

Рисунок 2 – Зависимость степени сжатия и относительных величин изменения хода и объема камеры сгорания от угла поворота ψ

УДК 621.436

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА БУТАНОЛСОДЕРЖАЩЕГО ТОПЛИВА
НА ПРОЦЕСС СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЯ**

**INFLUENCE OF COMPOSITION OF FUEL CONTAINING
BUTANOL ON DIESEL COMBUSTION PROCESS**

Кухаренок Г.М., доктор технических наук, профессор;

Гершань Д.Г., старший преподаватель

(Белорусский национальный технический университет)

Kukharenok G.M., Doctor of Technical Sciences, professor;

Hershan D.G., Senior Lecturer

(Belarusian National Technical University)

Аннотация. Выполнены исследования процесса сгорания дизеля, работающего на топливе, содержащем 10, 20, 30 и 40 % бутанола по объему, при степенях сжатия 16, 18 и 20.

Abstract. The research of diesel combustion process when using fuel containing butanol has been conducted at compression ratios of 16, 18 and 20. The volume content of butanol in the fuel was 10, 20, 30 and 40 %.

Основную часть нефти, необходимую для внутреннего потребления, приходится закупать у других стран. Даже увеличение добычи собственной нефти не сможет покрыть потребность страны в ней. Поэтому использование альтернативных видов топлива, производимых из возобновляемого сырья, для нашей страны является актуальной проблемой.

В качестве альтернативного моторного топлива относительно недавно стал рассматриваться бутанол, в связи с появлением технологий позволяющих наладить его промышленное производство [1–8].

Для определения возможности использования бутанола в двигателях и организации качественного рабочего процесса необходимо исследовать процесс сгорания смесей дизельного топлива с бутанолом.

Исследования проведены на одноцилиндровой установке ИТ9-3М. Для индицирования использовалась многоканальная система индицирования AVL IndiSmart 612. Текущие давления в цилиндре воспринимает неохлаждаемый пьезодатчик, для установки которого в головке цилиндра использовался канал штатного индикатора воспламенения.

На первом этапе исследования регулировки системы топливоподачи не изменялись. На втором этапе для каждого топлива устанавливалась величина цикловой порции топлива, которая обеспечивала требуемый технологический расход $13 \text{ см}^3/\text{мин}$.

Для проведения сравнительного анализа снимались индикаторные диаграммы при работе установки на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степенях сжатия 16, 18 и 20. Объемное содержание бутанола $C_{\text{бут}}$ в смесях составляет 10, 20, 30 и 40 %.

Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом представлены на рисунках 1–3.

Необходимо отметить устойчивый характер работы установки на всех смесях для выбранных степеней сжатия.

Приведенные зависимости показывают, что отличаются процессы сгорания при использовании не только смесового топлива, но и при разных значениях степени сжатия. Так при использовании дизельного топлива максимальное давление сгорания p_z при степенях сжатия 18 и 20 выше на 7,7 и 11,2 % по сравнению p_z при ϵ равной 16. Рост величины p_z обусловлен не только увеличением давления конца сжатия, вызванным повышением ϵ , но и ранним воспламенением смеси.

Средняя скорость нарастания давления ($\Delta p/\Delta t$) по мере увеличения степени сжатия возрастает, так при ϵ равной 16 этот показатель равен 0,72 МПа/мс, при ϵ равной 18 – 0,82 МПа/мс и при ϵ равной 20 – 0,9 МПа/мс.

По мере увеличения содержания бутанола в смеси происходит снижение максимального давления сгорания, так при его концентрации в смеси 10 % и степени сжатия 16 оно на 3 % ниже, чем при применении дизельно-

го топлива. При степенях сжатия 18 и 20 снижение максимального давления составляет ~ 7 %. Причем для 30 и 40 % смеси при рассматриваемых степенях сжатия процесс сгорания начинается после ВМТ.

