

РАЗДЕЛ II

ТРАНСПОРТ

УДК 665.75/76 (031)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

В.Р. Ведрученко, В.В. Крайнов, Е.С. Лазарев, П.В. Литвинов
Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), Россия, г. Омск

Аннотация. Приведены краткий обзор и анализ показателей рабочего процесса дизельного двигателя на жидком топливе разного состава. Приведены аналитическая и графическая интерпретация индикаторной диаграммы и характеристик процесса впрыска топлива и тепловыделения, показателей «жесткости» рабочего цикла. Проанализировано влияние свойств жидких стандартного и альтернативного топлив на параметры рабочего процесса, эксперименты выполнены на стенде с быстросходным дизельным двигателем. Рассмотрены результаты индицирования двигателя на смесях дизельного топлива и сжиженного нефтяного газа. Проанализированы результаты численного моделирования индикаторного процесса дизеля на смеси сжиженного нефтяного газа и стандартного дизельного топлива.

Ключевые слова: индикаторный процесс, дизельное топливо, альтернативное топливо, индикаторная диаграмма, процесс топливоподачи и тепловыделения.

Введение

Один из путей совершенствования показателей дизельного двигателя заключается в систематическом улучшении процессов, составляющих его рабочий цикл. Проведенные теоретические исследования рабочих циклов двигателей показали, что важно добиваться в каждом конкретном типе двигателя оптимального протекания процесса сгорания [1–3].

Рабочий процесс, протекающий в цилиндрах дизеля, определяет основные показатели двигателя – мощность, удельный расход топлива, максимальные нагрузки в деталях и температурное состояние деталей цилиндропоршневой группы. Главные задачи при исследовании рабочего процесса состоят в установлении зависимостей основных его показателей от различных конструктивных факторов и выборе такого сочетания конструктивных параметров, при которых достигаются наилучшие показатели рабочего процесса.

В действительном цикле дизеля потери теплоты в процессе ее подвода и преобразования в работу являются неизбежными в силу ряда физико-химических и технических причин. Подвод теплоты к рабочему телу начинается еще до верхней мертвой точки (ВМТ), в результате самовоспламенения и сгорания топлива, впрыснутого в среду сжатого воздуха. Давление сжатия у дизелей без наддува со-

ставляет $(38 - 50) \cdot 10^2$ кПа, у дизелей с наддувом $(45 - 100) \cdot 10^2$ кПа и температура соответственно 800 - 900 К и $900 \div 1000$ К, что превышает температуру самовоспламенения топлива примерно на 430 - 490 К [3].

От качества протекания процесса сгорания топлива во многом зависят режимные показатели дизеля. В связи с этим к процессу сгорания предъявляется ряд требований, которые должны обеспечить необходимую экономичность цикла (относительно высокие температуры и давления цикла, минимальный расход топлива и воздуха), надежную работу дизеля (не превышение допустимых значений температур и давлений и скорости их нарастания за цикл). Одновременное выполнение этих требований невозможно, так как в ряде случаев они противоречат друг другу. Задача решается компромиссно, в зависимости от требований, предъявляемых к данному дизелю, путем подбора основных факторов, влияющих на развитие процесса сгорания. Этими факторами являются выбор топлива с соответствующими физико-химическими свойствами и его подготовка перед подачей в цилиндр дизеля, создание благоприятных условий распыливания и перемешивания топлива с воздухом, обеспечение правильного соотношения между топливом и воздухом (величины коэффициента

избытка воздуха α), выбор необходимого закона подачи топлива по углу поворота коленчатого вала, создание оптимального теплового режима в цилиндре дизеля, обеспечивающего минимальное время подготовки топлива к сгоранию [1,3].

От момента начала впрыскивания в цилиндр топлива до конца его выгорания происходят сложные физико-химические процессы испарения, воспламенения и сгорания, протекающие с конечной скоростью тепловыделения, изменения давления и температуры и сопровождающиеся потерей теплоты.

Методы оценки совершенства рабочего процесса дизельного двигателя

Важными результирующими параметрами, характеризующими процесс сгорания топлива, являются давление и температура газов в цилиндре. Анализ процесса сгорания топлива производят по развернутой индикаторной диаграмме, снятой с цилиндра дизеля (рис. 1) [4].

Основным экспериментальным материалом, служащим для оценки совершенства рабочего процесса, протекающего в цилиндре дизельного двигателя является индикаторная диаграмма процесса и часовой расход топлива. Из индикаторной диаграммы можно получить при соответствующей обработке большинство параметров, характеризующих рабочий процесс; среднее индикаторное давление p_i , давление сжатия p_c , максимальное давление сгорания p_z , скорость нарастания давления $dp/d\phi$, характеристики тепловыделения в цилиндре дизеля (закон выгорания топлива $x_i = f(\phi)$, скорость тепловыделения $dx_i/d\phi = f(\phi)$, продолжительность сгорания ϕ_r), температуру газа в цилиндре в любой момент времени и многие другие параметры. По часовому расходу топлива определяют средний индикаторный b_i и средний эффективный b_e (при известной эффективной мощности дизеля) расход топлива.

