

На правах рукописи



Рыженков Анатолий Анатольевич

**УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ТРАНСПОРТНОГО ДИЗЕЛЯ ПУТЁМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
СИСТЕМЫ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ**

Специальность 05.04.02 – Тепловые двигатели

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург-Пушкин
2005

Работа выполнена в ФГОУ ВПО «Санкт-Петербургский
государственный аграрный университет»

- Научный руководитель: заслуженный деятель науки и техники РФ,
доктор технических наук профессор
Николаенко Анатолий Владимирович
- Официальные оппоненты: доктор технических наук профессор
Ложкин Владимир Николаевич
- доктор технических наук профессор
Петриченко Михаил Романович
- Ведущая организация: ФГУП «Центральный научно-
исследовательский дизельный институт»
(ЦНИДИ)

Защита диссертации состоится «24» 06 2005 г. в «11» часов
на заседании диссертационного совета Д 220.060.05 в ФГОУ ВПО
«Санкт-Петербургский Государственный аграрный университет» по
адресу: 196605, Санкт-Петербург – Пушкин, Петербургское шоссе, д.2,
ауд. 2529.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного аграрного университета.

Автореферат разослан «20» мая 2005 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
д.т.н. профессор



Салова Т.Ю.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Дизельные двигатели занимают всё большее место в качестве источников энергии для транспортных средств сельскохозяйственного назначения. Опасные последствия загрязнения окружающей среды выбросами транспортных дизелей, с которыми страны мира столкнулись 30-40 лет назад, представляют предмет серьёзной озабоченности в Российской Федерации.

Согласно программы развития отечественной автомобильной промышленности, одобренной Правительством РФ, требования экологической безопасности с каждым годом всё более ужесточаются, ставя перед отечественным двигателестроением проблему совершенствования систем питания и выпуска отработавших газов двигателя. При этом предпочтение следует отдавать конструктивным решениям, не требующим внесения кардинальных изменений в конструкцию двигателей, в противном случае это приведёт к необходимости переоснащения производства и удорожанию продукции.

Актуальность решения экологических проблем автотранспорта приобретает всё большее значение, и задача научно-исследовательских организаций – совершенствовать имеющиеся способы повышения экологической безопасности автотранспорта.

С этих точек зрения, одним из перспективных направлений улучшения экологических показателей дизеля является использование систем рециркуляции отработавших газов (ОГ)

Цель работы. Улучшение экологических показателей транспортного дизеля путём научного обоснования, разработки системы рециркуляции ОГ, оптимизации её параметров и режимов работы.

Объект исследований. Объектом исследований являлся транспортный дизель 4Ч 10,5/12

Предмет исследования. Экологические, экономические и мощностные характеристики и определяющие их режимы работы системы рециркуляции ОГ.

Методы исследований. В основу методики исследований положено сочетание теоретического анализа физико-химических процессов, протекающих в цилиндре двигателя, экспериментальных и расчётных исследований. Методы исследования – расчётно-экспериментальные, основанные на современных исследовательских методиках с использованием вычислительной техники.

Научная новизна.

1. Методика совершенствования системы рециркуляции ОГ регулированием количества и температуры рециркулируемых ОГ на различных режимах работы.



2. Комплекс математических моделей, позволяющих оценить влияние рециркуляции ОГ на рабочий процесс дизеля и его технико-экономические и экологические показатели.

3. Полезная модель «Система очистки и рециркуляции выхлопных газов дизельного двигателя», защищённая свидетельством РФ.

4. Алгоритм вычисления экологических и экономических показателей дизеля при регулировании параметров системы рециркуляции ОГ.

Практическая значимость работы.

1. Характеристики работы системы рециркуляции ОГ, обеспечивающие улучшение экологических показателей транспортного дизеля 4Ч 10,5/12 на различных скоростных и нагрузочных режимах.

2. Модернизированная система питания и выпуска ОГ с рециркуляцией, защищённая патентом на полезную модель, обеспечивающая снижение токсичности отработавших газов дизеля.

3. Комплекс конструкторско-технических разработок, прошедший опытную проверку рекомендован к внедрению на автотранспортных предприятиях.

Реализация результатов работы. Создана лабораторная установка для изучения влияния рециркуляции ОГ на показатели работы дизеля. Результаты работы используются в учебном процессе кафедры «ДВС и теплотехника» Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, кафедры «Устройство автомобилей» в ГОУ «Автотранспортный и электромеханический колледж» г. Санкт-Петербурга. Работа рекомендована к внедрению в производство.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на ежегодных международных научно-технических конференциях: «Улучшение эксплуатационных показателей двигателей тракторов и автомобилей», Санкт-Петербург - 2004, 2005 гг., конференции «Безопасность дорожного движения», Санкт-Петербург, 2004 г.

