

ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ ТОПЛИВА И ПОКАЗАТЕЛИ РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДИЗЕЛЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ДАВЛЕНИЯ НАЧАЛА ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

В.Е. Лазарев, Г.В. Ломакин, Е.А. Лазарев

THE PARAMETERS OF THE COMBUSTION PROCESS AND THE DIESEL WITH CHANGE OF PRESSURE OF FUEL INJECTION

V.E. Lazarev, G.V. Lomakin, E.A. Lazarev

Экспериментально исследовано влияние давления начала впрыскивания топлива на параметры процесса сгорания, мощностные и экономические показатели дизеля с камерой ЦНИДИ. Установлено изменение температуры отработавших газов и удельного эффективного расхода топлива при повышении давления начала впрыскивания топлива.

Ключевые слова: распылитель, давление начала впрыскивания, параметры процесса сгорания топлива, показатели рабочего цикла, топливная экономичность, температура отработавших газов.

The influence of the pressure of fuel injection to parameters of combustion process as well as to parameters of capacity and efficiency with CNIDI-chamber is investigated. The changing the temperature of exhaust gases and of the fuel consumption is estimated with increasing the pressure of the fuel injection.

Keywords: nozzle, pressure of the fuel injection, parameters of the combustion process, parameters of the diesel, fuel consumption, the temperature of the exhaust gases.

Введение

Снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами, повышение топливной экономичности и ресурса дизелей являются важнейшими задачами современного дизелестроения. Успешное решение этих задач во многом зависит от совершенства процессов смесеобразования и сгорания топлива, которые в свою очередь, определяются основными параметрами и характеристиками процесса впрыскивания топлива. Определяющими факторами являются тонкость распыливания и равномерность распределения топлива в объеме и пристеночном слое камеры сгорания. Эти факторы в значительной степени определяют степень гомогенизации топливовоздушной смеси в период подготовки ее к самовоспламенению. К основным параметрам процесса впрыскивания относят прежде всего давление $p_{впр}$, продолжительность $\Phi_{впр}$, угол опережения впрыска топлива $\theta_{впр}$ и интенсивность истечения топлива через распыливающие отверстия распылителя. Однако степень и характер влияния давления впрыскивания на параметры процесса сгорания и показатели рабочего цикла в значительной степени зависят от типа камеры сгорания, способа смесеобразования и сгорания топлива [1].

Теоретические предпосылки исследования

Увеличение давления впрыскивания в соответствии с зависимостью (1) позволяет сохранять цикловую подачу $Q_{ц}$ топлива при уменьшении условного проходного сечения $\mu_c f_c$ распыливающих отверстий распылителя.

$$Q_{ц} = \mu_c f_c \sqrt{\frac{2(p_{впр} - p_r)}{\rho_r}}, \quad (1)$$

где p_r – среднее давление газов в цилиндре; ρ_r – плотность топлива.

При неизменном условном проходном сечении распыливающих отверстий распылителя параметром, определяющим цикловую подачу и факторы, характеризующие распыливание и распределение топлива, также является давление впрыскивания. К таким факторам относят распределение капель топлива и средний диаметр капель в топливном факеле и локальный состав топ-

ливовоздушной смеси в объеме и пристеночном слое камеры сгорания. От давления впрыскивания зависят продолжительность и своевременность процесса впрыскивания топлива.

В процессе впрыскивания топлива давление его непрерывно изменяется от давления начала впрыскивания $p_{впр}^{нач}$ до максимального давления впрыскивания $p_{впр}^{max}$ и далее до давления в момент окончания впрыскивания. Характер изменения давления $p_{впр}$, хода h иглы распылителя форсунки и параметры впрыскивания топлива иллюстрирует типичная осциллограмма процесса, представленная на рис. 1.