Таким образом, для оценки качества рабочего процесса дизеля необходимо измерить следующие основные параметры: эффективная мощность N_e и часовой расход топлива G_T . После этого необходимо провести анализ индикаторной диаграммы.

Другая группа параметров определяет факторы, в различной степени влияющие на

качество рабочего процесса. Основными в этой группе параметров являются характеристики системы топливоподачи – продолжительность и закон подачи топлива, качество распыливания, а также расход воздуха и его температура, качество очистки цилиндра от остаточных газов, температуры стенок камеры сгорания и т. д.

Непосредственно по индикаторной диаграмме находится максимальное давление газов p_{max} . Если на диаграмме записано изменение давления газов p в зависимости от угла поворота коленчатого вала ϕ , то легко определяется средняя $(dp/d\phi)_{cp}$ и максимальная $(dp/d\phi)_{max}$ скорости нарастания давления газов. Оба показателя позволяют оценить механическую и динамическую напряженность основных деталей кривошипно-шатунного механизма.

В качестве показателей динамичности цикла обычно принимают среднюю и максимальную скорость нарастания давления по углу поворота коленчатого вала (см. рис. 1).

Средняя скорость нарастания давления по углу поворота коленчатого вала определяется по зависимостям, $\text{кПа}/^\circ\text{ПКВ}$:

$$\omega_{cp} = \left(\frac{dp}{d\phi} \right)_{cp} = \frac{p_z - p_c}{\phi_z - \phi_c} = \frac{m_p}{m_\phi} \cdot \text{tg} \alpha_c, \quad (1)$$

где dp – приращение давления в цилиндре за угол $\Delta\phi$, соответствующий продолжительности второго периода сгорания, кПа ; ϕ_z , ϕ_c – соответственно величины углов поворота коленчатого вала в точках 2, z (рис. 1), градус поворота коленчатого вала ($^\circ\text{ПКВ}$); m_p , m_ϕ – соответственно масштабы давления, угла поворота коленчатого вала дизеля; α_c – угол наклона секущей, проведенной через точки z–2 (рис. 1), град. [4].

Работа без стуков в дизеле обеспечивается при $\omega_{cp} = (2 - 6) \cdot 10^2 \text{кПа}/^\circ\text{ПКВ}$. У судовых малооборотных (МОД) ω_{cp} редко превышает $(1,4 - 1,6) \cdot 10^2 \text{кПа}/^\circ\text{ПКВ}$. В форсированных высокооборотных (ВОД) допускается $\omega_{cp} = (8 - 12) \cdot 10^2 \text{кПа}/^\circ\text{ПКВ}$, но при этом возникают высокие динамические нагрузки, что ускоряет изнашивание подшипников и шеек кривошипно-шатунного механизма.