Публикации результатов исследований. Основные положения диссертационной работы опубликованы в шести печатных работах.

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 125 страницах и содержит введение, четыре главы основного содержания, общие выводы и список использованной литературы из 153 наименований, приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, изложена научная новизна и практическая значимость работы, основные положения и результаты исследований, выносимые на защиту.

В первой главе обоснована концепция работы. Проведён анализ работ, посвящённых улучшению экологических показателей работы дизельных двигателей путём применения рециркуляции ОГ. Вопросы применения рециркуляции ОГ как средства снижения токсичности нашли отражение в работах Звонова В.А., Смайлиса В.И., Варшавского И.Л., Малова Р.В., Теренченко А.С., Жегалина О.И., Ложкина В.Н., Денисова В.Н., Роголёва В.А., Лиханова В.А., Сайкина А.М., Маркова В.А., Кульчицкого А.Р., Патрахальцева Н.Н, Горбунова В.В. и др. Влияние рециркуляции ОГ на рабочий процесс дизеля рассмотрено в работах Вибе И.И., Ленина И.Г., Ховаха М.С., Мелькумова Т.М., Тареева В.М., Николаенко А.В., Колчина А.И. и др.

Анализ состояния вопроса показал, что рециркуляция ОГ как средство снижения токсичности является весьма перспективным направлением, так как не требует внесения существенных конструктивных изменений в устройство двигателя, и, следовательно, не окажет существенного влияния на стоимость изготовления двигателей, оснащённых системой рециркуляции ОГ.

Использование рециркуляции ОГ увеличивает теплоёмкость заряда, значительно снижает выбросы окислов азота при незначительном росте выбросов продуктов неполного сгорания. С исследовательской точки зрения интерес представляет определение оптимальной степени рециркуляции, зависящей от скоростного и нагрузочного режима работы двигателя, а также разработка конструкторско-технических решений по практической реализации систем рециркуляции ОГ.

Результаты исследований, имеющиеся на сегодняшний день, дают представление лишь о пределах степени рециркуляции, но, зачастую, не несут информацию о зависимости степени рециркуляции от скоростного и нагрузочного режимов работы дизеля, а также от его типоразмеров.

На основании поставленной цели сформулированы **задачи исследования:**

1. Провести анализ состояния проблемы и определить пути её реализации на современном уровне развития науки и техники.
2. Выполнить расчётно-теоретический анализ и разработать комплекс математических моделей, позволяющих оценить влияние рециркуляции ОГ на рабочий процесс дизеля и его технико-экономические и экологические показатели.
3. Обосновать, разработать и реализовать на макетном образце систему рециркуляции ОГ транспортного дизеля.
4. Разработать программы и методики исследования влияния рециркуляции ОГ дизеля на его экологические и технико-экономические показатели. Создать лабораторную установку и оборудовать объект испытаний.

5. Выполнить комплекс стендовых испытаний и установить количественные характеристики и закономерности изменения параметров токсичности дизеля в зависимости от параметров и режимов работы системы рециркуляции ОГ.

6. Разработать конструктивные решения, позволяющие оптимизировать работу системы рециркуляции ОГ дизеля.

7. Разработать практические рекомендации по улучшению экологических показателей транспортного дизеля и выполнить внедрение разработок.

Вторая глава посвящена разработке комплекса моделей влияния рециркуляции ОГ на показатели рабочего процесса и токсичность ОГ согласно классической теории, а также существующих моделей влияния состава рабочей смеси на экологические и технико-экономические показатели работы дизеля.

Анализ влияния рециркуляции ОГ на параметры рабочего процесса, исходя из классической теории двигателя, представлен рассмотрением состава и свойств смеси на впуске, процессов впуска, сжатия, сгорания, расширения и выпуска.

Рециркуляция ОГ оказывает влияние прежде всего на параметры впуска, к которым следует отнести: состав впускного воздуха, температуру на впуске, теплоёмкость рабочей смеси, давление на впуске и величина наддува (при рециркуляции ОГ наблюдается эффект «динамического наддува»), коэффициент избытка воздуха;

Для учёта рециркуляции в расчётах рабочего процесса вместо коэффициента остаточных газов ν определяется коэффициент отработавших газов:

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_{\text{реци}} + \gamma' (1 + \gamma_{\text{реци}})$$

где $\gamma_{\text{реци}}$ - степень рециркуляции, определяемая соотношением количества рециркулируемых газов к свежей смеси;
 γ' - приведённый коэффициент остаточных газов

$$\gamma' = \frac{\gamma \cdot T_a^{\text{реци}}}{T_a}$$

где $T_{a\text{реци}}$ и T_a – температура заряда в конце наполнения соответственно при рециркуляции и без неё

При работе дизеля с рециркуляцией ОГ на впуске образуется смесь воздуха и отработавших газов, теплоёмкость которой больше по сравнению с теплоёмкостью воздушного заряда. Эту особенность учитывает коэффициент неравенства теплоёмкостей ξ_s , входящий в качестве уточняющего множителя в уравнение смешения горючей смеси с отработавшими газами.

