

УДК 621.436-634:502.17

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА  
СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СМЕСЕЙ МЭРМ  
И ЭТАНОЛА**

**EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DIESEL COMBUSTION  
PROCESS WHEN USING RAPESEED OIL METHYL  
ETHER MIXTURES AND ETHANOL**

**Г.М. Кухаренок**, д-р техн. наук, проф.,

**А.Н. Петрученко**, канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь

H. Kukharonak, Doctor of technical Sciences, Professor,  
A. Petruchenko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,  
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

*Приведены результаты экспериментальных исследований процесса сгорания дизеля 1СН 8,5/11 при работе на дизельном топливе, метиловом эфире рапсового масла и его смесях с этанолом. Объемное содержание этанола в смесях составляло 10, 20, 30 и 40%.*

*Программа испытаний включала индицирование дизеля при различных степенях сжатия, равных 16, 18 и 20. Получено, что с увеличением концентрации этанола в смеси топливе снижается максимальное давление сгорания, увеличивается период задержки самовоспламенения и снижается скорость нарастания давления в процессе сгорания. При добавке этанола до 30% процесс сгорания протекает устойчиво.*

*The results of experimental studies of the combustion process of a 1СН 8.5 / 11 diesel engine when operating on diesel fuel, rapeseed oil methyl ester and its mixtures with ethanol are presented. The volumetric content of ethanol in the mixtures was 10, 20, 30, and 40%.*

*The test program included indicating the diesel engine at various compression ratios of 16, 18, and 20. It was found that with an increase in the ethanol concentration in the mixed fuel, the maximum combustion pressure decreases, the delay period of self-ignition increases, and the rate of increase in pressure during the combustion process decreases. With the addition of ethanol and 30%, the combustion process is stable.*

*Ключевые слова:* эфир, рапсовое масло, дизель, процесс сгорания, вязкость.

*Key words:* ether, rapeseed oil, diesel, combustion process, viscosity.

## ВВЕДЕНИЕ

Метилловый эфир рапсового масла (МЭРМ) нашел широкое применение в качестве топлива для дизелей, как в чистом виде, так и в смеси с дизельным топливом [1, 2, 3].

Анализ опубликованных работ показывает, что дальнейшее развитие исследований по применению МЭРМ в дизелях связано с изучением показателей процесса сгорания дизеля на смесях МЭРМ с этанолом [4], который добавляют для уменьшения динамической вязкости и коэффициента поверхностного натяжения топлива.

## ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СМЕСЕЙ МЭРМ И ЭТАНОЛА

Были проведены экспериментальные исследования процесса сгорания дизеля 1С 8,5/11 при работе на дизельном топливе, МЭРМ и его смесях с этанолом. Объемное содержание спирта в смесях составляло 10, 20, 30 и 40 %.

Программа испытаний включала индицирование дизеля при различных степенях сжатия, равных 16, 18 и 20. Цикловая подача топлива и угол опережения впрыска топлива при испытаниях не изменялись.

Для индицирования двигателя использовалась многоканальная система индицирования AVL IndiSmart 612 с пьезокварцевым датчиком давления.

Индикаторные диаграммы, полученные при работе на различных топливах, при степени сжатия 16 приведены на рисунке 1.

Результаты выполненных исследований показывают, что процесс сгорания протекает устойчиво, кроме случаев применения смеси, содержащей 40% этанола на степенях сжатия 16 и 18.

Анализ индикаторных диаграмм показывает, что добавка к МЭРМ этанола ведет к снижению величины максимального давления сгорания  $p_z$ . Наибольшее отличие значений  $p_z$  получено при степени сжатия 16. Так при содержании в смеси 10 % этанола величина  $p_z$  становится ниже на 20 % при степени сжатия 16 и на 6,5 % при  $\varepsilon=20$ . Для смеси, содержащей 40 % этанола разность давлений более

значительна, при  $\varepsilon$  равной 16, 18 и 20  $p_z$  соответственно на 40, 30 и 25% ниже, чем при использовании МЭРМ.

