

05.04.02

К782

На правах рукописи

Краснов Артем Михайлович

Краснов

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СТАЦИОНАРНЫХ ДИЗЕЛЬ-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК
ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДЛЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ТОПЛИВОМ**

Специальность 05.04.02 – «Тепловые двигатели»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск–2004

Диссертация выполнена на кафедре «Двигатели внутреннего сгорания» Южно-Уральского государственного университета.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Лаврик А.Н.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Кукис В.С.

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник Егоров В. В.

Ведущее предприятие – ОАО «Научно-исследовательский институт авто-тракторной техники»

Защита состоится 22 декабря 2004 г. в 16⁰⁰ 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 (10 этаж гл. корпуса).

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

Отзыв в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью, просим направлять по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, на имя ученого секретаря диссертационного совета.

Автореферат разослан 19 ноября 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



В.М. Бунов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. При использовании двигателя внутреннего сгорания одну из наиболее весомых статей расходов в период эксплуатации составляют расходы на обеспечение двигателя топливом. Во многом именно эти расходы определяют эффективность работы двигателей, количественно наиболее полно отражаемую стоимостью единицы вырабатываемой двигателем полезной энергии. Поэтому крайне важной задачей современного двигателестроения является разработка и реализация мероприятий, направленных на снижение затрат на обеспечение двигателя топливом.

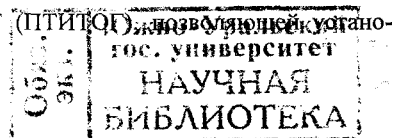
Вместе с тем, многие резервы по сокращению расходов на обеспечение двигателей топливом за счет улучшения их экономичности в значительной мере исчерпаны. В результате, наряду с работами, направленными на повышение экономичности двигателей, актуальным является поиск новых путей повышения эффективности двигателей и установок на их базе за счет снижения расходов на топливо.

Учитывая, что большое количество стационарных дизель-энергетических установок в нашей стране работает вблизи мест наличия углеводородного сырья (УС) – нефти или газового конденсата, перспективным путем является использование теплоты отработавших газов (ОГ) дизелей для обеспечения дизель-энергетических установок топливом, получаемым путем переработки УС. Однако для разработки и внедрения данного способа повышения эффективности дизель-энергетических установок необходимо его теоретическое и экспериментальное исследование. В связи с этим, проведение работ в области изучения систем использования теплоты ОГ для получения дизельных топлив является актуальной задачей.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности стационарных дизель-энергетических установок, работающих в условиях наличия углеводородного сырья.

Задачами работы являются:

- создание методики расчета нагревателя-разделителя системы получения топлив использованием теплоты ОГ



вить взаимосвязь энергетических характеристик ОГ дизеля с количеством и качеством вырабатываемого системой ПТИТОГ дизельного топлива;

- экспериментальное исследование работы дизеля, оснащенного нагревателем-разделителем системы ПТИТОГ;
- изучение влияния на работу дизель-энергетической установки с системой ПТИТОГ конструктивных, режимных и эксплуатационных факторов.

Объектом исследования является техническая система, включающая дизель-энергетическую установку и систему ПТИТОГ.

Предметом исследования выступают физические процессы, происходящие в системе ПТИТОГ.

Методологическая основа и достоверность результатов. Методологической основой исследования выступают основные положения теории двигателей внутреннего сгорания, теории теплопередачи, базовые уравнения фазовых переходов многокомпонентных смесей, а также теории жидкости и газа, реализованные в методике расчета системы ПТИТОГ, воспроизведенной в форме программы для персонального компьютера.

Достоверность разработанной методики расчета была подтверждена экспериментально с применением методов статистической обработки результатов эксперимента.