Уравнение смешения газов представлено в виде:

$$T_a(1 + \gamma) = T'_0 + \zeta_c \cdot \gamma \cdot T_r$$

где T'_0 – температура впускного воздуха с учётом охлаждения рециркулируемых ОГ

Изменение коэффициента отработавших газов отражается на коэффициенте наполнения:

$$\eta_v = \frac{\varepsilon \cdot p_a \cdot T_0}{(\varepsilon - 1) p_0 (T_0 + \gamma \cdot \zeta_c \cdot T_r)}$$

Используя развёрнутое уравнение смешения, можно определить температуру смеси t_x

$$t_x = \frac{1}{C_{д.х} \cdot \gamma} [(C_{в.а} + \gamma \cdot C_{д.а}) t_a - C_{в.о} t'_0]$$

где $C_{в.о}$ и $C_{в.а}$ – средние изохорные объёмные теплоёмкости воздуха при температурах t'_0 и t_a ;

$C_{д.а}$ и $C_{д.х}$ – теплоёмкости продуктов сгорания при температурах t_a и t_x

Зная абсолютное объёмное содержание отдельных газов в газовой смеси, можно найти объёмные доли компонентов в смеси, после чего объёмная теплоёмкость смеси вычисляется по формуле:

$$C = r_1 C_1 + r_2 C_2 + \dots$$

В тепловых расчётах ДВС участвуют средние изохорные объёмные (или мольные) теплоёмкости, для которых последняя формула примет вид:

$$C_{vm} = r_1 C_{vm1} + r_2 C_{vm2} + \dots$$

После нахождения температуры смеси воздуха с рециркулируемыми газами определяется значение коэффициента ξ_c по соотношению:

$$\xi_c = \frac{(1 + \gamma) T_a - T_0}{\gamma \cdot T_x}$$

Влияние рециркуляции ОГ на период задержки самовоспламенения оценивается по соотношению:

$$\delta = 12 \cdot 10^{-6} \sqrt{c} \sqrt{\frac{T_k}{P_k}} e^{\frac{Q_a \rho^{2.34}}{RT_k}}$$

где $c = \frac{1}{\varepsilon} \left[1 + \frac{S_x}{S} (\varepsilon - 1) \right]$

S_x / S – относительный ход поршня;

Для проверки адекватности математической модели был произведён тепловой расчёт и его результаты (см. рис. 1) сопоставлены с

экспериментальными данными. Относительная погрешность коэффициента наполнения составила в среднем 3,1%, расхода топлива – 2,7%, эффективной мощности – 3,6%.

а).

б).

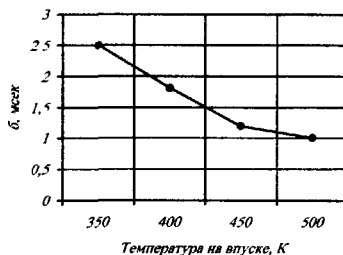
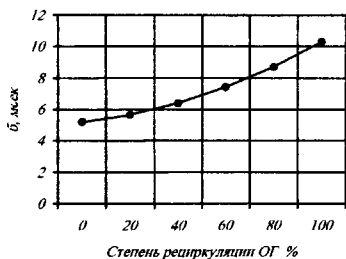


Рис. 1 – Влияние параметров на впуске на период задержки самовоспламенения: а). Влияние рециркуляции ОГ; б). Влияние температуры воздуха на впуске

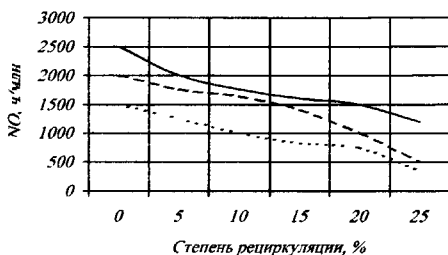


Рис. 2 – Зависимость содержания окислов азота в отработавших газах дизеля от количества рециркулируемых ОГ и угла опережения впрыска топлива:

- $\theta = 10^{\circ}$;
- - - $\theta = 13^{\circ}$;
- - - - $\theta = 16^{\circ}$

Согласно прогнозным оценкам, рециркуляция ОГ оказывает влияние на топливную экономичность дизеля, что иллюстрирует рис. 3

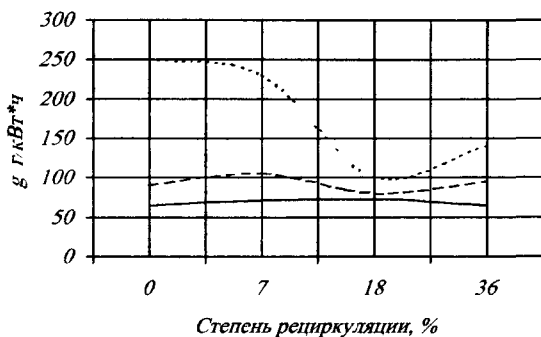


Рис. 3 – Влияние степени рециркуляции на эффективный расход топлива.