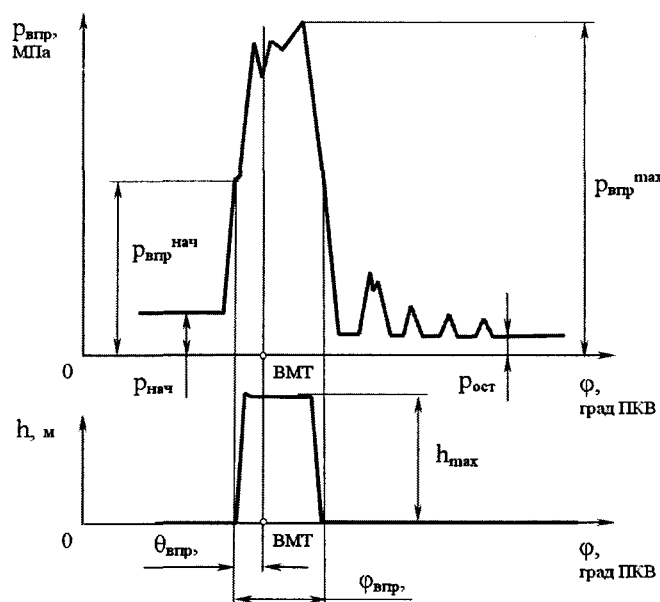


Рис. 1. Характер изменения давления впрыскивания топлива и хода иглы распылителя в зависимости от угла поворота коленчатого вала дизеля

Давление начала впрыскивания $p_{впр}^{нач}$ топлива определяется усилием затяжки пружины форсунки. В нагнетательном топливопроводе перед форсункой можно выделить давление перед началом $p_{нач}$ и после окончания $p_{ост}$ впрыскивания топлива. При отсутствии устройств, регулирующих $p_{нач}$, можно считать с достаточной степенью достоверности $p_{нач} \approx p_{ост}$.

Анализируя изменение хода h иглы распылителя форсунки можно определить продолжительность и своевременность впрыскивания топлива. В период достижения ходом иглы его максимального значения h_{max} давление впрыскивания топлива непрерывно изменяется.

Целью исследования является определение влияния давления начала впрыскивания топлива на показатели рабочего цикла и параметры процесса сгорания в дизеле с непосредственным впрыскиванием и камерой сгорания ЦНИДИ, реализуемой объемно-пристеночный способ смесеобразования и сгорания.

Методика исследования

Экспериментальное исследование рабочего цикла проводилось на одноцилиндровом дизеле 1ЧН15/20,5. Проведение испытаний дизеля на тормозном стенде (рис. 2) предполагало последовательность выполнения следующих этапов:

- подготовку и тарировку элементов электрического тормозного стенда, измерительной и регистрирующей аппаратуры, механизмов и систем дизеля 1ЧН15/20,5. При испытаниях использовались летнее дизельное топливо с показателями качества по ГОСТ 305-82 и смазочное масло М10ДМ с показателями качества по ГОСТ 8581-78;

- определение параметров и индицирование дизеля при работе с различными давлениями начала впрыскивания в интервале 15...30 МПа (частота вращения коленчатого вала $n = 1250 \text{ мин}^{-1}$ и параметры наддувочного воздуха при этом неизменны) и с оптимальным углом опережения подачи топлива; регулирование давления начала впрыскивания топливной форсунки осуществляется на работающем дизеле;

• выполнение термодинамического анализа индикаторных диаграмм давления газов с целью получения характеристик выгорания топлива и определения кинетических параметров процесса сгорания по программе, разработанной на кафедре «Двигатели внутреннего сгорания» Южно-Уральского государственного университета.

Результаты исследования

Влияние давления начала впрыскивания $p_{впр}^{нач}$ на параметры процесса сгорания топлива представлено на рис. 3, а. С увеличением $p_{впр}^{нач}$ до значений 21...22 МПа заметно снижается продолжительность φ_z процесса сгорания, однако дальнейшее повышение давления начала впрыскивания практически не влияет на φ_z . Аналогичное изменение имеют коэффициент эффективности сгорания ξ , характеризующий уровень тепловых потерь за процесс сгорания, и температура отработавших газов t_r . Стабилизация значений ξ и t_r наблюдается при $p_{впр}^{нач} \geq 21...22$ МПа. Момент начала сгорания θ с увеличением давления начала впрыскивания уменьшается, что при неизменном моменте впрыскивания топлива $\theta_{впр}$ (см. рис. 1) свидетельствует об увеличении периода задержки воспламенения и, как следствие, «жесткости» рабочего цикла дизеля. Коэффициент избытка воздуха α в исследуемом диапазоне изменения давления начала впрыскивания топлива оставался практически неизменным.

