac{1}{21600 \cdot n}, \quad (9)$$

где α_T – коэффициент теплообмена газов со стенками камеры сгорания, определяемый по известной зависимости Вошни (правомерность использования кото-

рой для пусковых режимов подтверждена исследованиями МГТУ им. Баумана); F – текущая площадь теплообмена; T_w – средняя температура стенки камеры сгорания.

Так как при отсутствии сгорания радиационной составляющей теплообмена можно пренебречь, уравнение Вошни для режима прокручивания дизеля сжатым воздухом преобразуется к виду:

$$\alpha_T = 110 \cdot \frac{P^{0,8} \cdot w^{0,8}}{T^{0,53} \cdot D_p^{0,2}}, \quad (10)$$

где w – суммарная скорость газов в цилиндре.

Математическая модель реализована в виде программы на языке Basic. Идентификация математической модели выполнялась сравнением с результатами экспериментальной оценки параметров рабочего тела в камере сгорания дизеля В-84М при прокручивании коленчатого вала воздухом и впрыске масла в цилиндр. Расчетные и экспериментальные индикаторные диаграммы на рисунке 1 свидетельствуют об адекватности расчета и эксперимента.

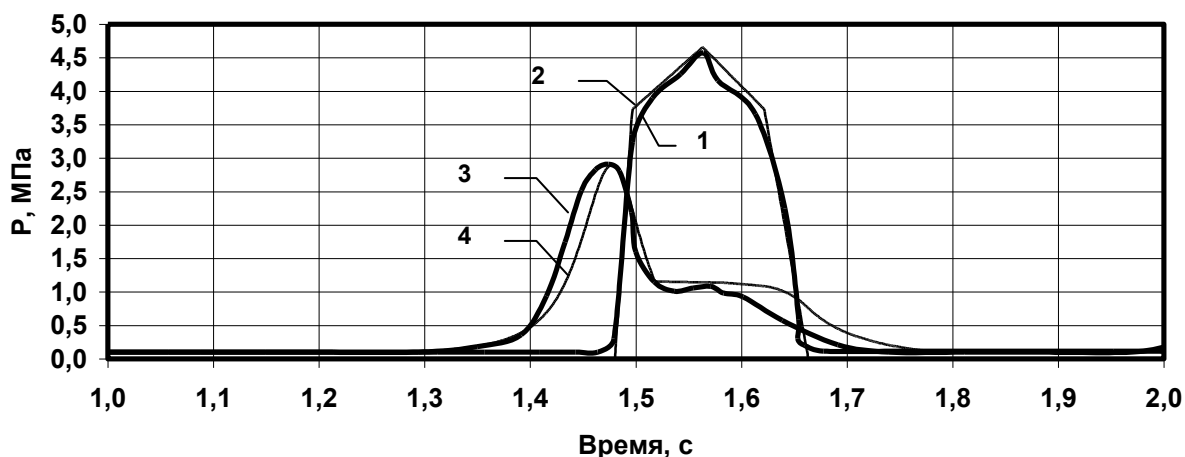


Рисунок 1 – Давление рабочего тела при прокручивании коленчатого вала с впрыскиванием масла ($n = 100 \text{ мин}^{-1}$, $t_0 = -20 \text{ °C}$): 1, 3 – в воздухораспределителе (эксперимент, расчет); 2, 4 – в 1-м цилиндре (эксперимент, расчет)

В третьей главе приведены результаты расчетно-теоретической оценки пусковых характеристик дизеля при уплотнении масла зазора между поршнем и цилиндром. Определены параметры рабочего тела в камере сжатия при различных температурах окружающей среды и эквивалентном зазоре. При впрыскивании масла в цилиндры наблюдается заметное повышение давления и температуры рабочего тела в пространстве сжатия дизеля (рисунок 2), что, несомненно, способствует улучшению воспламенения топлива при пуске. Аналогичное изменение параметров рабочего тела в пространстве сжатия (рисунок 3) наблюдается при уменьшении эквивалентного зазора между поршнем и цилиндром.