- - - - $P_c = 0,3 \text{ МПа}$
- - - $P_c = 0,6 \text{ МПа}$
- $P_c = 0,9 \text{ МПа}$

Изменение температуры впускного воздуха изменяет температуру в конце сжатия и продолжительность задержки воспламенения. Увеличение температуры воздуха уменьшает плотность в конце сжатия и несколько повышает температуру самовоспламенения топлива. Это оказывает влияние на процесс теплопередачи и на скорость химических реакций до воспламенения, что приводит к дальнейшему снижению образования окислов азота.

Влияние степени рециркуляции ОГ на образование окислов азота оценивалось по зависимости:

$$\frac{dZ_{NO}}{d\varphi} = \frac{dZ_{NO}^*}{d\varphi} + (Z_{NO}^T + Z_{NO}^{BX} - Z_{NO}) \cdot \frac{dM_{PC}}{M_{PC}}$$

где $\left(\frac{dM_{PC}}{M_{PC}}\right) \frac{d\varphi}{M_{PC}}$ - дополнительный член, учитывающий ввод в зону продуктов сгорания на линии тепловыделения некоторого количества молей NO , поступивших в цилиндр двигателя с остаточными или рециркуляционными газами.

Принимая гипотезу о равномерном распределении остаточных и рециркулируемых газов по объёму цилиндра, считается, что количество молей NO , перешедшее из зоны свежего заряда в зону продуктов сгорания, пропорционально количеству воздуха (кислорода), пошедшего на сгорание топлива, тогда

$$r_{NO}^{BX} = r_{NO}^{ВЫХЛ} \frac{\alpha}{\alpha_p} \cdot \frac{\gamma}{\beta}$$

где β - действительный коэффициент молекулярного изменения; α_p - коэффициент избытка воздуха с учётом рециркулируемых и остаточных газов.

Выражение для расчёта концентрации NO имеет вид:

$$r_{NO}^{CP} = \frac{r_{NO}^{CM} (\alpha_p + \alpha_{CT} \cdot \chi) + r_{NO}^{PC} \cdot \alpha_{CT} \cdot \beta \cdot \chi}{\alpha_p + \alpha_{CT} \cdot \chi (\beta - 1)}$$

где:

$$r_{NO}^{CM} = M_{NO} / M_{CM} = \frac{r_{NO}^{ВЫХЛ} \cdot \gamma}{1 + \gamma}$$

$$\alpha_p = \frac{M_B}{M_0} g_{II} = \alpha \left(1 + \gamma \frac{\alpha + 1}{(\beta_T - 1) + \alpha} \right)$$

где: β_T - теоретический коэффициент молекулярного изменения при $\alpha = \alpha_{ct} = 1$.

Пересчёт объёмных концентраций NO в массовые единицы в пересчёте на один килограмм топлива осуществляется по следующим выражениям:

$$G_{NOI} = 30 \cdot r_{NO}^{CP} \frac{M_0 (\alpha_p + \alpha_{CT} \cdot \lambda (\beta - 1))}{1 + \gamma_r}$$

Массовое содержание кислорода в цилиндре:

$$G_{NO} = 10^6 g_H \cdot G_{NOI}$$

Концентрация сажи в выхлопных газах (приведенная к нормальным условиям) определяется соотношением

$$[C]_H = \int_0^{480} \frac{d[C] d\varphi}{dt} \frac{d\varphi}{6n} \left(\frac{0.1}{p_{480}} \right)^{\frac{1}{k}}$$

где p_{480} – давление в цилиндре в момент 60° до НМТ;
 k – показатель адиабаты ОГ (принимается 1,33)

В третьей главе изложена методика, применяемая при проведении экспериментальных исследований, описание объекта исследований, экспериментальной установки, измерительно-регистрирующей аппаратуры, методики обработки опытных данных и оценка погрешности измерений.

Эксперименты проводились в лабораторных условиях согласно ГОСТ 14846-81 на дизеле 4Ч 10,5/12 с использованием обкаточно-тормозного стенда КИ-2139 (рис. 4). В соответствии с программой испытаний, технико-экономические и экологические параметры двигателя снимались в условиях нагрузочной и скоростной характеристик при различной степени рециркуляции в диапазоне от 0 до 50%. При стендовых испытаниях использовалось дизельное топливо марки «Л» по ГОСТ-305-82, моторное масло М 10 1₂ К, отвечающее требованиям ГОСТ 17479.1-85. Предварительная тарировка приборов обеспечила требуемую точность результатов исследований.