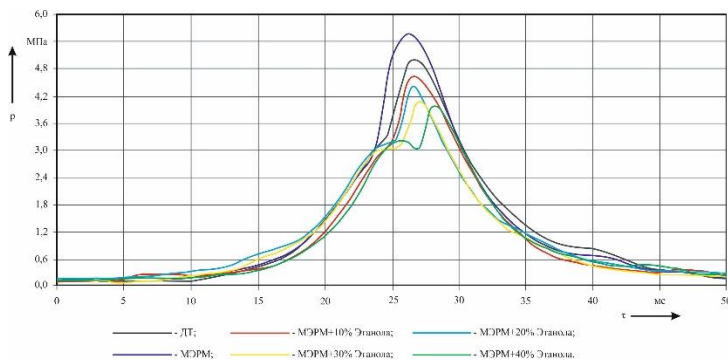


Рисунок 1 – Результаты индицирования при степени сжатия 16

В сравнении с работой на дизельном топливе величина  $p_z$  также ниже, за исключением работы на 10 % смеси при степенях сжатия 18 и 20. В этом случае максимальное давление сгорания на 3–3,5 % выше значения  $p_z$ , полученного при работе на дизельном топливе.

Уменьшение максимального давления сгорания при использовании смесей МЭРМ объясняется снижением теплотворности, плотности, кинематической вязкости и цетанового числа топлива. В результате увеличивается период задержки самовоспламенения, что приводит к уменьшению количества теплоты, выделившейся до прихода поршня в ВМТ.

Период задержки воспламенения топлива для смеси, содержащей 10 % этанола, примерно такой же, как и у дизельного топлива. По мере увеличения концентрации этанола в смеси этот показатель увеличивается, при степени сжатия 16 на 0,7 мс для 20 % смеси и на 2,5 мс для 40 % смеси. Повышение степени сжатия несколько уменьшает эту разность.

Средняя скорость нарастания давления в процессе сгорания ( $\Delta p/\Delta t$ ) при работе на смесях, несмотря на увеличение периода задержки воспламенения оказывается ниже, чем при использовании дизельного топлива. Это обусловлено как снижением теплотворности смеси, так и протеканием процесса сгорания после ВМТ.

Величина  $\Delta p/\Delta t$  при использовании 10 % смеси незначительно отличается от значений, полученных для дизельного топлива при различных степенях сжатия. По мере роста концентрации этанола в смеси  $\Delta p/\Delta t$  снижается с 0,83 МПа/мс для 10 % смеси до 0,67 МПа/мс для 40% смеси при степени сжатия равной 16. Увеличение степени сжатия несколько уменьшает  $\Delta p/\Delta t$  для 10 % смеси, но повышает для смесей с более высокими концентрациями этанола в смеси. В результате разница  $\Delta p/\Delta t$  сокращается, этот показатель для 10 % смеси при степени сжатия 18 составляет 0,82 МПа/мс, а для 40 % смеси 0,76 МПа/мс.

Эти изменения связаны с уменьшением периода задержки воспламенения. В результате для 10 % смеси это уменьшение ведет к снижению количества топлива испарившегося за период задержки воспламенения, а для смесей с более высокой концентрацией способствует сгоранию большего количества топлива до прихода поршня в ВМТ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что при работе дизеля на смеси МЭРМ и этанола процесс сгорания не нарушается при изменении концентрации этанола в смеси до 30 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Метилловый эфир рапсового масла как дизельное топливо Марков В.А., Нагорнов С.А., Романцова С.В., Неверова В.В., Транспорт на альтернативном топливе. 2017. № 6 (60). С. 17–30.
2. Исмаилова Л.З. Использование биодизеля в качестве топлива в двигателях: характерные особенности // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2019. № 27. С. 46–50.
3. Метилловый эфир рапсового масла – новое топливо для отечественных автомобилей / Марков В.А., Девянин С.Н., Зенин А.А., Черных В.Н. // Автомобильная промышленность. 2008. №4. С. 8–11.
4. Физико-химические свойства биодизельного топлива и способы их изменения / Романцова С.В., Корнев А.Ю., Нагорнов С.А., Ликсутина А.П. // Наука в центральной России. 2019. № 5 (41). С. 110–118.

Представлено 24.05.2020