На защиту выносятся следующие положения, отражающие научную новизну диссертационной работы:

- новый способ повышения эффективности дизель-энергетических установок, а также обоснование возможности его осуществления и целесообразности;
- методика расчета нагревателя-разделителя системы ПТИТОГ, позволяющая в полной мере учитывать его конструктивные особенности и определять фракционный состав получаемых в системе дизельных топлив;
- результаты экспериментального исследования работы дизеля на получаемых в системе ПТИТОГ дизельных топливах;

- результаты исследования влияния на работу дизель-энергетической установки, оснащенной системой ПТИТОГ, различных конструктивных, эксплуатационных и режимных факторов;
- результаты определения степени повышения эффективности дизель-энергетических установок при использовании систем ПТИТОГ.

Практическая ценность работы заключается в создании теоретических основ для разработки систем ПТИТОГ, позволяющих на стадии проектирования учесть влияние на работу дизель-энергетических установок, оснащенных подобными системами, многочисленных факторов, в частности, режима работы дизеля, вида и свойств применяемого УС, конструктивных факторов дизеля и системы ПТИТОГ и т.д.

Реализация результатов работы. Основные теоретические положения работы использовались ОАО «Южно-Уральское Топливно-Энергетическое Предприятие» при проектировании опытного образца системы ПТИТОГ, а также ООО «ЧТЗ-Уралтрак» при создании промышленного образца системы ПТИТОГ, предназначенной для оснащения дизель-генераторной установки ДГУ-100 на базе дизеля Д-180 производства ООО «ЧТЗ-Уралтрак».

Апробация результатов работы. Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на научных конференциях, прошедших в Южно-Уральском государственном университете (2000-2003), Челябинском филиале МАДИ (2002), Челябинском государственном агроинженерном университете (2000-2003).

Публикации. Основные положения, составившие основу диссертационной работы, опубликованы в 6 печатных работах, в числе которых 1 патент РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа включает введение и четыре главы, а также выводы и приложения. Работа изложена на 138 страницах, содержит 31 иллюстрацию, 17 таблиц и приложения. Список литературы включает 124 наименования, из которых 8 работ на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** кратко обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель научного исследования, а также приведены основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** проведен анализ существующих систем утилизации теплоты ОГ, показавший, что предел повышения эффективности дизель-энергетических установок за счет применения известных методов использования теплоты ОГ не превышает 8%, кроме того, многие системы отличаются сложностью и достаточно большими габаритами.

В результате было установлено, что для дизель-энергетических установок, работающих в условиях наличия УС, наиболее целесообразным способом снижения расходов на обеспечение их топливом является использование теплоты ОГ для получения топлив из УС непосредственно вблизи места работы установки.

Для реализации указанного способа необходимо оснащение дизель-энергетической установки системой ПТИТОГ, принципиальная схема которой приведена на рисунке 1. Основными элементами системы являются нагреватель-разделитель, в котором происходит передача теплоты от ОГ к УС и разделение УС на фракции, теплообменники охлаждения продуктов разделения, в которых продукты разделения охлаждаются за счет теплообмена с УС, холодильник для охлаждения и конденсации паров низкокипящих фракций, покидающих разделитель, насос для подачи УС с приводом от электродвигателя, вентилятор для обдува холодильника, а также трубопроводы и контрольно-измерительная аппаратура.

Нагреватель-разделитель состоит из нагревателя, представляющего собой кожухотрубчатый теплообменник с нагревательным элементом, выполненным в виде винтового змеевика, и разделителя, расположенного концентрично со змеевиком и предназначенного для разделения УС на фракции методом непрерывной дистилляции.

Вторая глава посвящена вопросам разработки методики расчета нагревателя-разделителя.