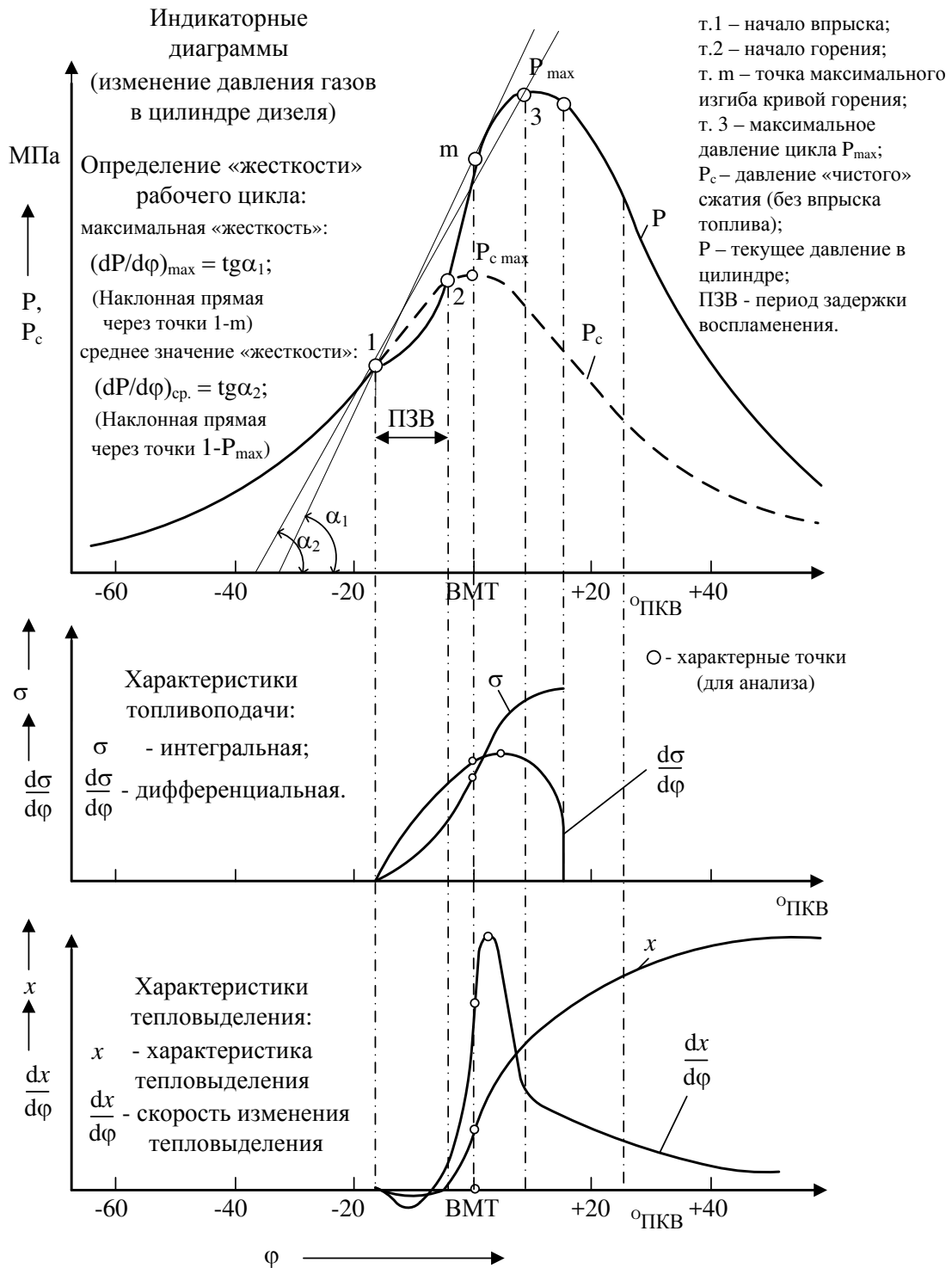


Рис. 1. Диаграммы и характеристики рабочего процесса дизеля; расчет жесткости рабочего цикла

Максимальную скорость нарастания давления при сгорании топлива определяют как первую производную изменения давления по углу поворота коленчатого вала на более крутом участке повышения давления в цилиндре (кПа/°ПКВ)

$$\omega_{cp} = \left(\frac{dp}{d\phi} \right)_{\max} = \frac{m_p}{m_\phi} \cdot \operatorname{tg}\alpha_m, \quad (2)$$

где α_m – угол наклона касательной к наиболее крутому участку индикаторной диаграммы,

проведенной через точку начала горения топлива 2 (рис. 1).

Оценку динамичности цикла в общем случае производят по фактору динамичности, который представляет собой отношение количества топлива, впрыснутого за период задержки самовоспламенения $b_{ци}$, ко всему количеству топлива $b_{ц}$, впрыснутого за цикл

$$\sigma_{впр} = \frac{b_{ци}}{b_{ц}}. \quad (3)$$

От фактора динамичности в значительной степени зависят показатели динамичности рабочего цикла. Чем выше фактор динамичности, тем выше, при прочих равных условиях, значения показателей динамичности рабочего процесса, в том числе и при одинаковом виде топлив. У МОД и СОД фактор динамичности лежит в пределах $\sigma_{впр} = 0,3 - 0,5$, у ВОД он достигает значений $\sigma_{впр} = 0,8 - 1,0$ [4].

Работа дизеля на разных по свойствам топливах

При работе на тяжелых сортах топлив, при прочих равных условиях, динамичность рабочего цикла дизеля оказывается ниже, чем при работе на дизельных. Это объясняется, в основном, пониженной скоростью испарения тяжелых топлив, что обуславливает пониженную скорость тепловыделения. В связи с этим при использовании тяжелых топлив фактор динамичности оказывает меньшее влияние на динамичность рабочего цикла, чем при работе на дизельных топливах.

Скорость нарастания давления при сгорании топлива снижается путем уменьшения фактора динамичности, а это достигается либо сокращением периода задержки самовоспламенения, либо изменением характеристики впрыскивания топлива.

Маловязкое дизельное топливо (табл. 1) отличаются друг от друга физико-химическими свойствами (вязкостью, плотностью, сжимаемостью, теплотой сгорания, фракционным составом, цетановым числом и др.). Поэтому ряд исходных расчетных данных, и частности, теплота сгорания и элементарный состав топлива, теплоемкость и энтропия продуктов сгорания будут иметь раз-

личные значения для применяемых топлив (табл. 1).

При переводе дизеля на маловязкое топливо [4, 5, 6], по способу впрыска оптимальным решением является сохранение его основных параметров: мощности и экономичности. Рассмотрим, возможно ли выполнение этих требований.

Типовые диаграммы и характеристики процессов сгорания, топливоподачи и тепловыделения приведенные на рис.1 позволяют выполнить полный совместный анализ процессов в дизеле, полученных как теоретически, так и из эксперимента [4]. Приведенный нами рис. 1 дополнен графическим методом определения параметров «жесткости» рабочего цикла дизеля, работающего на разных сортах топлива.

Для получения более высоких индикаторных показателей необходимо впрыск топлива, учитывая период задержки воспламенения (ПЗВ), начинать так, чтобы развитие процесса происходило вблизи ВМТ [4–6].