Для проведения анализов ОГ на экспериментальной установке была смонтирована система отбора проб газа, в качестве газоанализатора использовался комплекс TECHNOTEST. Для обеспечения качественной и стабильной работы системы рециркуляции отработавших газов в неё был вмонтирован охладитель с возможностью регулирования степени рециркуляции.

Измерение температуры ОГ производилось с помощью хромель-алюмелевых термопар. Измерение температур впускного воздуха, температуры рециркулируемых газов осуществлялось с помощью хромель-копелевых термопар.

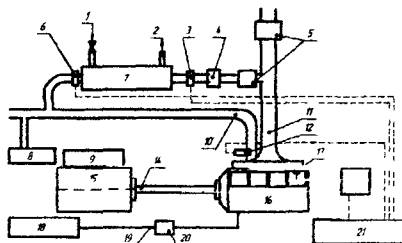


Рис. 4 Экспериментальная установка.

1,2 – вход и выход охлаждающего агента, 3,6 – датчики температуры рециркуляционного газа, 5 – расходомеры воздуха и рециркуляционного газа, 7 – охладитель, 8 – газоанализатор, 9 – весовой механизм, 10 – выпускной трубопровод, 11 – впускной трубопровод, 12 – датчик температуры ОГ, 13 – микроэлектронный преобразователь избыточного давления, 14 – карданная передача, 15 – обкаточно-тормозной электрический стенд, 16 – двигатель 4Ч 10,5/12, 17 – аналогово-цифровой преобразователь Е-440, 18 – ёмкость с топливом, 19 – топливопровод, 20 – расходомер топлива, 21 – пульт управления установкой.

Влияние присадки ОГ на рабочий процесс оценивалось при помощи индицирования первого цилиндра посредством микроэлектронного преобразователя избыточного давления МИДА-ДИ-55П, аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) Е 440 и компьютера. (рис.5)



Рис. 5 -Оборудование для снятия индикаторной диаграммы

В четвёртой главе представлены результаты экспериментальных исследований влияния присадки части ОГ на экологические и технико-экономические показатели работы дизеля.

В соответствии с программой испытаний, на первом этапе производилась оценка экологических и технико-экономических показателей дизеля в штатной комплектации и с системой рециркуляции ОГ в условиях нагрузочной характеристики при частоте вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту. Анализ результатов испытаний показал, что, с увеличением степени рециркуляции эффективная мощность падает, особенно эта закономерность проявляется в диапазоне P_e свыше 0,7 МПа, т.е. в режиме нагрузок, близких к максимальным. Это объясняется тем, что с увеличением нагрузки дизеля процессы смесеобразования и сгорания ухудшаются, что усугубляется рециркуляцией и приводит к снижению эффективной мощности. Следовательно, с точки зрения потерь мощности, рециркуляцию целесообразно применять на режимах, не превышающих 75% от максимальных нагрузок.

Исследуя закономерность изменения удельного эффективного расхода топлива, можно сделать вывод, что с увеличением рециркуляции ОГ экономичность двигателя сначала несколько улучшается; особенно это проявляется на режимах, не превышающих 75% от максимальной нагрузки ($P_e = 0,05...0,65$ МПа). Однако, при увеличении рециркуляции ОГ более 18% экономичность начинает значительно ухудшаться.

На режимах, превышающих 75% от максимальной нагрузки, наблюдается нежелательное ухудшение экономичности, что подтверждает ранее сделанное предположение, что рециркуляцию ОГ следует применять на режимах, не превышающих 75% от максимальной нагрузки.

Рост выбросов СО в области нагрузок 0,5...1 МПа в режиме работы дизеля без рециркуляции ОГ (рис. 6) можно объяснить ухудшением условий сгорания и смесеобразования. Применение рециркуляции в количестве 6-8%, по данным эксперимента, позволяет снизить выбросы СО на 15...20% по всему диапазону нагрузок. Увеличение степени рециркуляции до 16...18% даёт незначительное увеличение (на 5%) выбросов СО по сравнению со штатным режимом, однако, негативное влияние рециркуляции ОГ начинает проявляться на режимах, превышающих 50% нагрузки и при $P_e = 0,96$ МПа (90% нагрузки) достигает величины 0,38%, что является недопустимым.

Применение рециркуляции в количестве 6...8% несколько увеличивает выбросы СН, однако, дальнейшее увеличение степени рециркуляции оказывает положительное влияние и позволяет снизить выбросы углеводородов на 60...70%.

Процесс сажевыделения в дизеле имеет жёсткую связь с температурой сгорания, а та, в свою очередь – с выбросами окислов азота. Проводя анализ кривых, характеризующих изменение выбросов сажи в зависимости от нагрузки, можно сделать однозначный вывод о том, что с увеличением степени рециркуляции отмечается устойчивый рост выбросов сажи, причём этот процесс отчётливо наблюдается на участке с P_e свыше 0,45 МПа.