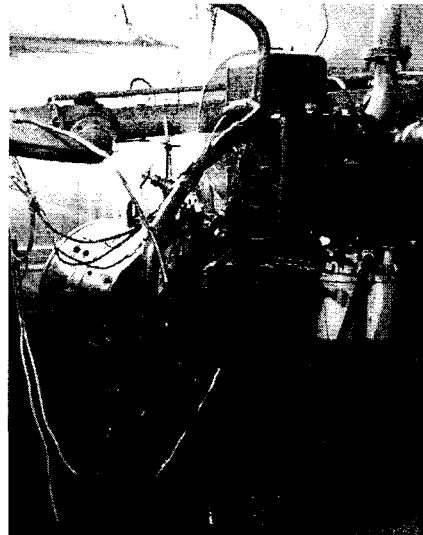


Рис. 2. Дизель 14Н15/20,5 на испытательном электрическом тормозном стенде

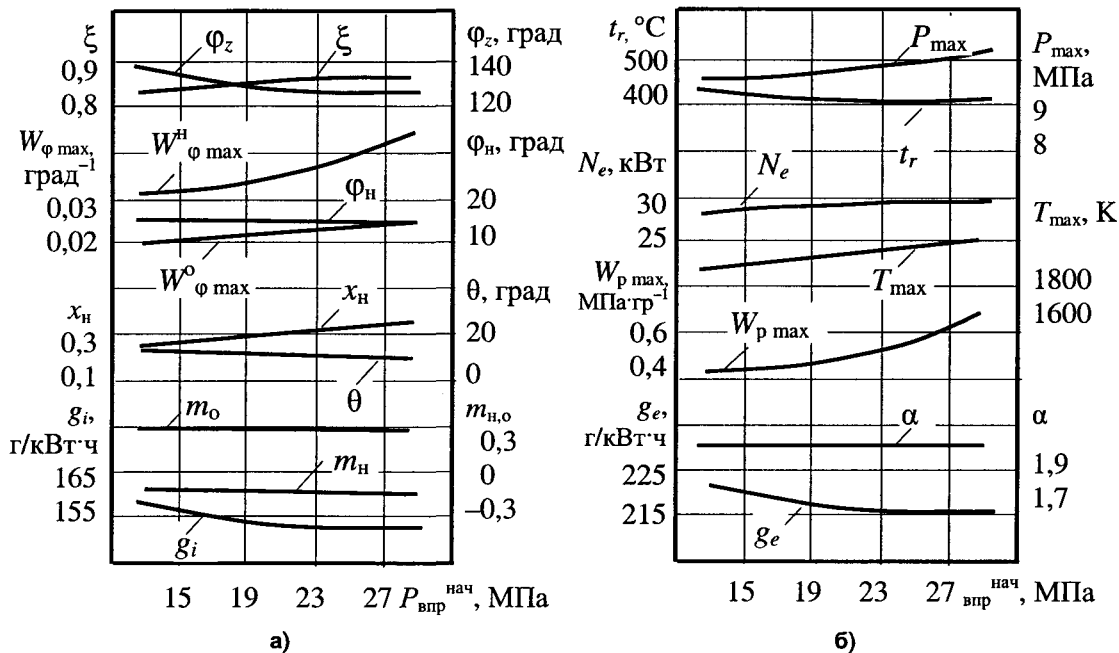


Рис. 3. Влияние давления начала впрыскивания топлива на параметры процесса сгорания (а), эффективные и индикаторные показатели рабочего цикла (б) дизеля 14Н 15/20,5; ($G_r = 6,4$ кг/ч; $n = 1250$ мин⁻¹)