При чрезмерно раннем впрыске период задержки воспламенения может увеличиваться из-за низкой температуры заряда. Одновременно процесс сгорания смещается относительно ВМТ таким образом, что наибольшее давление p_z достигается до прихода поршня в ВМТ. Это сопровождается резким увеличением работы сжатия, уменьшением работы расширения и соответственно падением индикаторных показателей. Кроме того, фаза видимого сгорания характеризуется высокой скоростью нарастания давления [6].

Поздний впрыск топлива, при котором сгорание развивается в процессе расширения, хотя и происходит при медленном повышении давления и малых величинах $\Delta p/\Delta \phi$, но также приводит к ухудшению индикаторных показателей. Оптимальный угол опережения впрыска зависит от типа смесиобразования, а также от скоростного и нагрузочного режима работы двигателя. Для каждого двигателя выбирают по данным экспериментальных исследований [4, 6].

Результаты испытаний

На рис. 2 показаны индикаторные диаграммы и зависимость индикаторных показателей четырехтактного двигателя с камерой сгорания ЯМЗ от угла опережения начала впрыска [13]. Опыты проведены при постоянных количествах впрыскиваемого топлива, числе оборотов и давлении затяжки пружины иглы распылителя. С увеличением угла $\varphi_{впр}$ давление p_z резко возрастает. Максимальная скорость нарастания давления по углу поворота $(\Delta p/\Delta \varphi)_{max}$ увеличивается от 0,5 до 2 Мн/(м²·град) [5-20 кГ/(см²·град)]. Период задержки воспламенения θ_3 , выраженный в градусах поворота коленчатого вала, также заметно увеличивается. Период видимого сгорания $\theta_{вид}$ возрастает, но в меньшей степени, чем θ_3 . Оптимальный угол опережения начала впрыска исследованного режима $\varphi_3 = 18^\circ$ до в.м.т.

У двигателей с разделенной камерой сгорания чувствительность процесса к углу опережения впрыска меньше [3].

На рис. 3 показаны кривые нарастания давления в период сгорания в цилиндре двигателя различных сортов топлива при одном

и том же угле опережения впрыска [14]. При сгорании топлив, имеющих малых период t_i (кривые 1 и 2), происходит плавное и своевременное изменение давления, тогда как при сгорании топлив с большим периодом t_i (кривые 3, 4 и 5) происходит резкое нарастание давления и с большим опозданием [4].

Значительные скорости нарастания давления создают динамическую нагрузку шатунно-кривошипному механизму.

Увеличение концентрации кислорода и уменьшение остаточных газов в камере сгорания уменьшают период задержки самовоспламенения. Присадка различных катализаторов к топливу сокращает период задержки самовоспламенения и снижает максимальное давление цикла.

К физическим факторам относятся давление и температура воздуха на впуске и в конце сжатия. С увеличением давления воздуха на впуске и в конце сжатия вследствие возрастания плотности воздуха ускоряется физико-химическая подготовка топлива к воспламенению, а потому величина t_i сокращается.

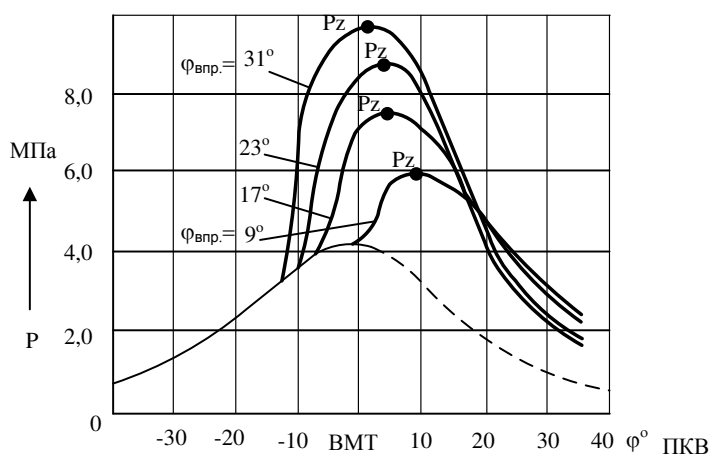


Рис. 2. Индикаторные диаграммы быстрогоходного дизеля при различных углах опережения впрыска (φ^0) при работе на дизельном топливе ГОСТ 305-82 [13]

На рис. 4 приведены, серия индикаторных диаграмм быстрогоходного дизеля, работающего на смесях стандартного дизельного топлива и сжиженного нефтяного газа [15]. Для улучшения смазывающих свойств смесей топлив и повышения вязкости до приемлемой (по опыту эксплуатации) использовалась присадка (кумол). На всех четырех нагрузочных режимах характер индикаторного процесса изменялся аналогично: с увеличением доли сжиженного газа значение максимального давления сгорания уменьшалось; дизель работал «мягче». Газодизельная стендовая система для данных испытаний, разработана

на кафедре «Локомотивы» ОмГУПС и предназначена для работы дизелей на различных видах топлива, в том числе и альтернативных в смеси с традиционным.