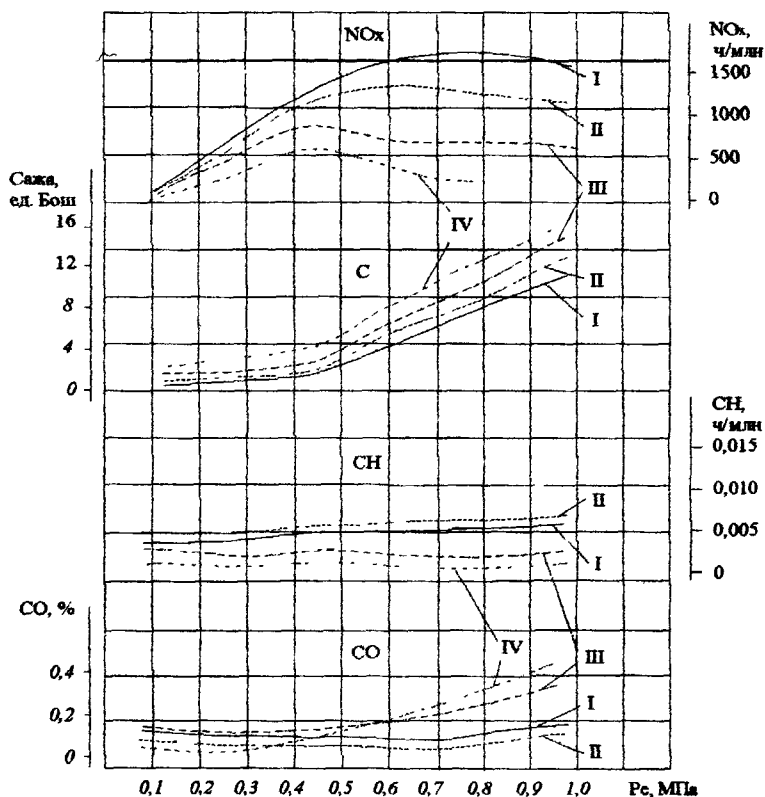


Рис. 6 Изменение экологических и технико-экономических показателей работы дизеля в зависимости от степени рециркуляции ОГ

I – режим без рециркуляции; II – рециркуляция 7%; III – рециркуляция 18%; IV – рециркуляция 36%.

С точки зрения оптимизации режимов работы системы рециркуляции ОГ по выбросам твёрдых частиц, то можно утверждать,

что степень рециркуляции следует снижать и по возможности не применять на режимах с нагрузкой, превышающей 50% от максимальной во избежание повышенного дымления дизеля.

В штатном режиме окислы азота зависят от нагрузки и имеют максимальные значения на режимах, близких к средним нагрузкам. Применение рециркуляции, по данным эксперимента, ОГ позволяет при степени рециркуляции, равной 36%, получить снижение выбросов окислов азота до 60%. Такие результаты можно объяснить снижением максимальных температур цикла, имеющих непосредственное влияние на выбросы NO_x .

Уменьшение температуры оказывает влияние на концентрацию атомарного кислорода, что, в свою очередь, снижает скорость реакции образования окислов азота, так как основной реакцией образования является реакция окисления азота атомарным кислородом

Что касается оптимизации режима рециркуляции, то с точки зрения выбросов окислов азота с увеличением нагрузки эффективность рециркуляции ОГ снижается.

Результаты индицирования рабочего процесса представлены на рис. 7

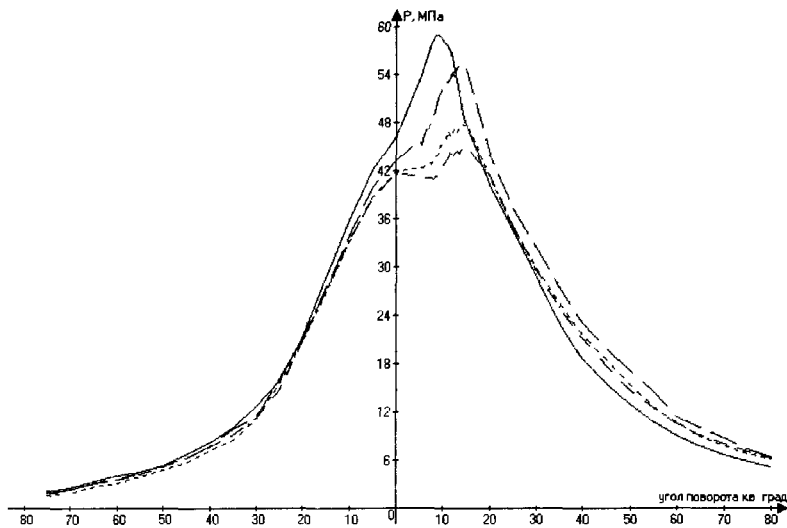


Рис. 7 – Индикаторная диаграмма двигателя 4Ч 10,5/12 при нагрузке 75% и различной степени рециркуляции.