Важным требованием к методике расчета нагревателя-разделителя являлась

возможность адекватного воспроизведения процессов фазовых переходов УС, которыми определяются, в частности, показатели качества получаемых в системе ПТИТОГ топлив. Поскольку УС является смесью большого количества углеводородов, было введено понятие эквивалентной углеводородной смеси, представляющую собой смесь относительно небольшого количества углеводородов, в определенной мере равноценную исходному УС в отношении основных теплофизических характеристик. При этом, замена нескольких компонентов реального УС, образующих узкую фракцию, на один компонент эквивалентной углеводо-

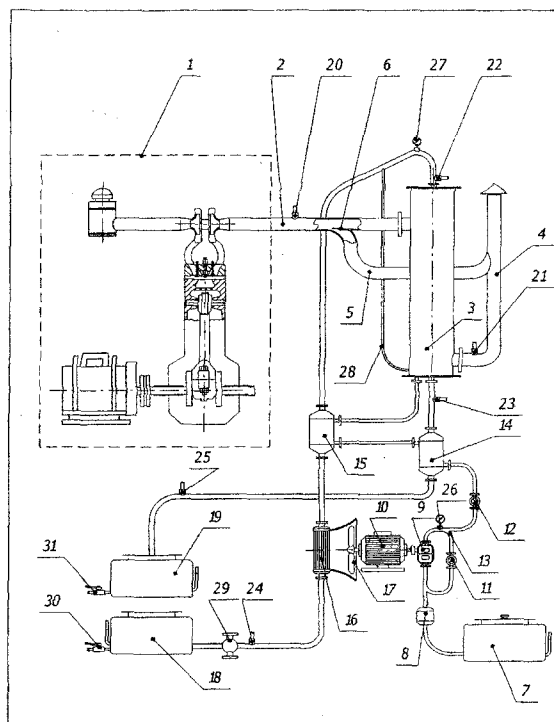


Рис. 1. Принципиальная схема системы ПТИТОГ

1 – дизель-энергетическая установка; 2, 5 – трубопроводы; 3 – нагреватель-разделитель; 4 – выхлопная труба; 6 – заслонка; 7 – бак для углеводородного сырья; 8 – фильтр; 9 – насос; 10 – электродвигатель; 11, 12 – вентили; 13 – обратная магистраль; 14, 15 – теплообменники охлаждения продуктов разделения; 16 – холодильник; 17 – вентилятор; 18, 19 – баки для низкокипящих и высококипящих фракций соответственно; 20-25 – термометры; 26, 27 – манометры; 28 – уровневая трубка; 29 – смотровое окно; 30, 31 – отборные краны

родной смеси производилась, исходя из условия равенства средней температуры кипения реальной фракции УС температуре кипения компонента эквивалентной углеводородной смеси. Подобный подход оправдан тем, что наиболее важные с точки зрения моделирования процессов теплопередачи и испарения характеристики углеводородов практически однозначно определяются их температурой кипения при нормальных условиях.

Основные уравнения, определяющие процесс испарения эквивалентной углеводородной смеси:

$$\sum_{i=1}^n \frac{x_{i\mu} \cdot \frac{P_{i\mu}}{P}}{1 + D_{i\mu} \cdot \left(\frac{P_{i\mu}}{P} - 1\right)} = 1, \quad y_i = \frac{x_{i\mu} \cdot \frac{P_{i\mu}}{P}}{1 + D_{i\mu} \cdot \left(\frac{P_{i\mu}}{P} - 1\right)}, \quad x_i = \frac{x_{i\mu} - D_{i\mu} \cdot y_i}{1 - D_{i\mu}}, \quad (1)$$

где $x_{i\mu}$ – молярная доля i -го компонента эквивалентной углеводородной смеси;

$P_{i\mu}$ – давление насыщенных паров i -го компонента при данной температуре жидкой фазы, Па;

P – давление в системе, Па;

$D_{i\mu}$ – молярная доля перешедшей в пар эквивалентной углеводородной смеси;

y_i, x_i – соответственно молярные доли i -го компонента в паровой и жидкой фазах.