На рис. 5 и табл. 2 приведены, полученные нами численным моделированием по специальной программе «Тритон» [4] индикаторные диаграммы дизеля 6ЧСП15/18 на дизельном топливе ГОСТ 305-82 и смеси 50 % дизельного топлива и 50 % сжиженного нефтяного газа. Для этой смеси присадка не использовалась. Данные моделирования подтвердили выявленные ранее на стенде [15, 16] результаты индицирования двигателя, рабо-

тающего на смесях стандартного и легкого альтернативного экологически чистого топли-

ва – сжиженного нефтяного газа [4].

Рис. 3. Кривые скорости нарастания давления в период процесса сгорания в цилиндре дизеля при сгорании топлив с разными свойствами:
 1 - топливо дизельное «Л» ГОСТ 305-82;
 2 - топливо дизельное «З» ГОСТ 305-82;
 3 - топливо газотурбинное ГОСТ 104433-75;
 4 - топливо тяжелое ДТ-1 ГОСТ 1667-71;
 5 - топливо тяжелое ДТ-2 ГОСТ 1667-71 [14]

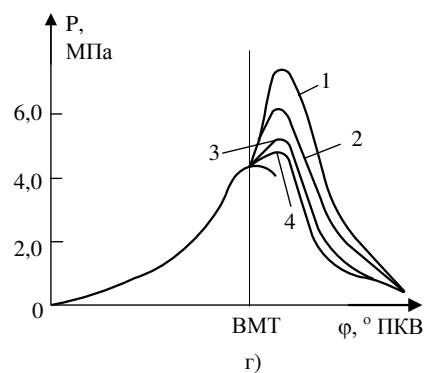
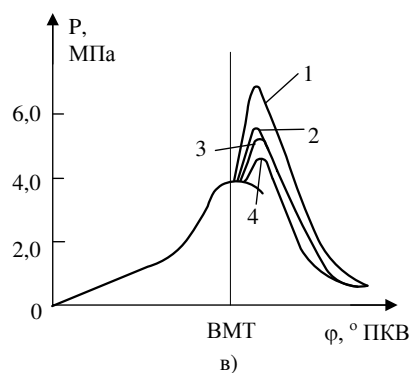
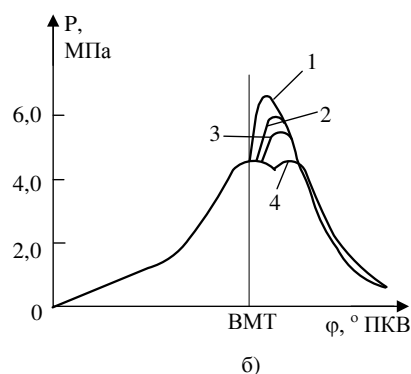
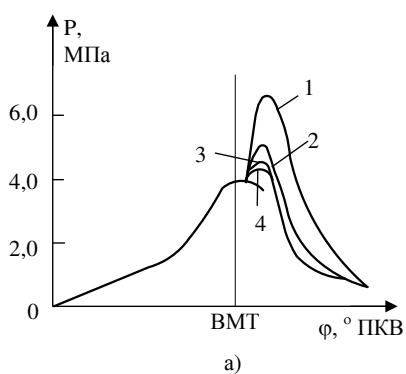
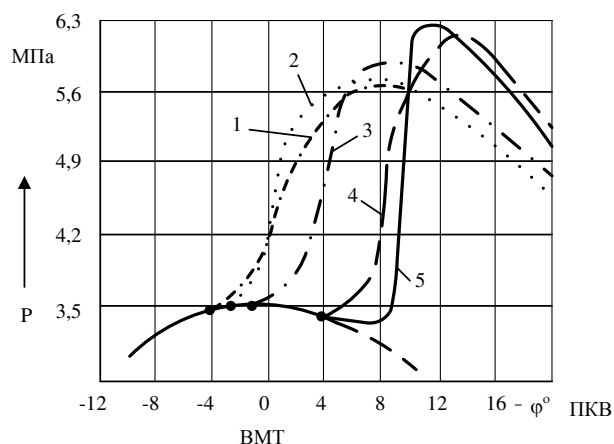


Рис. 4. Индикаторные диаграммы дизеля 6Ч15/18, работающего на смесях топлив[15]:
 а – 20 % дизельного летнего топлива + 78 % сжиженного газа + 2 % присадки;
 б – 20 % дизельного летнего топлива + 76 % сжиженного газа + 4 % присадки;
 в – 15 % дизельного летнего топлива + 83 % сжиженного газа + 2 % присадки;
 г – 15 % дизельного летнего топлива + 81 % сжиженного газа + 4 % присадки.
 Присадка – кумол. Режимы нагрузки: 1 – $N = N_e$; 2 – $N = 0,75N_e$; 3 – $N = 0,5N_e$; 4 – $N = 0,25N_e$.