- — — — — рабочий процесс без рециркуляции
- - - - - рециркуляция 7%;
- рециркуляция 18%;
- - - - - рециркуляция 36%

Анализируя полученные зависимости, можно заключить, что

1. С увеличением рециркуляции ОГ максимум нарастания давления смещается в сторону увеличения, что говорит об увеличении величины периода задержки самовоспламенения.

2. Характер протекания процесса сгорания также зависит от степени рециркуляции. Так, с увеличением присадки ОГ линия сжатия принимает более крутой характер.

3. При увеличении степени рециркуляции отмечается снижение максимального давления цикла

В соответствии с целью работы для снижения токсичности ОГ дизельного двигателя была разработана оригинальная конструкция, на которую получен патент РФ на полезную модель «Система очистки и рециркуляции выхлопных газов дизельного двигателя» (рис.8).

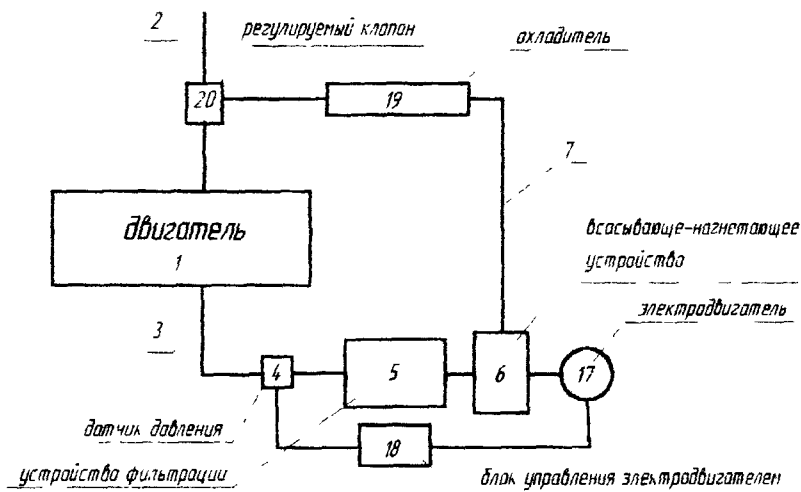


Рис. 8 – Система очистки и рециркуляции отработавших газов дизельного двигателя

Система позволяет производить рециркуляцию, очистку и принудительный выпуск отработавших газов дизельного двигателя, снижая их токсичность и увеличивая ресурс работы двигателя.

Система очистки и рециркуляции ОГ дизельного двигателя работает следующим образом: При запуске двигателя 1 воздушный заряд поступает по впускному трубопроводу 2 в двигатель 1, где смешивается с топливом и сгорает. ОГ под давлением подаются в выпускной трубопровод 3, поступают в устройство 5, где очищаются от продуктов

неполного сгорания топлива. По мере прохождения газов через устройство 5 их скорость снижается за счёт возникновения силы гидравлического трения. В результате происходит рост давления газов в выпускном трубопроводе 3 перед устройством 5. Рост давления в выпускном трубопроводе 3 фиксируется датчиком 4, сигнал которого подаётся в блок управления 18. При давлении выше атмосферного блок управления 18 преобразует сигнал датчика в управляющий ток электродвигателя 17, запускающий ротор всасывающе-нагнетающего устройства 6. При работе ротора давление на участке выпускного трубопровода 3 после устройства 5 падает, скорость потока выхлопных газов повышается как в выпускном трубопроводе 3 за счет всасывания газов, так и в рециркуляционном трубопроводе 7 за счет нагнетания газов. В результате продукты неполного сгорания топлива не успевают отложиться на деталях двигателя.

Увеличение скорости прохождения рециркулируемых выхлопных газов по трубопроводу 7 вызывает большую турбулизацию рециркулируемых газов, а, следовательно, и степень гомогенности впускного заряда, улучшая процесс сгорания топливно-воздушной смеси и увеличивая ресурс двигателя.

При работе двигателя 1 на переходных режимах (разгон, торможение) давление в выпускном трубопроводе 3 постоянно изменяется и регистрируется датчиком 4. Блок управления 18 постоянно преобразует сигнал датчика 4 в ток управления электродвигателем 17, регулируя частоту вращения ротора всасывающе-нагнетающего устройства 6.

Таким образом, введение в систему очистки и рециркуляции выхлопных газов всасывающе-нагнетающего устройства, датчика давления и блока управления позволит увеличить скорость прохождения выхлопных газов через устройство фильтрации, что приведёт к снижению образования несгоревших частиц и более полному их выведению из камеры сгорания и к увеличению ресурса работы двигателя.