С увеличением давления начала впрыскивания наблюдается повышение интенсивности выгорания топлива в начальном $W_{\phi_{max}}^H$ и основном $W_{\phi_{max}}^O$ периодах процесса сгорания. Показатели характера выгорания топлива в начальном m_H и основном m_O периодах процесса сгорания практически не изменились. С увеличением давления начала впрыскивания повышается доля топлива, выгоревшая в начальном периоде x_H , что обуславливается увеличением доли объемного смесяобразования в камере сгорания ЦНИДИ. Это обстоятельство обуславливает рост динамических

показателей рабочего цикла, характеризующихся максимальным давлением газов и быстротой его нарастания в цилиндре.

Заметное влияние на показатели дизеля оказывает изменение давления начала впрыскивания топлива до значений 21...22 МПа (рис. 3, б). При этом с увеличением давления начала впрыскивания топлива несколько улучшаются показатели эффективности (эффективная мощность N_e) и топливной экономичности (удельные индикаторный g_i и эффективный g_e расходы топлива) дизеля. Однако улучшение этих показателей сопровождается повышением максимального давления P_{max} , скорости нарастания давления $W_{p_{max}}$ и максимальной температурой цикла T_{max} . Последнее отрицательно сказывается на тепломеханической нагруженности деталей дизеля.

При $p_{впр}^{нач} \geq 21...22$ МПа мощностные и экономические показатели рабочего цикла стабилизируются, что свидетельствует о нецелесообразности дальнейшего повышения давления начала впрыскивания топлива, поскольку при этом лишь интенсивно ухудшаются показатели тепломеханической нагруженности дизеля.

Выводы

Повышение давления начала впрыскивания топлива в дизеле с непосредственным впрыскиванием и камерой сгорания ЦНИДИ свыше 21...22 МПа нецелесообразно, поскольку при этом практически не меняются продолжительность и тепловые потери в процессе сгорания и, как следствие, остаются неизменными мощностные и экономические показатели рабочего цикла. Динамические показатели рабочего цикла, такие как максимальное давление P_{max} и скорость нарастания давления $W_{p_{max}}$ и максимальная температура газов T_{max} в цилиндре заметно повышаются, увеличивая при этом тепломеханическую нагруженность дизеля.

Работы проведены при поддержке Германской службы академических обменов DAAD (проект A/10/72858. Ref. 325) и Министерства образования и науки РФ (проект № 2.2.2.3/15088).

Исследования выполнены в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (номер проекта: 10-08-00424).

Литература

1. Лазарев, Е.А. Основные принципы, методы и эффективность средств совершенствования процесса сгорания топлива для повышения технического уровня тракторных дизелей: моногр. / Е.А. Лазарев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 289 с.

Поступила в редакцию 29 января 2011 г.

Лазарев Владислав Евгеньевич. Доктор технических наук, профессор кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – снижение тепломеханической нагруженности и повышение ресурса прецизионных сопряжений элементов топливной аппаратуры дизелей.

Vladislav E. Lazarev. Doctor of engineering science, professor of the Internal Combustion Engines department of South Ural State University. Professional interests – decreasing of heatmechanc load and increase of resource of precision integration of components of diesel engine fuel equipment of.

Ломакин Георгий Викторович. Аспирант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – совершенствование конструкции элементов топливной аппаратуры автотракторных дизелей.

George V. Lomakin. Postgraduate student of the Internal Combustion Engines department of South Ural State University. Professional interests – construction updating of auto tractor diesel engine fuel equipment.

Лазарев Евгений Анатольевич. Доктор технических наук, профессор кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – исследование и моделирование процессов в поршневых двигателях внутреннего сгорания.

Evgeny A. Lazarev. Doctor of engineering science, professor of the Internal Combustion Engines department of South Ural State University. Professional interests – research and modeling of processes of piston engines of internal combustion.