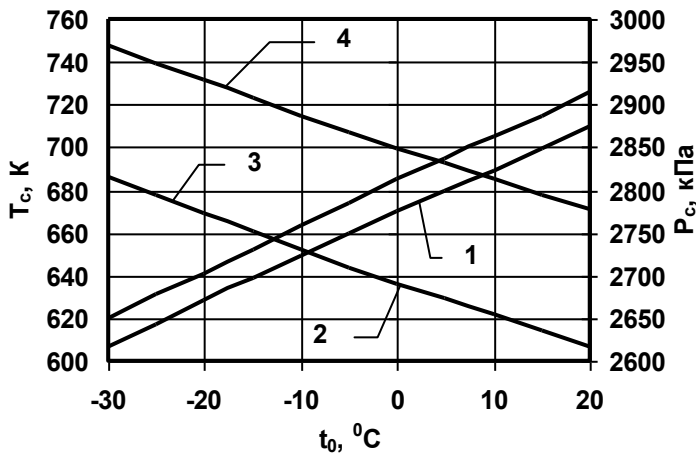


Рисунок 2 – Зависимость температуры и давления сжатия от температуры окружающего воздуха ($n = 100 \text{ мин}^{-1}$): 1 – T_c без впрыскивания масла; 2 – P_c без впрыскивания масла; 3 – T_c с впрыскиванием масла; 4 – P_c с впрыскиванием масла

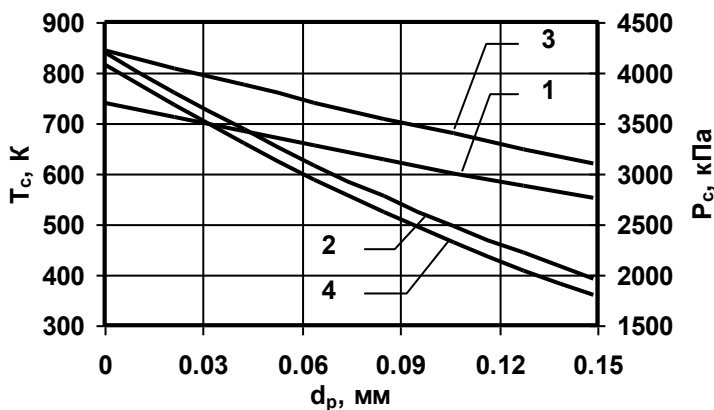


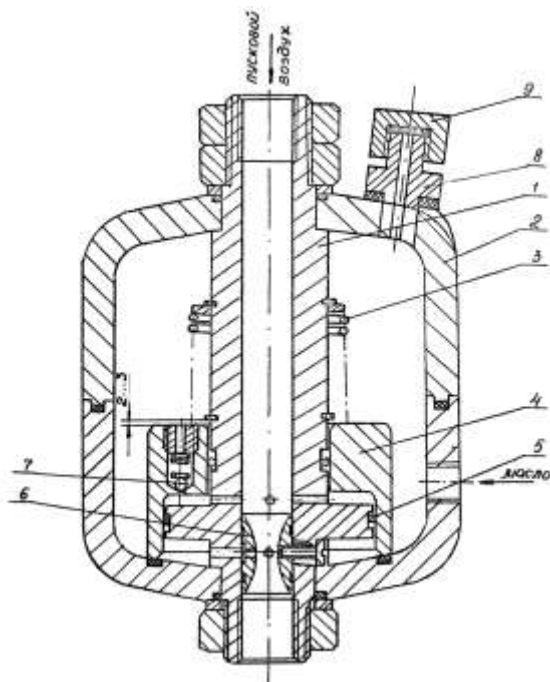
Рисунок 3 – Зависимость P_c и T_c от эквивалентного зазора между поршнем и гильзой цилиндра ($n = 100 \text{ мин}^{-1}$): 1 – T_c при $t_0 = -20^\circ\text{C}$; 2 – P_c при $t_0 = -20^\circ\text{C}$; 3 – T_c при $t_0 = 20^\circ\text{C}$; 4 – P_c при $t_0 = 20^\circ\text{C}$

ной техники», в соответствии с государственными и отраслевыми стандартами на пусковые испытания.

В пятой главе приведены результаты анализа данных экспериментального исследования пусковых характеристик с устройством масловпрыска, включая характеристики прокручивания коленчатого вала дизеля. Выполнена оценка влияния различных факторов, включая количество впрыснутого масла, на значения максимальных температур и давлений рабочего тела в камере сжатия.