В заключении представлены основные результаты, выводы и рекомендации.

В результате выполненных научно-технических разработок в соответствии с концепцией достигнута цель работы – улучшение экологических показателей работы транспортного дизеля путём совершенствования системы рециркуляции ОГ.

1. Разработана методика прогнозирования и улучшения экологических и топливно-экономических показателей дизеля при регулировании системы рециркуляции ОГ.

2. Разработана система очистки и рециркуляции отработавших газов дизельного двигателя, позволяющая снизить токсичность отработавших газов и увеличить ресурс двигателя.

3. Расчётно-теоретическим анализом и экспериментальными данными установлена возможность улучшения экологических показателей работы дизеля путём рециркуляции ОГ в количестве 0...30%. Применение рециркуляции целесообразно на режимах с частичной нагрузкой как с точки зрения экологических показателей, так и с точки зрения топливной экономичности. Так, например, в условиях нагрузочной характеристики при частоте вращения 1700 мин^{-1} выбросы окислов азота снижаются в среднем на 17...80%, в то же время удельный эффективный расход топлива уменьшается в среднем до 6%.

4. Установлена и теоретически обоснована взаимосвязь между составом смеси на впуске (воздух + отработавшие газы) и топливно-экономическими и экологическими показателями дизеля.

5. При сравнении расчётных и опытных данных установлена хорошая их сходимость, при максимальном расхождении не более 4,9%, и средней величине ошибки по всем показателям 2,5%.

6. На основании проведённых исследований разработан ряд практических рекомендаций по применению системы рециркуляции ОГ на транспортном дизеле 4Ч 10,5/12 при его модернизации:

-Улучшить экологические показатели транспортного дизеля 4Ч 10,5/12 можно путём применения регулируемой системы рециркуляции ОГ;

-При применении рециркуляции ОГ следует увеличить угол опережения впрыска топлива на 3 градуса для обеспечения мощностных показателей в пределах технических условий а также увеличить давление впрыска топлива в целях уменьшения сажеобразования;

-Регулирование количества рециркулируемых ОГ должно происходить в зависимости от числа оборотов двигателя и от нагрузки; на максимальных скоростных режимах (число оборотов дизеля свыше 2400 мин^{-1}) и нагрузочных режимах (P_c свыше 0,8 МПа) система должна отключаться;

-Для охлаждения рециркулируемых газов рекомендовано применение охладителей типа «воздух-воздух», широко применяемых для охлаждения наддувочного воздуха.

-Для уменьшения износа деталей цилиндро-поршневой группы и предотвращения попадания частиц сажи, рециркулируемой вместе с ОГ, рекомендуется дооборудовать систему выпуска ОГ сажевым фильтром, а на рециркуляцию направлять ОГ, прошедшие очистку в фильтре.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих изданиях:

1. Рыженков А.А. Практическая реализация систем рециркуляции отработавших газов // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей тракторов и автомобилей: Сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. - СПб.: СПбГАУ, 2004. С 364 – 366.

2. Рыженков А.А. К обоснованию концепции по теме диссертационной работы // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей тракторов и автомобилей. Сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. СПб.: СПбГАУ, 2003. С 539-542;

3. Николаенко А.В., Корабельников С.К., Рыженков А.А. Комплексная система снижения токсичности отработавших газов дизеля // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей тракторов и автомобилей. Сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. СПб.: СПбГАУ, 2004. С 367 - 376.

4. Корабельников С.К., Рыженков А.А., Направления и способы улучшения эксплуатационных и экологических показателей автотракторного дизеля // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей тракторов и автомобилей. Сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. СПб.: СПбГАУ, 2004. С 376 - 380.

5. Рыженков А.А. К вопросу подбора масел для дизеля с высокотемпературным охлаждением // Улучшение эксплуатационных показателей транспортных средств. Сборник трудов СПбГАСЭ.– СПб.: СПбГАСЭ, 2004. Вып. 2. С 125 – 128.

6. Корабельников С.К., Рыженков А.А., Направления и способы улучшения эксплуатационных и экологических показателей автотракторного дизеля // Улучшение эксплуатационных показателей транспортных средств. Сборник трудов СПбГАСЭ. СПб.: СПбГАСЭ, 2004. Вып. 2. С 122 - 125.

Подписано в печать 18.05.2005
Бумага офсетная. Формат 60Х90 1/16
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1,0
Тираж 100 экз.
Заказ 444

Отпечатано с оригинал-макета заказчика
в копировально-множительном
центре "АРГУС". Санкт-Петербург—Пушкин,
ул. Пушкинская, д. 28/21. Рег. №233909 от 07.02.2001

№ 1 2 3 8 5

РНБ Русский фонд

2006-4

12706