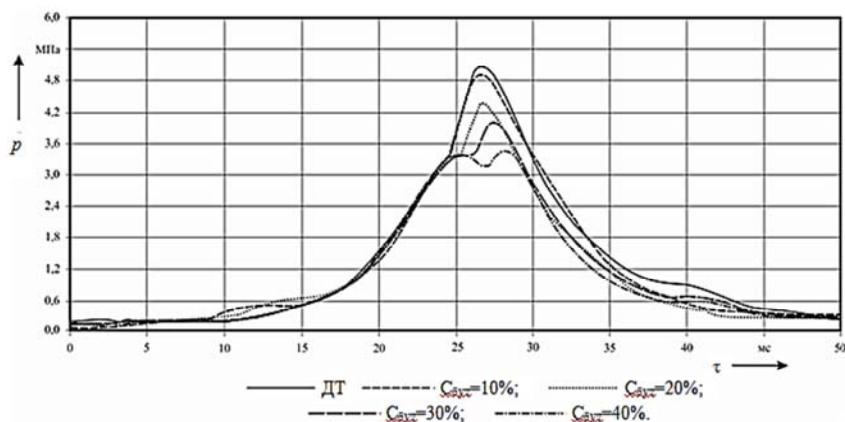


Рисунок 1 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 16 (без регулировки цикловой подачи топлива)

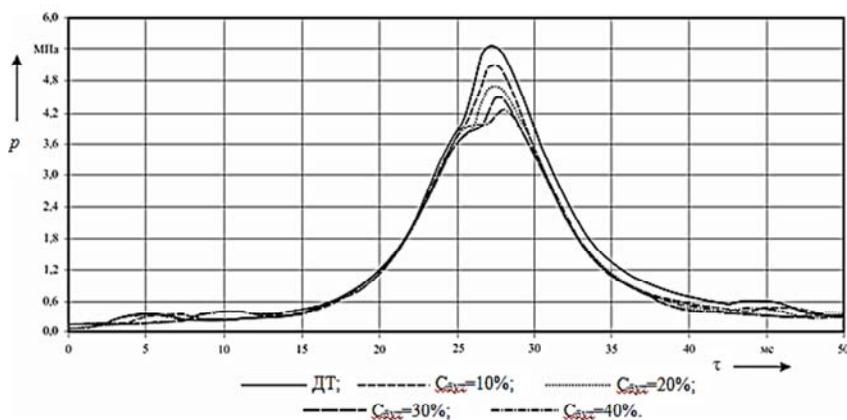


Рисунок 2 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 18 (без регулировки цикловой подачи топлива)

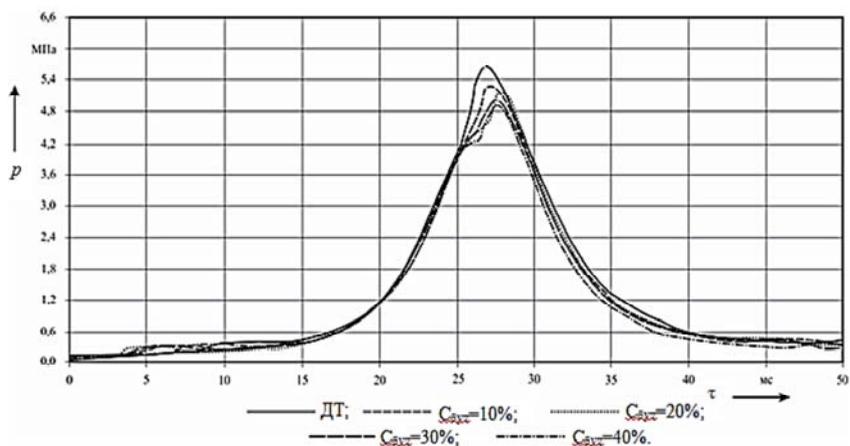


Рисунок 3 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 20 (без регулировки цикловой подачи топлива)

Интенсивность снижения p_z с ростом содержания бутанола в смеси возрастает. При 40% концентрации бутанола в смеси уменьшение максимального давления при степенях сжатия 16, 18 и 20 соответственно составляет 46,8; 22,1 и 14,9%.

Средняя скорость нарастания давления также снижается по мере увеличения содержания бутанола в смеси. При работе установки на 10 % смеси $\Delta p/\Delta t$ для степеней сжатия 16, 18 и 20 соответственно равна 0,53, 0,56 и 0,71 МПа/мс. При использовании 40 % смеси в качестве моторного топлива величина $\Delta p/\Delta t$ снижается и для степеней сжатия 16, 18 и 20 соответственно равна 0,29, 0,33 и 0,52 МПа/мс.

На уменьшение максимального давления сгорания оказывает влияние ряд факторов: меньшие теплотворности смесевых топлив, чем дизельного топлива, уменьшение цикловой подачи топлива и увеличение периода задержки воспламенения топлива.