Уплотнение маслом и уменьшение зазора является эффективным средством улучшения термодинамических параметров состояния рабочего тела для облегчения процесса пуска дизеля. Для проверки результатов расчетно-теоретического анализа выполнено экспериментальное исследование влияния масловпрыска на пусковые характеристики дизеля.

В четвертой главе описаны методика испытаний, стенд, измерительная аппаратура и устройство масловпрыска. Масло подается через отверстие корпуса в резервуар 2 (рисунок 4). Пружина 3 прижимает поршень 4 ко дну, не пропуская масло в диффузор 6. При подаче сжатого воздуха поршень 4 поднимается на 2...3 мм, открывая доступ масла к диффузору 6. Сжатый воздух через клапан 7 проникает в резервуар 2 и выталкивает масло в диффузор 6 в количестве, определяемом затяжкой пружины клапана 7. Испытания устройства масловпрыска производились на дизеле, установленном в специализированной климатической камере ОАО «НИИ Автотрактор-



- 1 – стержень;
- 2 – резервуар для масла;
- 3 – пружина;
- 4 – поршень;
- 5 – уплотнительные кольца;
- 6 – диффузор;
- 7 – клапан;
- 8 – штуцер;
- 9 – заглушка

Рисунок 4 – Устройство впрыскивания масла для дизеля В-84М

На основании результатов экспериментальных исследований предложена аналитическая зависимость, связывающая температуру сжатия T_c с количеством масла G_m , впрыснутого в цилиндр, частотой вращения n коленчатого вала дизеля и температурой t_0 окружающей среды:

$$T_c = K_n \cdot n + K_m \cdot G_m + 325 + 2,05 \cdot (t_0 - 253), \quad (11)$$

где K_n и K_m – коэффициенты, определяющие, соответственно, степень влияния частоты вращения и количества впрыскиваемого масла (для дизеля В-84М: $K_n = 3,12$ К·мин, $K_m = 1,65$ К/г).

Определена зависимость эквивалентного зазора от количества масла, впрыскиваемого в цилиндр и частоты вращения в виде полинома:

$$\Delta_p = (0,136 \cdot G_m^2 + 0,00541 \cdot n^2 - 4,59 \cdot G_m + 0,438 \cdot n + 0,0184 \cdot G_m \cdot n - 18,5) \cdot 10^{-3}. \quad (12)$$

Выражение (12) дополняет систему уравнений (2-10), что позволяет прогнозировать пусковые характеристики модификаций дизелей размерностью 15/18 с масломпрыском на стадии проектирования.

Сформулированы рекомендации по выбору оптимальных величин подачи масла в камеру сгорания, а также по совершенствованию конструкции УМВ: уменьшение объема резервуара до 170 см^3 , увеличение диаметра жиклера с 3 до 4,5 мм и хода клапана с 2 до 6 мм.

Выполнено сравнение процесса пуска дизеля В-84М сжатым воздухом с устройством впрыскивания масла и без него. Результаты экспериментального сравнения процессов пуска приведены на рисунках 5 и 6.

Процесс пуска дизеля без УМВ (рисунок 5) характеризуется повышенными утечками сжатого воздуха, о чем свидетельствует пониженное давление воздуха в воздухораспределителе, и нестабильным воспламенением топлива. Эти факторы сопровождаются снижением частоты вращения коленчатого вала и приводят

к запуску дизеля лишь с третьей попытки, увеличивая продолжительность и снижая надежность пуска дизеля.

Иная картина наблюдается в дизеле, система воздушного запуска которого снабжена устройством масловпрыска (рисунок 6). Уплотнение зазора между поршнем и цилиндром снижает утечки пускового воздуха, о чем свидетельствует повышенное давление в воздухораспределителе. При этом повышается частота вращения коленчатого вала и улучшается состояние рабочего тела в цилиндре дизеля. Следствием этого является стабилизация процесса воспламенения топлива и запуск дизеля с первой попытки. При этом сокращается продолжительность и повышается надежность процесса пуска исследуемого дизеля.