При моделировании процессов нагрева эквивалентной углеводородной смеси использовалось понятие мольной энтальпии, определяемой выражением:

$$H_i(t) = \int_{t_0}^t \left[(1 - D_{i\mu}) \cdot x_i \cdot c_{pi} \cdot dt + D_{i\mu} \cdot y_i \cdot c'_{pi} \cdot dt + \left(dy_i + \frac{dD_{i\mu}}{D_{i\mu}} \right) \cdot r_{i\mu} \right],$$

где t, t_0 – текущая и базовая температуры, $^{\circ}\text{C}$;

c_{pi}, c'_{pi} – соответственно мольные теплоемкости i -того компонента в жидкой и паровой фазах, Дж/моль $^{\circ}\text{C}$;

$r_{i\mu}$ – мольная теплота парообразования части эквивалентной углеводородной смеси, испарившейся в интервале температур dt , Дж/моль.

При моделировании процессов теплопередачи от ОГ к УС в змеевиковом нагревательном элементе, последний разбивался на бесконечно малые участки dl , в пределах которых основные параметры теплоносителей считались постоянными.

Изменение температуры эквивалентной углеводородной смеси при подводе к ней на бесконечно малом участке dl мощности dq в условиях постоянного давления рассчитывалось по зависимости:

$$dt = \left(\frac{d(t(H_i))}{dH_i} \right) \cdot dH_i = \left(\frac{d(t(H_i))}{dH_i} \right) \cdot \frac{dq \cdot \mu}{G_{yc}},$$

где $d(t(H_i))/dH_i$ – производная функции $t(H_i)$, являющейся инвертированной зависимостью $H_i(t)$;

μ – условная молекулярная масса эквивалентной углеводородной смеси, кг/моль;

G_{yc} – расход эквивалентной углеводородной смеси, кг/сек.

Расчет мощностей теплопередачи между ОГ, эквивалентной углеводородной смесью, атмосферным воздухом осуществлялся по известным уравнениям теории теплопередачи. В частности, мощность теплопередачи от ОГ к эквивалентной углеводородной смеси на бесконечно малом участке змеевика dl рассчитывалась по зависимости:

$$dq = \frac{\pi \cdot dl \cdot (\bar{t}_{oz} - t)}{\frac{1}{\alpha_{oz} \cdot d_2} + \frac{1}{2\lambda_{cm}} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha \cdot d_1}},$$

где \bar{t}_{oz} , t – соответственно температуры ОГ и эквивалентной углеводородной смеси, $^{\circ}\text{C}$;

α_{oz} , α – соответственно коэффициенты теплоотдачи к поверхности змеевика со стороны ОГ и эквивалентной углеводородной смеси, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$;

d_2 , d_1 – соответственно наружный и внутренний диаметры трубы змеевика, м;

λ_{cm} – коэффициент теплопроводности материала трубы змеевика, $\text{Вт}/\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}$.

При расчете коэффициента $\alpha_{ог}$ необходимо учитывать, что ОГ обтекают витки змеевика под некоторым углом, отличным от прямого. Определение угла обтекания витков змеевика ОГ осуществлялось из условия равенства перепада давлений между точками, находящимися в двух соседних межвитковых пространствах, которое наступает при определенном соотношении поперечной и продольной составляющих скорости обтекания витков змеевика ОГ. При расчете коэффициента теплоотдачи угол обтекания учитывался с помощью коэффициента c_{ϕ} , рассчитываемого по эмпирической зависимости.

Особенностью расчета коэффициента теплоотдачи α от змеевика к эквивалентной углеводородной смеси был учет влияния кипения жидкости, при котором происходит изменение механизма теплоотдачи, интенсивность которой определяется уже не режимом течения жидкости, а интенсивностью образования и отрыва паровых пузырьков.

Моделирование процессов испарения эквивалентной углеводородной смеси в разделителе осуществлялось с использованием уравнений (1) для расчета доли испарившейся жидкости и составов фаз. Температура жидкой фазы рассчитывалась по уравнению:

$$t_{ж1} = t_3 - \frac{(Q_{исп} + Q_p) \cdot \mu}{c_p \cdot G_{жс} \cdot \left(1 - 0,5 \cdot (D_{\mu 3} + D_{\mu 4})\right)},$$

где $Q_{исп}$ – мощность, затраченная на испарение низкокипящих фракций в разделителе, Вт;

Q_p – мощность, подведенная к эквивалентной углеводородной смеси от ОГ через стенку разделителя, Вт;

$D_{\mu 3}$, $D_{\mu 4}$ – соответственно молярные доли испарившейся жидкости на входе в разделитель и на выходе из него.