Период задержки воспламенения θ в случае применения 10 % смеси дизельного топлива и бутанола практически не отличается от случая использования дизельного топлива. Наибольшая разность в значениях θ (более 2 мс) при использовании дизельного топлива и его смеси, содержащей 40 % бутанола наблюдается при ϵ равной 16. Увеличение степени сжатия несколько уменьшает величину θ и при степенях сжатия 18 и 20 разность θ , соответствующих работе на дизельном топливе и его смеси, содержащей 40 % бутанола, составляет соответственно 1,8 и 1,7 мс. При степени сжа-

тия 20 для 30 и 40 % смесей различий в θ практически не наблюдается. Увеличение θ по мере роста концентрации бутанола обусловлено уменьшением цетанового числа смесевых топлив.

Происходящее сокращение разности p_z , получаемых при использовании дизельного топлива и его смесей с бутанолом, с ростом ε обусловлено уменьшением θ .

Результаты исследований при одинаковой цикловой подаче топлива приведены на рисунках 4–6.

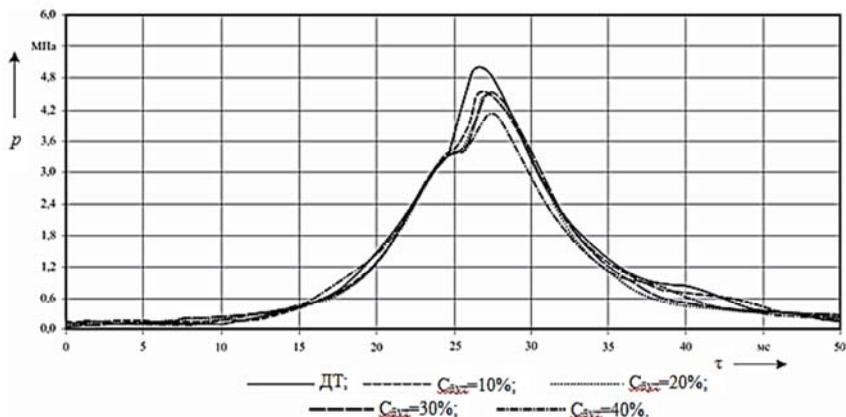


Рисунок 4 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 16 (с регулировкой цикловой подачи топлива)

В случае использования 10% смеси дизельного топлива с бутанолом величина p_z практически не изменилась. По сравнению с работой без регулировок величина p_z при использовании смесей, содержащих более 10% бутанола, выросла.

В случае применения 40% смеси дизельного топлива с бутанолом рост p_z для степени сжатия 16 составляет 19,3%, ε равной 18 – 16,8% и ε равной 20 – 5,1%.

После корректировки цикловой подачи топлива скорость нарастания давления возрастает и для смеси содержащей 10% бутанола при ε равных 16, 18 и 20 соответственно равна 0,93, 0,63, 0,57 МПа/мс. Величина $\Delta p/\Delta t$ для 40% смеси при ε равной 16 соответствует 0,39 МПа/мс, при ε равной 18 – 0,65 МПа/мс, при ε равной 20 – 0,68 МПа/мс.

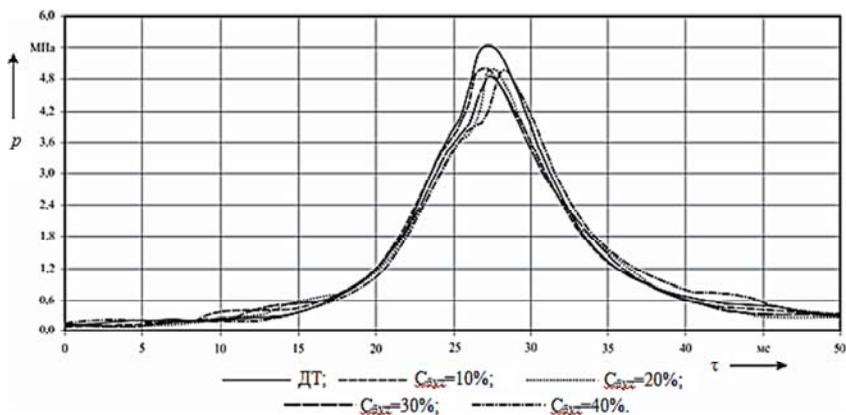


Рисунок 5 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 18 (с регулировкой цикловой подачи топлива)