Таблица 2

Результаты расчета по программе «Тритон»

| Наименование параметра | Обозначения | Состав смеси | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | ДТ | 25%СНГ+75%ДТ | 50%СНГ+50%ДТ | 75%СНГ+25%ДТ |
| Давление сжатия | P_c , кПа | 4861,6 | 4861,6 | 4861,6 | 4861,5 |
| Максимальное давление | P_z , кПа | 7705,84 | 7231,54 | 6336,84 | 4875,51 |
| Давление в конце расширения | P_b , кПа | 391,7 | 399,2 | 411,2 | 435,1 |
| Температура в конце расширения | T_b , К | 838,2 | 853,6 | 878,5 | 929,0 |
| Максимальная температура | T_{max} , К | 1514,03 | 1493,72 | 1458,58 | 1414,33 |
| Давление наддува | P_{int} , кПа | 150,3 | 150,3 | 150,3 | 150,3 |
| Коэффициент избытка воздуха | a | 2,67 | 2,64 | 2,63 | 2,61 |

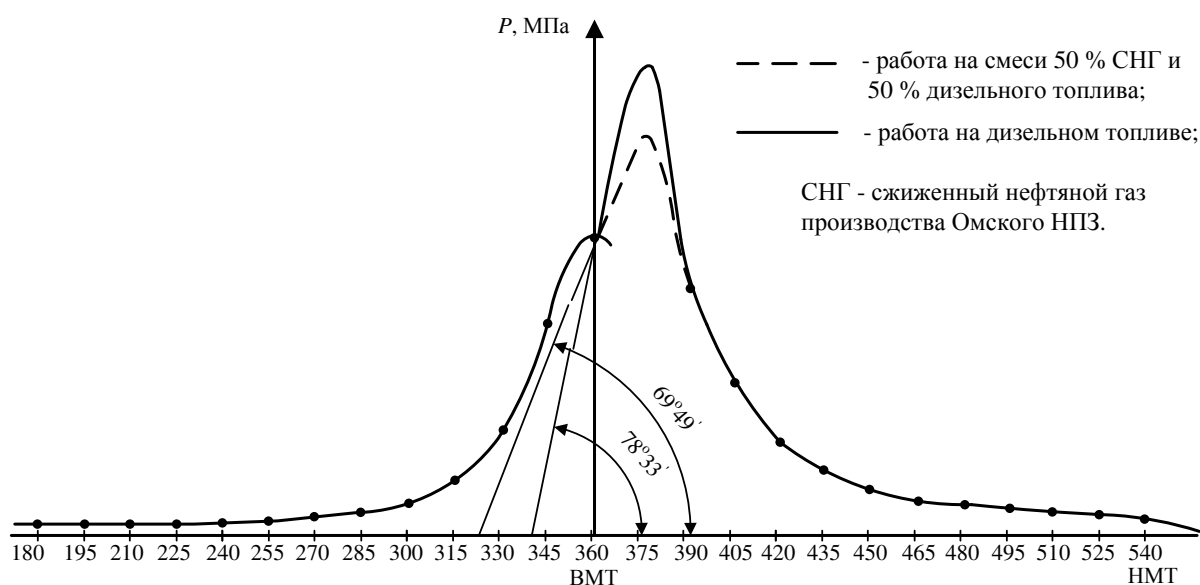


Рис. 5. Развернутые индикаторные диаграммы быстроходного дизеля 6ЧСП15/18

Выводы и заключение

Таким образом, можно заключить, что рабочий процесс быстроходного дизеля на топливных смесях дизельного топлива и сжиженного газа протекает с приемлемыми индикаторными показателями на различных нагрузочных режимах.

Организация такого рабочего процесса дизельного двигателя позволяет как уменьшить затраты на топливо (оптовая цена сжиженного нефтяного газа на 30 – 50 % ниже цены на дизельное топливо), так и снизить токсичность отработавших газов за счет использования альтернативных видов топлива [1, 4, 5].

Библиографический список

1. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Книга 1. Теория рабочих процессов : учебник для вузов // В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Т. Ю. Кричевская и др. – М. : Высш. шк., 2005. – 479 с.
2. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Книга 3. Компьютерный практикум. Моделирование процессов в ДВС : учебник для вузов // В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Т.Ю. Кричевская и др. – М. : Высш. шк., 2005. – 414 с.
3. Шароглазов, Б.А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов / Б.А. Шароглазов, М.Ф. Фарафонов, В. В. Клеменьтьев. – Челябинск, ЮУрГУ, 2004. – 344 с.
4. Ведрученко, В.Р. Альтернативные виды топлива для судовых дизелей / В.Р. Ведрученко, И.И. Малахов. – Омск : Омский институт водного

транспорта (филиал) ФБОУ ВПО «НГАВТ», 2012. – 172 с.

5. Фофанов, Г.А. Альтернативные виды топлива на подвижном составе железнодорожного транспорта / Труды ВНИИЖТа // Г.А. Фофанов, Д.Н. Григорович, А.С. Нестрахов. – М. : Научно-исследовательский ин-т ж.д. трансп., 2008. – 143 с.