Температура паровой фазы в разделителе рассчитывалась по зависимости $t(H)$, при этом энтальпия паровой фазы вычислялась по уравнению:

$$H_{m1} = \frac{H_{т4} - D_{\mu 4} \cdot H_{жс1}}{1 - D_{\mu 4}},$$

где H_{14} , $H_{жсж}$ – соответственно энтальпия эквивалентной углеводородной смеси и энтальпия жидкой фазы в разделителе, Дж/моль.

Методика расчета фракционного состава продуктов разделения, получаемых в системе ПТИТОГ, базировалась на системе уравнений (1).

Методика расчета нагревателя-разделителя была интегрирована в общую методику расчета системы ПТИТОГ, включающую известные ранее методики расчета прочих элементов системы ПТИТОГ, на основе которой была составлена программа для расчета системы ПТИТОГ на персональном компьютере.

В третьей главе приведено описание стенда для экспериментальных исследований дизеля с нагревателем-разделителем системы ПТИТОГ, описана методика проведения эксперимента, а также приведены результаты исследования.

Основной целью экспериментального исследования было изучение совместной работы дизеля и нагревателя-разделителя системы ПТИТОГ и проверка адекватности методики расчета нагревателя-разделителя. Экспериментальный стенд был создан на базе стенда для испытаний дизеля Д-180, который был оборудован нагревателем-разделителем, а также теплообменниками для охлаждения паровой фазы, покидающей разделитель (охлаждающий агент – вода), шестеренчатым насосом для подачи нагреваемого теплоносителя, баками для УС и продуктов разделения, а также контрольно-измерительной аппаратурой, которая включала: термопары для измерения температуры ОГ на выходе из дизеля и на выходе из нагревателя-разделителя, температур продуктов разделения на выходе из нагревателя-разделителя, термометров для измерения температуры нагреваемого теплоносителя на входе в нагреватель-разделитель и температуры сконденсировавшейся паровой фазы на входе в соответствующий бак, а также манометры для контроля давления нагреваемого теплоносителя на выходе из насоса и давления паров на выходе из нагревателя-разделителя.

Первый цикл исследований был проведен при использовании в качестве нагреваемого теплоносителя воды, подаваемой в нагреватель-разделитель из водопроводной системы лаборатории. Необходимость таких исследований была обусловлена как соображениями безопасности, так и тем, что вода является одно-

компонентной жидкостью с хорошо известными физическими характеристиками, что позволило более точно оценить адекватность моделирования процессов теплопередачи в нагревателе-разделителе.

Во втором цикле исследований в качестве нагреваемого теплоносителя использовался газовый конденсат Уренгойского месторождения. При этом оценивалась не только адекватность воспроизведения процессов теплопередачи, но также и процессов разделения УС.

Оценка адекватности методики расчета производилась с использованием методов математической статистики. В качестве параметров оценки адекватности использовались температура ОГ на выходе из нагревателя $t_{ог2}$, расход нагреваемого теплоносителя G_a или $G_{ус}$, а при испытаниях на газовом конденсате – фракционный состав выделяемых низкокипящих фракций.

Учитывая многофакторность системы дизель–нагреватель–разделитель, при проведении испытаний высока была случайная погрешность измерений. Для оценки этой погрешности проводилось три параллельных измерения для каждого режима работы дизеля.

Оценка адекватности методики расчета производилась с помощью методов математической статистики, в частности, с использованием критерия Фишера F .

В результате статистической обработки результатов экспериментального исследования нагревателя-разделителя было установлено, что методика расчета позволяет рассчитывать реальные процессы, протекающие в нагревателе-разделителе, с необходимой степенью точности.