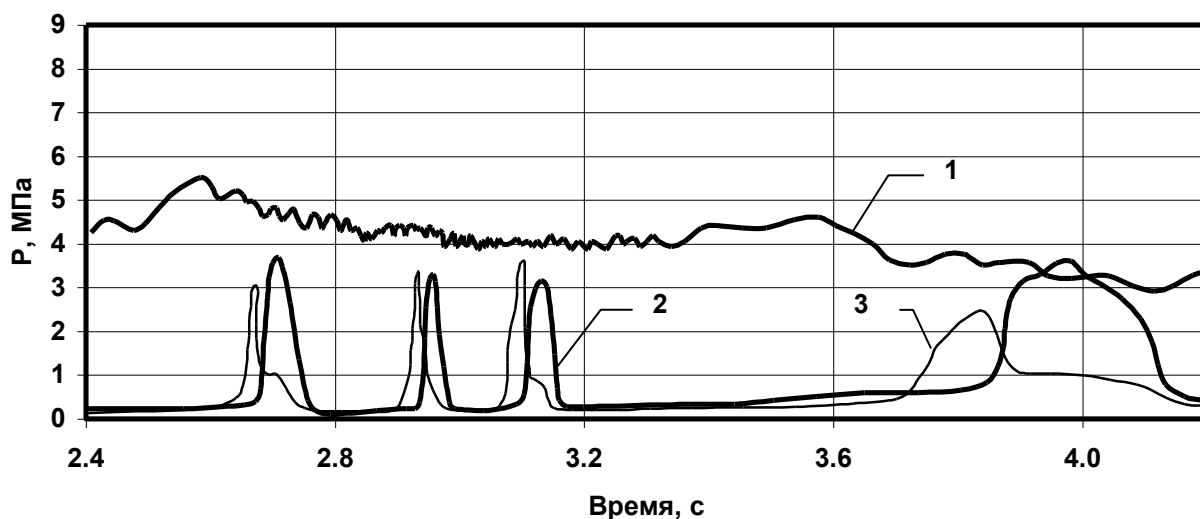


Рисунок 5 – Процесс пуска дизеля В-84М воздухом с ПВВ без УМВ (масло МТ12В₂Рк, $P_e = 13,0$ МПа, $t_0 = -20$ °С), $n = 500$ мин⁻¹:

1, 2, 3 – давление на входе, выходе из воздухораспределителя и в 1-м цилиндре

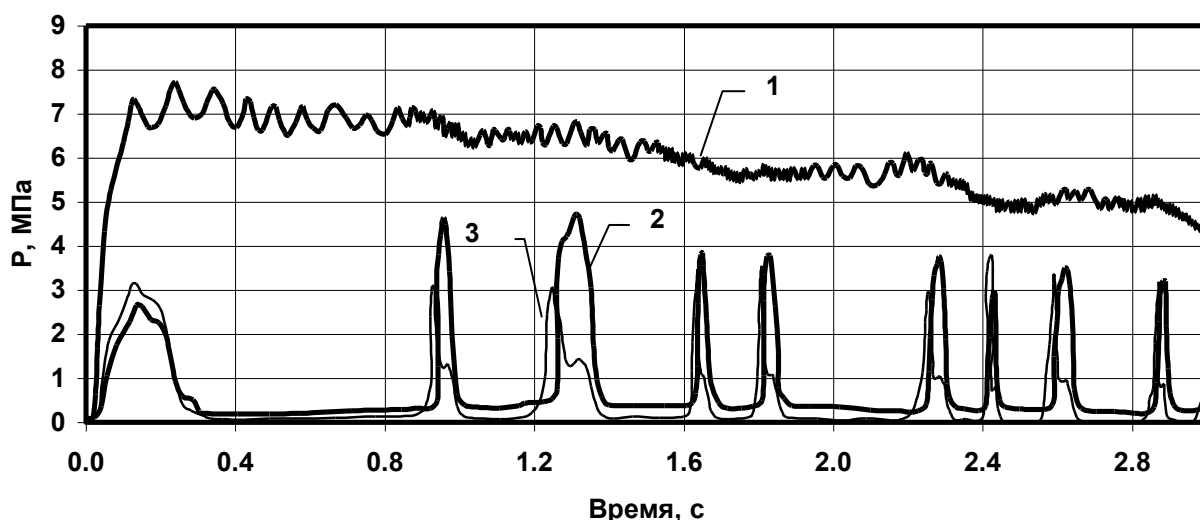


Рисунок 6 – Процесс пуска дизеля В-84М воздухом с ПВВ и УМВ (масло МТ12В₂Рк, $P_e = 13,0$ МПа, $t_0 = -20$ °С), $n = 500 \dots 850$ мин⁻¹:

1, 2, 3 – давление на входе, выходе из воздухораспределителя и в 1-м цилиндре

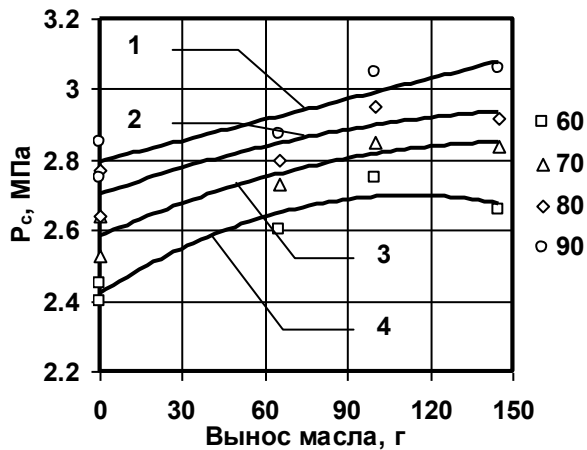


Рисунок 7 – Зависимость P_c от выноса масла из УМВ в камеру сгорания дизеля при различных частотах вращения, мин⁻¹: 1 – 60, 2 – 70, 3 – 80, 4 – 90

Увеличение выноса масла на каждые 50 г влечет рост максимального давления сжатия до 0,2 МПа (рисунок 7). С увеличением частоты вращения степень влияния количества выносимого масла на P_c уменьшается. Максимум давления сжатия достигается при выносе масла 100...120 г, дальнейшее увеличение количества впрыскиваемого масла нецелесообразно.

Впрыск масла способствует росту максимальной температуры сжатия на 18...22 °С, в результате минимальная частота вращения, при которой может быть осуществлен пуск (при $t_0 = -20$ °С), может быть понижена на 5 мин⁻¹.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В результате выполненного диссертационного исследования можно сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Предложена математическая модель состояния рабочего тела в камере сжатия при пуске дизеля подачей в цилиндры сжатого воздуха в виде системы дифференциальных уравнений массового и энергетического баланса рабочего тела с учетом утечек воздуха через зазор между поршнем и цилиндром, геометрических параметров зазора, наличия в нем масла и характера гидродинамических процессов, используя понятие «эквивалентный зазор».

2. В результате расчетно-теоретического анализа пусковых характеристик дизеля с впрыскиванием масла с использованием разработанной математической модели определено:

- впрыскивание масла в цилиндры позволяет осуществить пуск дизеля при температуре окружающей среды примерно на 7 °С ниже минимально допустимой по техническим условиям;
- при уменьшении эквивалентного зазора на 0,01 мм максимальная температура сжатия увеличивается на 12,5...15,0 °С, максимальное давление сжатия повышается на 148...153 кПа. Температура окружающей среды, при которой может быть обеспечен надежный пуск дизеля, уменьшается на 14...17 °С;
- влияние термического сопротивления масляной пленки на стенках камеры сжатия и давления воздуха после воздухораспределителя не оказывает существенного влияния на процессы в камере сжатия при прокручивании коленчатого вала дизеля сжатым воздухом и может не учитываться при расчетном анализе.

3. Установлены закономерности, связывающие максимальную температуру рабочего тела в камере сжатия с количеством масла, впрыскиваемого в цилиндр, частотой вращения и температурой окружающей среды, а также величину эквивалентного зазора с количеством впрыскиваемого масла и частотой вращения коленчатого вала дизеля.

4. Анализ результатов экспериментального исследования процесса прокручивания коленчатого вала и пуска дизеля В-84М, оборудованного масловпрыском и ПВВ, в «климатической камере» в условиях пониженных температур окружающей среды показал:

- подача масла М-12В₂Рк в цилиндры дизеля при температуре -20 °С с помощью устройства масловпрыска способствует уплотнению зазора «поршень - цилиндр» при пуске. Увеличение выноса масла на каждые 50 г приводит к росту максимального давления сжатия на 0,2 МПа;
- вынос масла из резервуара УМВ при температуре -20 °С составляет 65...70 г за 5 с прокручивания коленчатого вала дизеля. Это приводит к увеличению давления воздуха в цилиндре на 0,2 МПа. Вынос масла в количестве 100...140 г обеспечивается за 10 с прокручивания коленчатого вала;
- максимальное давление сжатия достигается при выносе масла 10...12 г/цилиндр. Дальнейшее увеличение количества впрыскиваемого масла не приводит к увеличению максимальных давлений и температур сжатия;
- впрыскивание масла способствует росту максимальной температуры сжатия на 18...22 °С. В результате минимальная частота вращения коленчатого вала, при которой может быть осуществлен пуск дизеля (при $t_0 = -20$ °С и прочих равных условиях), может быть понижена на 15 мин⁻¹;
- дизель В-84М с применением УМВ надежно пускается на масле М-12В₂РК при температуре окружающей среды -5...7 °С, а без применения УМВ – при -2 °С;
- на вынос масла из резервуара и его впрыскивание в цилиндры дизеля значительное влияние оказывает вязкость масла. При температуре окружающей среды ниже -25 °С масло М-12В₂Рк в цилиндры практически не выносятся;
- заполнение резервуара УМВ маслом через штатный клапан при температуре -20 °С происходит с опозданием на 30 с после создания давления 0,4 МПа в ГММ;
- величина падения давления пускового воздуха при проходе через устройство масловпрыска не превышает 0,6 МПа;
- проведенные 16 включений УМВ подтвердили стабильность его функционирования по выносу масла и равномерности распределения его по цилиндрам.

5. Для улучшения пусковых характеристик дизеля типа В-2 (ЧН15/18) с устройством масловпрыска рекомендуется:

- уменьшение объема резервуара УМВ до 170 см³ в связи с нецелесообразностью увеличения количества впрыскиваемого масла более 10...12 г/цилиндр;
- увеличение диаметра жиклера с 3 до 4,5 мм и хода клапана с 2 до 6 мм для обеспечения опережения заполнения объема УМВ маслом на 8...10 с относительно момента создания давления масла 0,4 МПа в ГММ;
- применение подогрева масла в системе масловпрыска при температуре окружающего воздуха ниже -25 °С для улучшения его выноса в цилиндры.

Основные результаты опубликованы в следующих работах:

Ведущие рецензируемые научные журналы и издания

1. Малозёмов, А. А. Улучшение пусковых характеристик дизелей типа ЧН15/18 использованием масловпрыска [Текст] / А. А. Малозёмов, В. Н. Бондарь, А. С. Шикин, **К. В. Роднов** // Ползуновский вестник. – 2009. – № 1-2. – С. 298 – 305.

Материалы международных, всероссийских и региональных конференций

2. **Роднов, К.В.** Перспективные способы облегчения пуска дизелей объектов транспорта [Текст] / К.В. Роднов // Материалы 4-й Всероссийской науч.-техн. конф. «Политранспортные системы». – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – С. 128 – 129.

Региональные издания

3. **Роднов, К.В.** Способы запуска ДВС в зимних условиях [Текст] / К.В. Роднов // Науч. сб. Вып. 10. – Челябинск: ЧВВКУ, 2007. – С.223 – 230.

4. Малозёмов, А.А. Математическая модель состояния рабочего тела при прокручивании коленчатого вала дизеля при пуске [Текст] / А.А. Малозёмов, **К.В. Роднов**, А.А. Селедкин // Автомобильная техника. Науч. вестник. Вып. 20. – Челябинск: ЧВВАКИУ, 2009. – С. 28 – 36.

5. Малозёмов, А.А. Экспериментальная оценка пусковых характеристик дизелей типа 4Ч13/14 и ЧН13/14 с индивидуальными головками цилиндров в различных вариантах комплектации в климатической камере [Текст] / А.А. Малозёмов, **К.В. Роднов**, А.А. Селедкин // Автомобильная техника». Науч. вестник. Вып. 20. – Челябинск: ЧВВАКИУ, 2009. – С. 36 – 42.

Соискатель



Роднов К.В.

Роднов Константин Валерьевич

УЛУЧШЕНИЕ ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ДИЗЕЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАСЛОВПРЫСКА

Специальность 05.04.02 – «Тепловые двигатели»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в набор и печать 16.10.2009. Формат бумаги 60x84/16. Объем 1 печ. л.,
0,93 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Зак. Печать офсетная. Цена свободная.
Типография ЧВВАКИУ