6. Ведрученко, В.Р. Разработка приближенной математической модели связи процессов впрыска и сгорания топлива в дизельных энергетических установках локомотивов / В.Р. Ведрученко, В.В. Крайнов, Е. С. Лазарев // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – 2014. – № 4. – С.18 – 28.

7. Албаев, А. Р. Производство и применение биодизеля : справочное пособие / А. Р. Албаев, Ф. М. Гумеров, В. Г., Семенов и др. – М. : АПР и ППРО, 2006. – 80 с.

8. Алейников, Ю.П. Повышение энергоэкологических показателей дизелей железнодорожного транспорта применением синтетических спиртов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ю.П. Алейников. – М. : 1984. – 24 с.

9. Альтернативные виды топлива: URL: <http://www.altfuel.ru>.

10. Ведрученко, В. Р. Топливоиспользование в тепловозных двигателях. Системные методы исследований: учебное пособие / В. Р. Ведрученко. Омск : Омский ин-т инж. ж.-д. транспорта, 1990. – 89 с.

11. Ерофеев, В. Л. Использование перспективных топлив в судовых энергетических установках / В.Л. Ерофеев. – Л. : Судостроение, 1989. – 80 с.

12. Емельянов, В. Е. Альтернативные экологически чистые виды топлива для автомобилей: свойства, разновидности, применение / В.Е. Емельянов, И.Ф. Крылов. – М. : АСТ. Астрель, 2004. – 128 с.

13. Архангельский, В.М. Автомобильные двигатели / В.М. Архангельский, М.М. Вихерт, А.Н. Воинов, Ю.А. Степанов. – М. : Машиностроение, 1967. – 496 с.

14. Хандов, З.А. Судовые двигатели внутреннего сгорания (теория) / З.А. Хандов. М. : Транспорт, 1969. 304 с.

15. Мамедова, М. Д. Работа дизеля на сжиженном газе / М. Е. Мамедова. – М. : Машиностроение, 1980. 149 с.

16. Ведрученко, В. Р. Методика индцирования среднеоборотного судового дизеля / В. Р. Ведрученко // Передовой опыт и новая техника. ЦБ НТИ МРФ. Вып. 4. – М., 1981. – С. 37 – 41.

A DIESEL ENGINE OPERATION BY USING ALTERNATIVE FUELS

V. R. Vedruchenko, V. V. Krainov, E. S. Lazarev, P. V. Litvinov

Abstract. The short survey and analyze of diesel operation indexes working on liquid fuels is shown. The analytic and graphic interpretation of the indicator diagram, characteristics of fuel injection and heat release, harshness of working cycle are given. The in-

fluence of standard and alternative fuel types on diesel operation parameters is analyzed by experimenting on a high-speed diesel engine test bench. The results of diesel tests on diesel fuel and liquefied oil gas mixes are examined. The modelling results of diesel working on a mix of liquefied oil gas and standard diesel fuel are analyzed.

Keywords: indicator process, diesel fuel, alternative fuel, indicator diagram, fuel supply and heat release.

References

1. Lukanin, V. N. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Kniga 1. Teoriya rabochih processov / Uchebnik dlya vuzov // V. N. Lukanin, M. G. SHatrov, T. YU. Krichevskaya i dr. M.: Vyssh. shk., 2005. 479 s.

2. Lukanin, V. N. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Kniga 3. Komp'yuternyj praktikum. Modelirovaniye processov v DVS / Uchebnik dlya vuzov // V. N. Lukanin, M. G. SHatrov, T. YU. Krichevskaya i dr. M.: Vyssh. shk., 2005. 414 s.

3. Sharoglazov, B. A. Dvigateli vnutrennego sgoraniya: teoriya, modelirovaniye i raschet processov / B. A. SHaroglazov, M. F. Farafontov, V. V. Klemen'tev. CHelyabinsk, YUUrGU, 2004. 344 s.

4. Vedruchenko, V. R. Al'ternativnye vidy topliva dlya sudovyh dizelej / V. R. Vedruchenko, I. I. Malahov. Omsk, Omskij institut vodnogo transporta (filial) FBOU VPO «NGAVT», 2012. 172 s.

5. Fofanov, G. A. Al'ternativnye vidy topliva na podvizhnom sostave zheleznodorozhnogo transporta / Trudy VNIIZHTa // G. A. Fofanov, D. N. Grigorovich, A. S. Nestrachov. M.: Nauchno-issledovatel'skij in-t zh.d. transp., 2008. 143 s.

6. Vedruchenko, V. R. Razrabotka priblizhennoj matematicheskoy modeli svyazi processov vpryska i sgo-raniya topliva v dizel'nyh ehnergeticheskikh ustanovkah lokomotivov / V. R. Vedruchenko, V. V. Krajnov, E. S. Lazarev // Izvestiya Transsiba. Omskij gos. un-t putej soobshcheniya. Omsk. 2014. № 4. S.18 – 28.

7. Albaev, A. R. Proizvodstvo i primeneniye biodizelya: spravochnoe posobie / A. R. Al-baev, F. M. Gumerov, V. G., Semenov i dr. M.: APR i PPRO, 2006. 80 s.