Также было проведено исследование работы дизеля Д-180 на топливе, получаемом в системе ПТИТОГ из газового конденсата Уренгойского месторождения. Для этого было получено топливо широкого фракционного состава (ШФС), по фракционному составу отвечающее требованиям ТУ 38.001355-86. При работе дизеля на полученном топливе было зафиксировано снижение максимальной мощности дизеля на 7% по сравнению с мощностью дизеля при работе на традиционном дизельном топливе. Перерегулировка топливopодpужающей аппаратуры дизеля (увеличение хода рейки топливного насоса) позволила полностью восста-

новить максимальную цикловую подачу топлива и максимальную мощность дизеля. Удельный эффективный расход топлива не изменился.

Четвертая глава посвящена расчетно-теоретическому исследованию влияния различных факторов на совместную работу дизель-энергетической установки и системы ПТИТОГ.

Исследование влияния конструктивных параметров нагревателя-разделителя на производительность и эффективность системы ПТИТОГ показало, что наиболее целесообразным путем повышения производительности является увеличение количества витков змеевика или диаметра его средней линии.

Анализ влияния температуры нагрева УС на характеристики системы показал, что увеличение температуры нагрева существенно снижает производительность системы ПТИТОГ по УС при фиксированном режиме работы дизеля, что обусловлено уменьшением среднего температурного перепада между ОГ и УС, а также повышением затрат энергии на нагрев единицы УС до необходимой температуры.

Существенное влияние на работу системы ПТИТОГ оказывает режим работы дизеля. Было установлено, что основная причина падения производительности системы ПТИТОГ при уменьшении нагрузки на дизель заключается в уменьшении средней температуры ОГ в нагревателе. Поэтому при уменьшении степени нагруженности дизеля происходит существенное снижение коэффициента запаса топлива λ_t , который равен отношению количества дизельного топлива, выработанного системой ПТИТОГ, к количеству топлива, потребленного дизелем за это же время.

Для исследования влияния вида УС на работу дизель-энергетической установки, оснащенной системой ПТИТОГ, были выбраны три типа УС, характерные для нашей станы, а именно: светлые газовые конденсаты с содержанием светлых фракций до 96%, темные газовые конденсаты, содержащие до 92% светлых фракций, а также нефти, в которых подобных фракций содержится не более 60%.

Новизна данного исследования заключалась в том, что при проведении анализа система получения дизельных топлив и дизель рассматривались комплексно.

но, что позволило выявить оптимальные режимы переработки УС с учетом рас­полагаемой энергии ОГ и требований к дизельным топливам.

Наибольший коэффициент запаса топлива λ_T обеспечивается при переработ­ке светлого газового конденсата и получении топлива ШФС, что обуславливает­ся тем, что в этом случае требуется лишь одностадийная переработка при невы­сокой температуре нагрева УС (130-200 °С).

Коэффициент λ_T уменьшается при использовании в качестве УС темного га­зового конденсата, что обусловлено необходимостью двухстадийной переработ­ки, при которой на одной из стадий требуется нагрев УС до высокой температу­ры (250-300 °С). Еще меньше коэффициент λ_T при переработке нефти, поскольку в нефти меньше содержание целевых фракций.

Коэффициент λ_T уменьшается при переходе от выработки топлива ШФС к получению традиционного дизельного топлива для всех видов УС, что связано с меньшим содержанием дизельных фракций по сравнению с фракциями ШФС в УС, повышением требуемой температуры нагрева УС на отдельных стадиях, а также необходимостью введения дополнительных стадий переработки.

Существенное влияние на совместную работу дизель-энергетической уста­новки и системы ПТИТОГ оказывают конструктивные факторы дизеля.

Исследование влияния типа камеры сгорания позволило установить, что при прочих равных условиях наибольший коэффициент запаса топлива λ_T достигается при использовании дизелей с полуразделенными камерами сгорания. Наи­меньшее значение λ_T получается при работе системы ПТИТОГ с дизелями с раз­деленными камерами сгорания, что обусловлено их меньшей экономичностью и большими потерями теплоты в систему охлаждения.