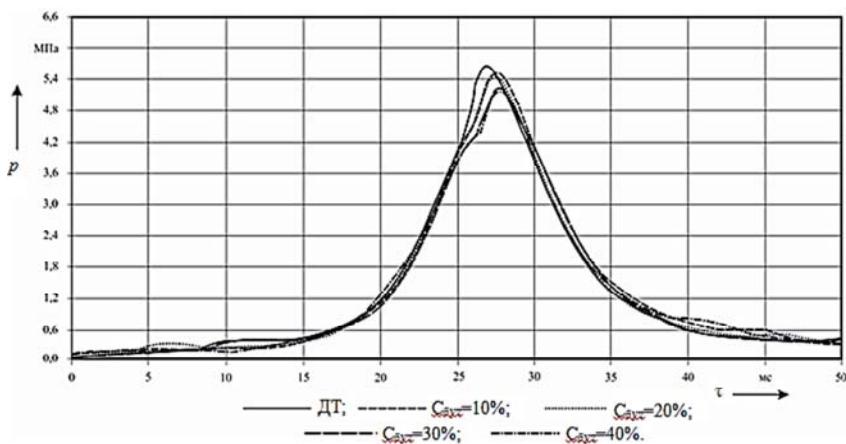


Рисунок 6 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 20 (с регулировкой цикловой подачи топлива)

Период задержки воспламенения снижается по мере увеличения степени сжатия и возрастает с увеличением концентрации этанола в смеси. Для смеси, содержащей 10 % бутанола в случае ϵ равной 16 величина θ на 1,8 мс больше, чем при использовании дизельного топлива. По мере увеличения

степени сжатия эта разность практически исчезает. Для смесей с большей концентрацией бутанола тенденция сокращения разности периодов задержки воспламенения смесевых и дизельных топлив сохраняется, максимальная разность соответствует работе на 40 % смеси.

Увеличение концентрации бутанола в смеси приводит к росту периода задержки воспламенения, падению максимального давления сгорания (без регулировки). При увеличении степени сжатия происходит сокращение периода задержки воспламенения для всех смесей, меньшее снижение максимального давления сгорания, разница в изменении давления в цилиндре в процессе сгорания для дизельного топлива и исследуемых смесей уменьшается.

При содержании в топливе до 20 % бутанола по объему показатели процесса сгорания дизеля практически не меняются по сравнению с показателями, полученными при работе на дизельном топливе.

Литература

1. Емельянов, В.Е. Автомобильный бензин и другие виды топлива: свойства, ассортимент, применение / В.Е. Емельянов, И.Ф. Крылов. – М.: Астрель: АСТ: Профиздат, 2005. – 207 с.

2. Комаров, С.М. Тулунский бутанол: топливо из леса / С.М. Комаров // Химия и жизнь. – 2009. – № 5 – С. 8–11.

3. Марков, В.А. Спиртовые топлива для дизельных двигателей / В.А. Марков, Н. Н. Патрахальцев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – № 1 (13) – С. 22–26.

4. Rakopoulos, D.C. Investigation of the performance and emissions of bus engine operating on butanol/diesel fuel blends / D.C. Rakopoulos [et al.] // Fuel. – 2010. – No. 89. – P. 2781–2790.

5. Dziegielewski, W. Butanol/biobutanol as a component of an aviation and diesel fuel / W. Dziegielewski [et al.] // Journal of KONES Powertrain and Transport. – 2014. – Vol. 21, No. 2. – P. 69–75.

6. Anil Kumar, Y. Performance and emission characteristics of spark ignition engine fuelled with gasoline/n-butanol blends / Y. Anil Kumar, B. Prabakaran // International Journal of Engineering Sciences & Research Technology. – 2015. – No. 4(3). – P. 257–263.

7. Болотник, Е.В. Основы технологии получения биобутанола использованием отселектированного штамма *clostridium acetobutylicum* БИМ В-709 Д: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.06 / Е.В. Болотник; Нац. акад. наук Беларуси – Минск, 2015. – 25 с.

8. Перспективы использования сельскохозяйственных растительных культур для производства топлива в Республике Беларусь / О.А. Ивашевич [и др.] // Вестник БГУ. Сер. 2, Химия. – 2009. – № 1 – С. 4–13.