8. Alejnikov, Yu. P. Povysheniye ehnergo-ehkologicheskikh pokazatelej dizelej zheleznodorozhnogo transporta primeneniem sinteticheskikh spirtov: avtoref. diss. kand. tekhn. nauk / YU. P. Alejnikov. M.: 1984. 24 s.

9. Al'ternativnye vidy topliva: URL: <http://www.altfuel.ru>.

10. Vedruchenko, V. R. Toplivoispol'zovanie v teplovoznyh dvigatelyah. Sistemnye me-tody issledovaniy: uchebnoe posobie / V. R. Vedruchenko. Omsk: Omskij in-t inzh. zh.-d. transporta, 1990. 89 s.

11. Erofeev, V. L. Ispol'zovanie perspektivnyh topliv v sudovyh ehnergeticheskikh ustanovkah / V. L. Erofeev. L.: Sudostroeniye, 1989. 80 s.

12. Emel'yanov, V. E. Al'ternativnye ehkologicheski chistye vidy topliva dlya avtomobilej: svojstva, raznovidnosti, primeneniye / V. E. Emel'yanov, I. F. Krylov. M.: ACT. Ast-rel', 2004. 128 s.

13. Arhangel'skij, V. M. Avtomobil'nye dvigateli / V. M. Arhangel'skij, M. M. Vihert, A. N. Voinov, YU. A. Stepanov. M.: Mashinostroenie, 1967. 496 s.

14. Handov, Z. A. Sudovye dvigateli vnutrennego sgoraniya (teoriya) / Z. A. Handov. M. Transport, 1969. 304 s.

15. Mamedova, M. D. Rabota dizelya na szhizhennom gaze / M. E. Mamedova. M.: Mashinostroenie, 1980. 149 s.

16. Vedruchenko, V. R. Metodika indicirovaniya sredneborotnogo sudovogo dizelya / V. R. Vedruchenko // Peredovoj opyt i novaya tekhnika. SB NTI MRF. Vyp. 4. M., 1981. S. 37 – 41.

Ведрученко Виктор Родионович (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Теплоэнергетика ФГБОУ ВО ОмГУПС (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: vedruchenko@mail.ru).

Крайнов Василий Васильевич (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры Теплоэнергетика ОмГУПС (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: KrainovVV@omgups.ru).

Лазарев Евгений Сергеевич (Омск, Россия) – преподаватель кафедры Теплоэнергетика ФГБОУ ВО ОмГУПС (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: Incoe@yandex.ru).

Литвинов Павел Васильевич (Омск, Россия) – аспирант очной формы обучения кафедры Теплоэнергетика ФГБОУ ВО ОмГУПС (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: p_vasilich55@mail.ru).

Victor R. Vedruchenko (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Heat Energy, Omsk State Transport University (644046, Marks avenue, 35, Omsk, e-mail: vedruchenko@mail.ru).

Vasily V. Krainov (Omsk, Russian federation) –, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department Of Heat Energy, Omsk State Transport University (644046, Marks avenue, 35, Omsk, e-mail: KrainovVV@omgups.ru).

Yevgeny S. Lazarev (Omsk, Russian Federation) – Lector, Department of Heat Energy, Omsk State Transport University (644046, Marks avenue, 35, Omsk, e-mail: Incoe@yandex.ru).

Pavel V. Litvinov (Omsk, Russian Federation) – post graduate student of the Heat Energy Department of the Omsk State Transport University (644046, Marks avenue, 35, Omsk, e-mail: p_vasilich55@mail.ru).

УДК 656.05

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ТЕРМИНА "ПЕРЕКРЕСТОК"

В.А. Городокин, З.В. Альметова, В.Д. Шепелев
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск, Россия

Аннотация. Статистические данные ГИБДД свидетельствуют о том, что самыми распространенными видами дорожно-транспортных происшествий стали столкновения транспортных средств, большинство из которых происходят на перекрестках дорог. Объективное расследование обстоятельств дорожно-транспортных происшествий и установление истинного виновника происшествия является основной задачей органов и лиц, проводящих исследование обстоятельств ДТП. Вместе с тем, проведение исследования обстоятельств происшествия неразрывно связано с однозначным пониманием того, где, в каком месте произошло дорожно-транспортное происшествие и кто из его участников пользовался преимущественным правом на движение. Решение поставленных вопросов, зачастую, затруднено в связи с недостаточно точными формулировками терминов, используемых в Правилах дорожного движения Российской Федерации. В частности этот недостаток касается термина «перекресток». В различной литературе, посвященной вопросам безопасности движения, приводятся примеры, позволяющие определить конфигурацию и границы перекрестка. Однако, подавляющее большинство приведенных примеров базируется на наиболее простой форме трех- или четырех стороннего перекрестка. В данной работе авторами проведен детальный анализ и сделан вывод о необходимости изменения существующего термина «перекресток».

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, перекресток, безопасность движения, правила дорожного движения, границы перекрестка.