Анализ влияния газотурбинного наддува показал, что при повышении дав­ления наддува увеличивается температура ОГ, в основном, из-за изменения теп­лового баланса дизеля. В результате, при увеличении давления наддува произво­дительность системы ПТИТОГ увеличивается. Однако при этом повышается и расход топлива дизелем, поэтому коэффициент запаса топлива до определенного

значения давления наддува повышается, а затем начинает снижаться. Пределы изменения коэффициента запаса топлива при изменении давления наддува не превышают 15%.

Анализ влияния степени сжатия дизеля показал, что повышение этого параметра приводит к снижению температуры ОГ и, как следствие, снижению производительности системы ПТИТОГ, поэтому, несмотря на улучшение экономичности дизеля, при этом происходит уменьшение коэффициента запаса топлива. Так, для дизеля Д-180 увеличение степени сжатия на 50% уменьшает коэффициент запаса топлива на 15%.

Существенное влияние на температуру ОГ оказывает доля теплоты, отводимая в систему охлаждения $q_{охл}$, уменьшение которой приводит к повышению доли теплоты, уносимой с ОГ $q_{ог}$ и повышению их температуры. В результате, поскольку расход топлива при этом меняется незначительно, происходит существенное повышение коэффициента запаса топлива λ_T .

Снижение количества теплоты, отводимой в систему охлаждения дизеля, следует признать наиболее целесообразным способом повышения производительности системы ПТИТОГ. Уменьшение этой теплоты может быть достигнуто различными способами, в частности, совершенствованием рабочего цикла дизеля, применением высокотемпературной системы охлаждения, использованием теплоизоляционных материалов в камере сгорания.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Предложен новый способ повышения эффективности дизель-энергетических установок, работающих вблизи мест наличия углеводородного сырья, который позволяет повысить эффективность установок на 30-70% за счет снижения на 50-90% расходов на обеспечение дизеля топливом.

2. Создана и экспериментально проверена методика расчета нагревателя-разделителя системы ПТИТОГ, позволяющая установить взаимосвязь между энергетическими характеристиками ОГ дизеля и количеством и качеством выра-

батываемого дизельного топлива. Методика учитывает конструктивные особенности нагревателя-разделителя, взаимное влияние нагревателя и разделителя друг на друга, а также позволяет рассчитывать компонентный и фракционный составы получаемых дизельных топлив.

3. Экспериментально установлено, что при работе дизеля на получаемых в системе ПТИТОГ топливах ШФС может происходить уменьшение номинальной мощности и максимального крутящего момента дизеля. Однако после проведения перерегулировки топливоподающей аппаратуры, направленной на увеличение максимальной цикловой подачи топлива, наблюдается полное восстановление показателей дизеля.

4. Выявлено, что целесообразными мерами повышения эффективности нагревателя-разделителя системы ПТИТОГ являются увеличение числа витков и увеличение диаметра средней линии змеевика. В то же время, уменьшение площади проходного сечения проточной части нагревателя и увеличение диаметра трубы змеевика являются менее предпочтительными способами. Для дизель-генераторной установки ДГУ-100 рекомендуются следующие значения основных конструктивных параметров нагревателя-разделителя: $d_2=25$ мм, $d_f=23$ мм, $D_{зм}=195$ мм, $D_{H1}=250$ мм, $D_{H2}=240$ мм, $D_{B1}=140$ мм, $D_{B2}=130$ мм, $h_{зм}=30$ мм, $i_{зм}=32$. В результате оснащения ДГУ-100 системой ПТИТОГ с такими параметрами, КПД установки поднимается с 33 до 58% на номинальном режиме работы, мощность системы ПТИТОГ на номинальном режиме составляет 81 кВт, степень утилизации теплоты ОГ – 52% ($t_3=250$ °C).

5. Для дизеля Д-180, оснащенного системой ПТИТОГ с габаритами, близкими к максимальным, степень утилизации теплоты ОГ составляет 74% ($t_3=250$ °C). При этом мощность нагревателя составляет 84 кВт, мощность системы ПТИТОГ – 103 кВт. Полный КПД дизеля повышается с 37 до 65%.

6. Установлено, что большое влияние на производительность системы ПТИТОГ оказывает режим работы дизеля. В частности, при работе дизеля со степенью нагруженности менее 40%, коэффициент запаса топлива падает более чем в 4 раза по сравнению с этим показателем на номинальном режиме.

7. Максимальная производительность системы ПТИТОГ достигается при использовании в качестве УС светлых газовых конденсатов. Производительность снижается в 3–6 раз при использовании темных газовых конденсатов и в 4–10 раз при использовании нефти. Наиболее целесообразным видом топлива является дизельное топливо ШФС, при получении которого коэффициенты запаса топлива не менее чем в 2 раза больше, чем при получении традиционного дизельного топлива.

8. Для повышения эффективности совместной работы дизеля с системой ПТИТОГ целесообразным является использование теплоизоляционных материалов в камере сгорания дизеля и высокотемпературных систем охлаждения.

9. Для дизеля Д-180, работающего в составе дизель-генераторной установки ДГУ-100, для повышения эффективности совместной работы с системой ПТИТОГ рекомендовано принятие мер по уменьшению коэффициента избытка воздуха на номинальном режиме работы дизеля, в частности, за счет изменения системы турбонаддува.

10. Прогнозируемый экономический эффект от применения системы ПТИТОГ в составе дизель-генераторной установки ДГУ-100 составляет 600-1200 тысяч рублей в год в зависимости от условий эксплуатации. Срок окупаемости системы ПТИТОГ составляет от 2 до 8 месяцев.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Лаврик А.Н., Редько И.Я., Краснов А.М., Лаврик А.А., Яковлев А.М. Исследование рабочего цикла дизеля на смеси бензина и дизельного топлива // Вестник Российской Академии транспорта.– Курган: Курганский Государственный университет, 2001.– Ч.1.– с. 162-165.

2. Лаврик А.Н., Лазарев Е.А., Краснов А.М., Яковлев А.М. Использование в дизелях топлива ШФС и малогабаритная установка для его производства //Повышение эффективности силовых установок колесных и гусеничных машин: науч. вестник.– Челябинск: ЧВАИ, 2001. – Вып. 12.

3. Лаврик А.Н., Лазарев Е.А., Редько И.Я., Краснов А.М. Установка для производства топлива ШФС для дизелей дорожно-строительных машин // Техника и технология строительства и эксплуатации автомобильных дорог: Сб. науч. тр./МАДИ (ТУ); УФ МАДИ (ТУ). – М., 2001.

4. Лаврик А.Н., Мицын Г.П., Краснов А.М. Получение топлив из нефти и газового конденсата за счет использования теплоты отработавших газов дизеля // Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения: тр. междунар. науч.-тех. конференции. – Челябинск: изд-во ЮУрГУ, 2003. – 263 с.

5. Лаврик А.Н., Мицын Г.П., Лазарев Е.А., Краснов А.М. Особенности работы дизеля с объемно-пленочным смесеобразованием на газоконденсатных топливах широкого фракционного состава // Конструирование и эксплуатация наземных транспортных машин: Сб. тр. – Челябинск: изд-во ЮУрГУ, 2002. – С. 52-59.

6. Патент на изобретение 2200241 РФ МКИ 7 F02 G5/02, C10 G7/00 Силовая установка / А.Н. Лаврик, Е.А. Лазарев, А.А. Лаврик, В.Е. Лазарев, А.М. Краснов, А.М. Яковлев (РФ). – №2001114118/06; Заявл. 23.05.2001; опубл. 10.03.2003 Бюл. №7.

Подписано в печать 17.11.2004.
Формат 60×90/16. Объем 1 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз. Заказ №542.
Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе в типографии ЧГПУ.
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69.